



PUSAT PRESTASI NASIONAL
KEMENDIKDASMEN

#PENDIDIKAN
BERMUTU
UNTUK SEMUA

KEMENDIKDASMEN
RAMAH

Soal OSN Tingkat SMA 2025

Olimpiade Sains Nasional

SMA/MA/Sederajat



2

PUSAT PRESTASI NASIONAL
SEKRETARIAT JENDERAL
KEMENTERIAN PENDIDIKAN DASAR DAN MENENGAH
TAHUN 2025

SOAL OLIMPIADE SAINS NASIONAL 2025 JILID 2

Tingkat SMA/MA/Sederajat

Penerbit : Pusat Prestasi Nasional

Kata Pengantar

Puji syukur kita panjatkan ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa, karena atas rahmat dan karunia-Nya, Buku Kumpulan Soal Olimpiade Sains Nasional (OSN) ini dapat disusun dan dihadirkan sebagai salah satu rujukan pembelajaran bagi peserta didik dan pendidik di seluruh Indonesia. Buku ini merupakan bagian dari upaya berkelanjutan Pusat Prestasi Nasional dalam mendukung penguatan ekosistem pembinaan talenta sains yang terstruktur, berjenjang, dan berkesinambungan.

Olimpiade Sains Nasional telah menjadi ajang strategis dalam menjaring, membina, dan mengembangkan peserta didik berprestasi di bidang sains. Soal-soal yang tersaji dalam buku ini dirancang untuk mengukur kemampuan berpikir tingkat tinggi, penalaran logis, serta pemahaman konseptual yang mendalam. Dengan demikian, kumpulan soal ini tidak hanya berfungsi sebagai sarana evaluasi, tetapi juga sebagai media pembelajaran yang mendorong peserta didik untuk mengembangkan daya analisis, kreativitas, dan ketekunan dalam memecahkan persoalan sains.

Melalui publikasi ini, kami berharap para pendidik dapat memanfaatkan buku ini sebagai bahan pendukung dalam proses pembinaan dan pendalaman materi, sementara peserta didik dapat menggunakannya sebagai referensi untuk melatih kemampuan akademik secara mandiri dan sistematis. Kehadiran buku ini juga diharapkan mampu memperkuat budaya belajar sains yang kritis dan kompetitif, sejalan dengan upaya peningkatan kualitas pendidikan sains nasional serta daya saing Indonesia di tingkat internasional.

Akhir kata, kami menyampaikan apresiasi kepada seluruh pihak yang telah berkontribusi dalam penyusunan buku ini, termasuk tim penyusun, penelaah, serta para pendidik yang selama ini konsisten mendampingi peserta didik dalam pembinaan Olimpiade Sains Nasional. Semoga buku ini dapat memberikan manfaat yang luas dan menjadi bagian dari ikhtiar bersama dalam menumbuhkan generasi Indonesia yang unggul dalam sains, berkarakter, dan berdaya saing global.

Hormat kami,

Kepala
Pusat Prestasi Nasional
Dr. Maria Veronica Irene Herdjiono, S.E, M.Si.



Buku Kumpulan Soal OSN

Olimpiade Sains Nasional Jenjang SMA/MA/Sederajat

Judul Buku

Buku Kumpulan Soal OSN Olimpiade Sains Nasional Jenjang SMA/MA/Sederajat

Penasihat

Abdul Mu'ti

Pengarah

Suharti

Mariman Darto

Maria Veronica Irene Herdjiono

Tim Sekretariat

Topanal Gustiranda

Deri Luthfi

Erry Agustiyan Abdullah

Penanggung Jawab

Retno Juni Rochmaningsih

Diterbitkan oleh

Kementerian Pendidikan Dasar dan Menengah

Jalan Jenderal Sudirman, Senayan, Jakarta Pusat

Penulis

Juri OSN 2025

Dikeluarkan oleh

Pusat Prestasi Nasional

Kementerian Pendidikan Dasar dan Menengah

binatalenta@kemendikdasmen.go.id

(+62)8212-5534-534

Laman:

<https://pusatprestasinasional.kemdikbud.go.id/>

Cetakan pertama, 2025

Penelaah

Rizky Putra Beta

Penyunting Bahasa**dan Penata Letak**

Luthfi Muhammad Din Prakoso

Nabil Fatya NH

Daffa Adipramana

Desainer

Ananda Safira Choirunissa



DAFTAR ISI

	Kata Pengantar	(x)
	Daftar Isi	(x)
	OSN TINGKAT NASIONAL	(01)
	ASTRONOMI	(02)
	BIOLOGI	(34)
	EKONOMI	(74)
	Final OSN	(75)
	Literasi Finansial	(89)
	FISIKA	(108)
	GEOGRAFI	(130)
	Tes Tertulis	(131)
	Tes Lapangan 1	(151)
	Booklet & Peta A3	(152)
	Observasi Umum	(170)
	Pos Geomorfologi Sungai	(176)
	Pos Meteorologi	(178)
	Pos Pedologi	(181)
	Pos Hidrologi	(183)
	Perpetaan dan Analisis Data Spasial	(185)
	Tes Lapangan 2	(187)
	Tipologi Turis Sengkaling	(187)
	Perencanaan Taman Rekreasi Sengkaling	(189)
	Tes Multimedia	(191)
	INFORMATIKA	(206)
	Soal 1A: Taman Hujan	(207)
	Soal 1B: Larik Tarik	(213)
	Soal 1C: Mikroba Brantas	(218)
	Soal 2A: Festival KPK	(229)
	Soal 2B: Pertahanan Malang	(236)
	Soal 2C: Tukar XOR	(241)

DAFTAR ISI



KEBUMIHAN	(246)
Pengantar	(247)
Geologi	(255)
Meteorologi	(260)
Oseanografi	(263)
<i>Planetary Science</i>	(269)
MATEMATIKA	(280)
Soal Hari Pertama	(281)
Soal Hari Kedua	(282)
KIMIA	(292)
Ujian Teori	(293)
Ujian Praktikum A	(312)
Lembar Jawab Praktikum A	(319)
Ujian Praktikum B	(324)
Lembar Jawab Praktikum B	(331)



OSN Tingkat Nasional



ASTRONOMI

Petunjuk:

1. Jawablah seluruh soal hanya di lembar jawaban dan jangan di berkas soal ini.
2. Berkas soal boleh digunakan serupa dengan kertas buram dan harus dibawa pulang.
3. Dalam naskah ini terdapat 8 soal esai.
4. Utamakan menggunakan konstanta dan data astronomi yang telah disediakan di soal, namun daftar konstanta dan data astronomi juga tersedia sebagai tabel di berkas lembar jawaban.
5. Kalkulator boleh digunakan.

1. Seorang pengamat mengetahui bahwa dari posisinya melakukan pengamatan, kutub langit yang berada di bawah horizon memiliki azimuth 180° . Akan diamati dua buah bintang A dan B. Saat pengamatan dilakukan, terlihat bintang A yang memiliki $\alpha = 4^h30^m$ dan $\delta = +10^\circ15'$ tepat sedang berkulminasi atas dan memiliki jarak zenith $z = 15^\circ$. Bintang B memiliki $\alpha = 2^h15^m$ dan $\delta = -15^\circ33'$
 - a. Gambarkan bola langit untuk pengamat tersebut dan posisi bintang A dan bintang B di bola langit. Berikan keterangan dan tunjukkan semua sudut bola dan panjang busur yang diketahui.
 - b. Hitung koordinat bintang B dalam sistem koordinat horizon.
 - c. Apakah nilai altitud (tinggi) bintang B sedang membesar atau mengecil? Jelaskan jawabanmu dengan perhitungan dan argumen (alasan) yang memadai.
 - d. Hitung berapa panjang waktu yang dibutuhkan oleh bintang B dari posisi saat itu (ketika pengamatan dilakukan) sampai tepat terbenam di horizon sebelah barat. Abaikan efek refraksi atmosfer dan asumsikan horizon barat tidak terhalang.
 - e. Minimal seberapa jauh pengamat harus bergeser dari posisi awal dan ke arah mana, supaya bintang B diamati sebagai bintang sirkumpolar?
2. Dengan menggunakan teleskop berdiameter 3,8 meter yang bekerja pada panjang gelombang $3800 \text{ \AA}$, seorang astronom di Observatorium Nasional berambisi mengamati sistem bintang ganda yang berjarak 80 parsek. Komponen-komponen bintang ganda ini mengorbit titik pusat massa dalam bentuk lingkaran, membentuk sudut inklinasi 90° terhadap bidang langit. Periode orbit sistem bintang ganda ini 100 hari. Sistem kamera CCD dan filter yang digunakan dalam pengamatan mendefinisikan sistem fotometri *UBVRI*. Dari monitoring astrometrik, didapatkan bahwa selama 35 hari kedua komponen tidak dapat dipisahkan oleh teleskop sebagai dua objek. Dari pengamatan spektroskopik, distribusi energi spektral menunjukkan puncak kontinum masing-masing komponen dalam sistem bintang ganda adalah $4500 \text{ \AA}$ dan $6000 \text{ \AA}$ masing-masing untuk bintang A dan bintang B.
 - a. Tentukanlah temperatur efektif bintang A dan bintang B.
 - b. Dengan memanfaatkan informasi bahwasanya selama 35 hari kedua komponen tampak satu, maka hitunglah separasi antara komponen sistem bintang ganda ini. Nyatakanlah dalam satuan astronomi (sa).
 - c. Tentukanlah massa total sistem bintang ganda ini. Nyatakan dalam massa Matahari.

- d. Dari kurva cahaya hasil pengamatan fotometrik, diperoleh data sebagai berikut

Fase	U_0	$(U - B)$	$(B - V)$	BC
Di luar minima	6,39	0,2	0,1	0,1
Saat minimum sekunder	6,86	0,25	0,12	0,175
Keterangan: BC adalah koreksi bolometrik, $BC = m_{bol} - V$				

Jika ekstingsi antar bintang untuk U adalah $A_U = 1,5 \text{ mag kpc}^{-1}$, maka tentukanlah magnitudo bolometrik masing-masing bintang A dan bintang B serta nisbah luminositas L_A/L_B .

3. Sebuah wahana antariksa nirawak dikirimkan ke Jupiter. Orbit wahana tersebut melintasi bagian tengah bidang ekliptika, sejak diluncurkan dari Bumi sehingga melewati sabuk asteroid. Sabuk asteroid berada di antara jarak 2 sa dan 3 sa dalam orbit lingkaran dan memiliki ketebalan sabuk 0,1 sa. Asumsikan semua asteroid berukuran sama, berdiameter 1 meter. Jumlah total asteroid mencapai 10^{15} buah (seribu triliun) dan tersebar merata di sabuk asteroid. Jika radius wahana antariksa itu adalah 3,5 meter,
 - a. Hitung penampang melintang (*cross section*) area di sabuk asteroid yang akan ditumbuk oleh wahana antariksa. Tuliskan hingga dua angka di belakang tanda desimal. Diketahui 1 sa = $1,496 \times 10^{11} \text{ m}$.
 - b. Hitung kerapatan asteroid setiap meter kubik di daerah yang dilintasi wahana. Tuliskan hingga dua angka di belakang tanda desimal.
 - c. Asumsikan asteroid di sabuk asteroid diam dan wahana diluncurkan dengan orbit selalu di bidang ekliptika dengan arah menjauhi Matahari, hitung berapa banyak asteroid yang ditumbuk wahana sepanjang lintasannya melewati sabuk asteroid.
 - d. Wahana diluncurkan dari Bumi menuju Jupiter mengikuti transfer orbit Hohmann (lintasan roket berbentuk elips dengan Matahari di titik fokus, roket berangkat saat Bumi berada di perihelion, dan roket tiba di Jupiter saat Jupiter berada di aphelion). Tuliskan persamaan energi mekanik wahana. Gunakan simbol-simbol berikut: konstanta gravitasi dinyatakan sebagai G , massa Matahari adalah M , massa wahana adalah m , jarak perihelion Bumi adalah r_1 , dan jarak aphelion Jupiter adalah r_2 .
 - e. Hitunglah kecepatan wahana saat diluncurkan di awal transfer orbit Hohmann. Tuliskan hingga dua angka di belakang tanda desimal dalam satuan km s^{-1} . Diketahui $G = 6,674 \times 10^{-11} \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1} \text{ s}^{-2}$, $M = 1,99 \times 10^{30} \text{ kg}$, eksentrisitas orbit Bumi adalah 0,0167, eksentrisitas orbit Jupiter adalah 0,049, dan setengah sumbu panjang Jupiter sebesar 5,2 sa.
4. Setelah berevolusi melewati tahap deret utama, sebuah bintang melanjutkan evolusinya ke tahap raksasa merah. Pada tahap ini, di inti bintang terjadi reaksi fusi triple-alpha ($3-\alpha$) yang mengubah 3 inti ${}^4\text{He}$ menjadi 1 inti ${}^{12}\text{C}$ dan membentuk inti Helium terdegenerasi dengan massa $0,45 M_\odot$.
 - I. Untuk tahap raksasa merah (terjadi reaksi $3-\alpha$)
 - (a). Hitung energi per reaksi ($E_{3-\alpha}$, nyatakan dalam satuan MeV).
 - (b). Hitung energi spesifik ($Q_{3-\alpha}$, nyatakan dalam satuan Joule per kg).
 - (c). Hitung energi total yang dihasilkan oleh inti He $0,45 M_\odot$ ($E_{\text{tot},3-\alpha}$, nyatakan dalam satuan Joule).
 - (d). Hitung waktu yang diperlukan ($t_{3-\alpha}$, nyatakan dalam satuan tahun luminositas Matahari) untuk menghasilkan energi total di (c).
 - II. Untuk tahap deret utama (terjadi reaksi proton-proton, pp, yang mengubah 4 inti H menjadi 1 inti ${}^4\text{He}$)
 - (e). Hitung energi per reaksi (E_{pp} , nyatakan dalam satuan MeV)
 - (f). Hitung energi spesifik (Q_{pp} , nyatakan dalam satuan Joule per kg)
 - (g). Hitung energi total yang dihasilkan jika inti H yang terbentuk adalah juga $0,45 M_\odot$ ($E_{\text{tot,pp}}$, nyatakan dalam satuan Joule).

- (h). Hitung waktu yang diperlukan (t_{pp} , nyatakan dalam satuan tahun luminositas Matahari) untuk menghasilkan energi total di (g).
- III. Bandingkan hasil I.(d) dengan II.(h). Berikan penjelasan singkat mengenai hasilnya.
- IV. Gambarkan secara skematis Diagram Hertzsprung-Russel (DHR) yang menggambarkan tahap evolusi bintang di soal ini (dalam 1 jalur evolusi). Penilaian penuh diberikan untuk DHR yang lengkap dan sesuai informasinya.

Konstanta yang diperlukan:

- Massa inti Hidrogen: $m_H = 1,007825$ amu
- Massa inti Helium: $m_{He} = 4,002603$ amu
- Massa inti Karbon $m_C = 12,000000$ amu
- $1 \text{ amu} = 1,66054 \times 10^{-27} \text{ kg}$
- $c = 2,99792458 \times 10^8 \text{ m s}^{-1}$
- $M_\odot = 1,989 \times 10^{30} \text{ kg}$
- $L_\odot = 3,9 \times 10^{26} \text{ W}$

5. Contoh tipikal penulisan satu tanggal tertentu dalam kalender Maya (di wilayah Mesoamerika) dengan notasi peradaban saat ini adalah sebagai berikut

12.18.16.2.6, 3 Kimi, 4 Sotz

yang mengikuti notasi dasar gabungan posisi satu tanggal di tiga kalender sekaligus:

$a.b.c.d.e, t T, h H$

- $a.b.c.d.e$ untuk tanggal di kalender *Long Count*, dengan urutan unit dari terbesar ke terkecil:
 - a untuk Bak'tun, $1 \text{ Bak'tun} = 20 \text{ K'atun}$
 - b untuk K'atun, $1 \text{ K'atun} = 20 \text{ Tun}$
 - c untuk Tun, $1 \text{ Tun} = 18 \text{ Winal}$
 - d untuk Winal, $1 \text{ Winal} = 20 \text{ K'in}$
 - e untuk K'in, $1 \text{ K'in} = 1 \text{ hari}$
- $t T$ untuk tanggal di kalender Tzolkin (yang dikeramatkan), dan
- $h H$ untuk tanggal di kalender Haab

dengan a, b, c, d, e, t , dan h adalah (simbol) angka, sedangkan T dan H masing-masing adalah nama-nama 'bulan' pada kalender Tzolkin dan Haab, dengan T sebanyak 20 nama, dan H sebanyak 18 nama ditambah 1 bernama Wayeb untuk mewakili sisa 5 hari.

Pada dasarnya, bangsa Maya menggunakan basis bilangan *vigesimal* (bilangan basis 20) dengan simbol dimulai dari angka 0 sampai dengan 19, namun simbol angka 0 tabu digunakan di kalender Tzolkin. Jika dirangkum, aturan angka untuk a, b, c, d, e, t , dan h adalah

a, b, c, e, h : 0 sampai dengan 19
 d : 0 sampai dengan 17
 t : 1 sampai dengan 13

Dengan aturan notasi dan basis bilangan yang digunakannya, maka di masa yang lebih lanjut orde *vigesimal* yang lebih tinggi dari Bak'tun dapat digunakan pada *Long Count*, yaitu mulai dari Pictun, Calabtun, Kinchiltun, dan Alautun. Meskipun notasi a pada *Long Count* dapat mencapai angka 19, namun *Long*

Count mendefinisikan suatu siklus bernama *Great Cycle* yang setara dengan 13 Bak'tun. Peristiwa dan tanggal pergantian *Great Cycle* ini pernah disalahpahami sebagian orang sebagai tanggal kiamat. Siklus *Great Cycle* pertama telah berakhir pada tanggal Gregorian 20 Desember 2012 bertepatan dengan tanggal

12.19.19.17.19, 3 Kawak, 2 K'ank'in

yang dilanjutkan keesokan harinya (Gregorian 21 Desember 2012) dengan hari pertama *Great Cycle* kedua tanggal 13.0.0.0.0, 4 Ahau, 3 K'ank'in. Kemudian tanggal di hari kedua ditulis 13.0.0.0.1, 5 Imix, 4 K'ank'in, dan seterusnya.

- Ada setidaknya tiga versi untuk hari pertama *Great Cycle* pertama (*Long Count* tanggal 0.0.0.0.0) menurut tiga otoritas kalender Maya. Dengan menggunakan pengetahuanmu tentang sistem kalender, tuliskan langkah-langkah perhitungan tanggal di kalender Gregorian yang bertepatan dengan tanggal 0.0.0.0.0 di *Long Count*. Nilai penuh akan kamu dapatkan jika jawabannya bersesuaian dengan salah satu versi tersebut.
- Tanggal berapakah akhir *Great Cycle* kedua menurut kalender Gregorian?
- Nama-nama 'bulan' di kalender Tzolkin secara berurut adalah: Imix, Ik, Akbal, Kan, Chikchan, Kimi, Manik, Lamat, Muluk, Ok, Chuen, Eb, Ben, Ix, Men, Kib, Kaban, Etznab, Kawak, dan Ahau seperti juga pada Gambar 1 berikut ini



Gambar 1: Nama-nama dan gambar-gambar karakter 'bulan' dalam kalender Tzolkin.

Dengan mengenali pola perubahan notasi kalender Tzolkin di dua contoh tanggal sebelumnya, lakukan perhitungan konversi tanggal 8 Oktober 2025 ke tanggal kalender Tzolkin.

- Menurut kalender Tzolkin, tanggal dan bulan berapakah hari pertama *Great Cycle* pertama dan ketiga?
 - Dengan menggunakan tetapan tahun tropis epoch *J2000.0* sebesar 365,24217879 hari (Matahari), hitunglah selisih penanggalan dalam satu siklus *Great Cycle* menurut tahun tropis dan kalender Haab hingga satuan hari.
6. Gugus galaksi adalah sekumpulan/kelompok galaksi yang terikat oleh gaya gravitasi menjadi satu sistem. Salah satu pakar dalam gugus galaksi adalah George O. Abell yang membuat Katalog Abell. Untuk soal ini

Tabel 1: Beberapa anggota gugus galaksi Abell 2124 (Sumber data: SDSS)

No.	NAMA	RA	DEC	Redshift
1	SDSS J154457.94+360407.7	236,2414347	36,06883035	0,0600
2	SDSS J154455.19+360403.9	236,2299622	36,06777288	0,0610
3	SDSS J154451.54+360111.5	236,2147726	36,01986467	0,0657
4	SDSS J154505.68+360655.7	236,2736761	36,11548225	0,0658
5	SDSS J154459.73+355917.2	236,2488968	35,98813235	0,0659
6	SDSS J154309.46+361746.0	235,7894224	36,29612231	0,0660
7	SDSS J154519.96+362034.7	236,3331835	36,34298310	0,0661
8	SDSS J154459.03+360634.0	236,2459849	36,10945558	0,0663
9	SDSS J154527.21+354840.5	236,3633799	35,81127442	0,0663
10	SDSS J154525.07+360112.6	236,3544614	36,02017953	0,0664
11	SDSS J154356.30+355352.0	235,9845872	35,89780373	0,0666
12	SDSS J154435.12+362626.7	236,1463594	36,44075298	0,0668
13	SDSS J154433.88+362838.5	236,1411928	36,47738696	0,0669
14	SDSS J154345.88+360627.9	235,9412053	36,10775083	0,0685
15	SDSS J154445.35+360432.0	236,1889843	36,07557326	0,0696

gugus yang ditelaah adalah Abell 2124. Pada penelitian gugus galaksi ada beberapa parameter fisis yang dapat dihitung, di antaranya: *redshift* gugus, jarak gugus, radius gugus, dan pendekatan massa gugus. *Redshift* gugus untuk data di Tabel 1 dihitung dengan merata-ratakan *redshift* anggota. Jarak gugus dalam hal ini adalah jarak luminositas karena memasukkan model alam semesta datar (*flat*), parameter densitas materi, $\Omega_m = 0,3$, dan parameter densitas Dark Energy/konstanta Kosmologi, $\Omega_\Lambda = 0,7$, serta konstanta Hubble $H_0 = 70 \text{ km s}^{-1} \text{ Mpc}^{-1}$. Jarak luminositas (D_L) untuk gugus Abell 2124 adalah 1,05 kali jarak Hubble (D_H). Satu persoalan penting dalam studi gugus adalah radius. Hasil penelitian George O. Abell yang ditulis dalam artikel jurnal mendapatkan bahwa radius Abell,

$$R_{\text{Abell}} = \frac{1,7'}{\text{redshift}}$$

Kemudian dari artikel lain ada terminologi radius-200, R_{200} , yaitu jarak dari pusat gugus arah radial dengan kerapatan gugus di radius tersebut sebesar 200 kali kerapatan kritis alam semesta, $200 \rho_{\text{crit}}$. Selanjutnya ada istilah massa-200, M_{200} , yaitu massa total sampai radius R_{200} .

Tabel 1 berisi beberapa anggota Gugus Abell 2124 yang merepresentasikan parameter fisis gugus yang akan kita hitung.

Kamu diminta untuk mendapatkan parameter-parameter fisis gugus seperti jarak luminositas D_L , R_{Abell} , R_{200} , dan M_{200} . Untuk dapat menghitung parameter di atas, berikut diberikan langkah-langkahnya:

- Dengan menggunakan Tabel 1, hitunglah rata-rata *redshift* gugus, jarak luminositas (dalam Mpc), dan dispersi kecepatan (dalam km s^{-1}).
- Turunkan hubungan massa total gugus dengan dispersi kecepatan, $M_{\text{tot}} \propto \sigma_v$ (turunkan dari teorema virial):

$$2T + E_p = 0$$

dengan E_p dan T masing-masing adalah energi potensial dan energi kinetik,

$$T = \frac{3}{2} M \sigma_v^2$$

- c). Kemudian hubungkan massa total dengan kerapatan kritis alam semesta, $M_{\text{tot}} \propto \rho_{\text{crit}}(z)$, sedangkan $\rho_{\text{crit}}(z) \propto H(z)$. Besaran ρ_{crit} dicapai ketika energi kinetik dan energi potensial bernilai sama.
- d). Kemudian hubungkan M_{200} dengan cara menyatakan radius di soal b) menjadi R_{200} dan kerapatan kritis menjadi 200 kali, $M_{200} \propto 200 \rho_{\text{crit}}(z)$.
- e). Terakhir masukkan model kosmologi alam semesta *flat*, parameter densitas dark energi dan materi, dengan

$$H(z) = H_0 \sqrt{\Omega_m(1+z)^3 + \Omega_\Lambda}$$

maka akan didapatkan rumus

$$R_{200} \propto \frac{\sigma_v}{H(z)}$$

- f). Berapa R_{Abell} (dalam Mpc) gugus galaksi Abell 2124?
- g). Berapa R_{200} (dalam Mpc) gugus galaksi Abell 2124?
- h). Berapa M_{200} (dalam $M_\odot$) gugus galaksi Abell 2124?

Gunakan rumus standar deviasi

$$\sigma_v = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (v_i - \bar{v})^2}{n-1}}$$

dan nilai-nilai

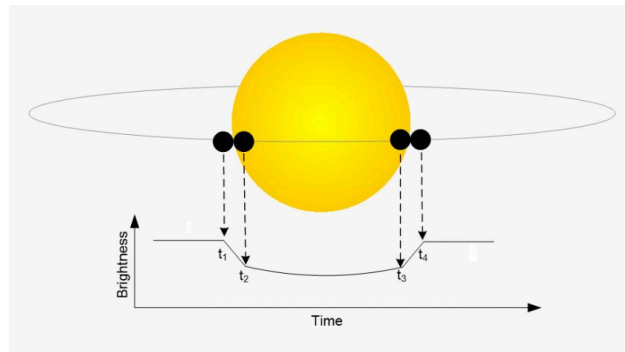
$$\begin{aligned} c &= 300000 \text{ km s}^{-1} \\ G &= 6,674 \times 10^{-11} \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1} \text{ s}^{-2} \\ M_\odot &= 1,99 \times 10^{30} \text{ kg} \\ 1 \text{ Mpc} &= 3,0857 \times 10^{22} \text{ m} \end{aligned}$$

7. Pengamatan planet luar surya dapat dilakukan dengan metode pengamatan transit. Metode ini mengamati penurunan kecerlangan bintang induk akibat terhalang oleh planet yang lewat di antara bintang induk dan pengamat. Gambar 2 menunjukkan skema fenomena transit planet luar surya dengan contoh kurva cahaya yang dihasilkan.

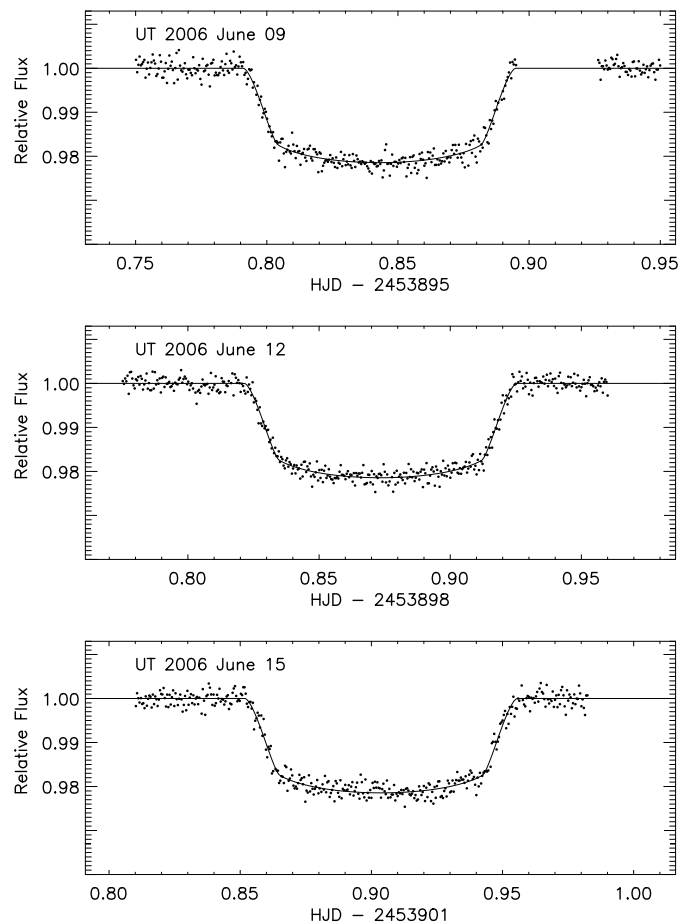
Pengamatan transit ini berhasil mendeteksi berbagai planet luar surya, salah satunya adalah TrES-1. TrES-1 pertama kali diamati dan ditemukan pada tahun 2004 oleh Roi Alonso dan koleganya menggunakan jaringan teleskop Trans-Atlantic Exoplanet Survey (TrES). Bintang induk dari TrES-1 merupakan bintang deret utama dengan klasifikasi K0-V yang memiliki massa sekitar $0,88 M_\odot$ dan jari-jari sekitar $0,811 R_\odot$. Pengamatan lanjutan dari planet tersebut juga dilakukan oleh Joshua N. Winn, *et al.* (2007). Joshua N. Winn dan koleganya melakukan pengamatan transit planet pada tiga epoch yang berurutan, yaitu epoch 234 pada 9 Juni 2006, epoch 235 pada 12 Juni 2006, dan epoch 236 pada 15 Juni 2006. Kurva cahaya untuk masing-masing pengamatan dapat dilihat pada Gambar 3. Pada kurva cahaya tersebut terdapat informasi mengenai penurunan kecerlangan bintang (sumbu Y) dan Heliocentric Julian Date (sumbu X) selama pengamatan. Dengan asumsi inklinasi orbit 90 derajat dan menggunakan data pada ketiga grafik tersebut, jawablah pertanyaan berikut:

(Gunakan $G = 6,674 \times 10^{-11} \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1} \text{ s}^{-2}$, $M_\odot = 1,989 \times 10^{30} \text{ kg}$)

- Hitung durasi transit planet TrES-1, mulai dari kontak 1 (t_1) sampai kontak 4 (t_4), dalam satuan jam hingga ketelitian dua angka di belakang koma.
- Hitung periode orbit planet TrES-1 dalam satuan hari, hingga ketelitian dua angka di belakang koma.
- Hitung rasio radius planet TrES-1 terhadap radius bintang induknya, hingga ketelitian dua angka di belakang koma.
- Hitung nilai sumbu mayor dari orbit planet TrES-1 dalam satuan sa, hingga ketelitian tiga angka di belakang koma.
- Hitung kecepatan orbit planet TrES-1 dalam satuan km s^{-1} , hingga ketelitian dua angka di belakang koma.

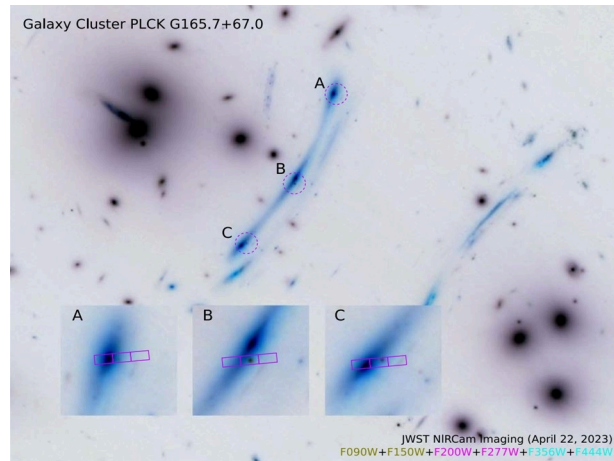


Gambar 2: Skema transit planet luar surya



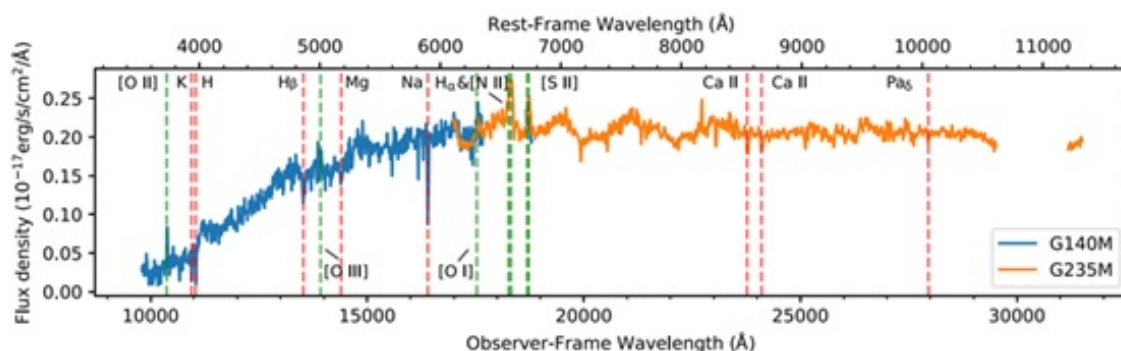
Gambar 3: Kurva cahaya TrES-1. Sumber: Winn, *et al.*, 2007, ApJ, **657**, 2, p1098.

8. SN H0pe merupakan salah satu supernova terjauh yang diamati dengan James Webb Space Telescope (JWST). Supernova ini mengalami pelensaian gravitasi sehingga cahayanya dibelokkan dan diperkuat oleh gugus galaksi masif di latar depannya, yaitu PLCK G165.7+67.0 (yang berada pada pergeseran merah atau *redshift* $z = 0,35$). Akibat pelensaian gravitasi, cahaya dari supernova ini melalui tiga jalur berbeda, sehingga para astronom dapat melihatnya sebagai tiga citra terpisah: A, B, dan C.



Gambar 4: Citra SN H0pe yang diamati JWST (Chen *et al.* [2024])

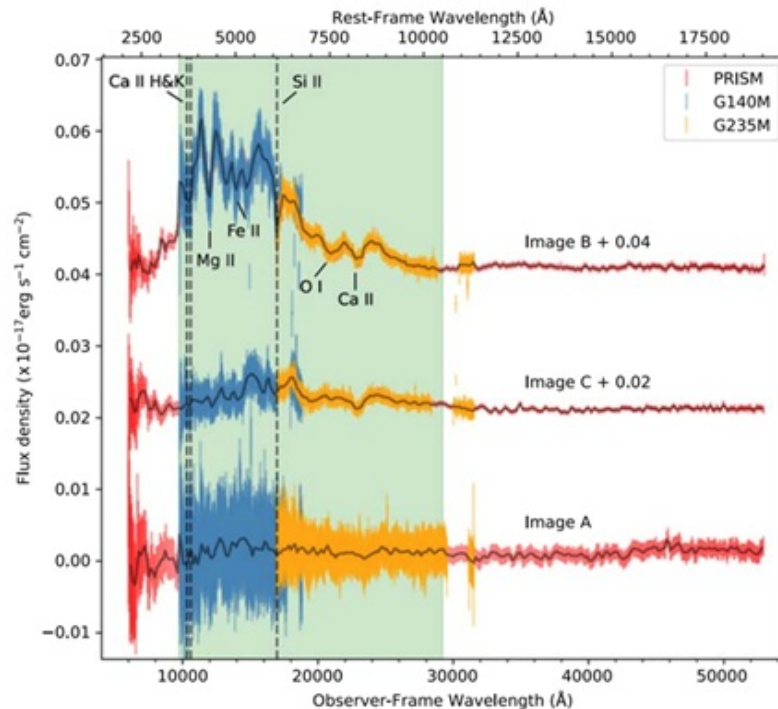
Gambar 5 berikut merupakan spektrum dari galaksi inang tempat SN H0pe (*host galaxy*) dengan sumbu-*y* memberikan informasi densitas fluks (*flux density*), sumbu-*x* bawah memberikan panjang gelombang yang diukur pengamat (*observer-frame wavelength*) dan sumbu-*x* atas merupakan panjang gelombang yang dipancarkan sumber (*restframe wavelength*).



Gambar 5: Spektrum *host galaxy* dari SN H0pe yang diamati dengan instrumen NIRSpec G140M dan G235M (Frye *et al.* [2024])

Gambar 6 menunjukkan spektrum SN H0pe dari 3 citra A, B, dan C akibat pelensaian gravitasi.

- Salah satu garis penjejak pada spektrum *host galaxy* tempat SN H0pe adalah garis H_{β} . Diketahui Konstanta Rydberg (R) adalah $1,097 \times 10^7 \text{ m}^{-1}$, hitunglah besar panjang gelombang diam untuk garis H_{β} .
- Dari nilai H_{β} yang diperoleh pada soal (a), hitunglah nilai pergeseran merah (*redshift*) dari *host galaxy*. Berikan jawabanmu dengan pembulatan dua angka di belakang koma.
- Perhatikan spektrum SN H0pe, berikan pendapatmu tentang tipe supernova tersebut (tipe I atau II)? Apa yang menyebabkan terjadinya tipe supernova tersebut?
- Perhatikan spektrum SN H0pe, hitunglah kecepatan radial SN H0pe dari garis silikon terionisasi dua kali (dengan panjang gelombang diam $\lambda_{6355} \text{ Å}$) terhadap pengamat di Bumi. Apakah lontaran supernova tampak sebagai pergeseran merah atau biru?



Gambar 6: Spektrum SN H0pe yang diamati dengan instrumen NIRSPEC G140M, G235M, dan PRISM (Chen et al. [2024]).

- (e). Jika ekspek warna di *host galaxy* adalah $E(B - V) = 0,27$ dan rasio total-ke-selektif atau *total-to-selective extinction ratio* adalah $R_V = 2,73$, tentukan besar magnitudo ekstingsi antarbintang (A_v) di *host galaxy* dan hitung tebal optis-nya.
- (f). Untuk menghitung modulus jarak SN H0pe, diperlukan penentuan jarak kosmologis *host galaxy* yang dapat didekati dengan integrasi numerik metode trapesium dengan jumlah iterasi $n = 4$ sebagai berikut

$$D \approx \frac{c}{H_0} \frac{\Delta z}{2} \left(f(z_0) + 2 \sum_{i=1}^{n-1} f(z_i) + f(z_n) \right)$$

dengan

$$f(z_i) = \frac{1}{\sqrt{0,3(1 + z_i)^3 + 0,7}}$$

konstanta Hubble $H_0 = 70 \text{ km s}^{-1} \text{ Mpc}^{-1}$, konstanta cahaya $c = 299792458 \text{ m s}^{-1}$, z_i adalah nilai pergeseran merah (*redshift*) pada iterasi ke- i , dan Δz adalah lebar langkah (*step size*) dalam iterasi. Hitunglah nilai jarak proper (D) tersebut.

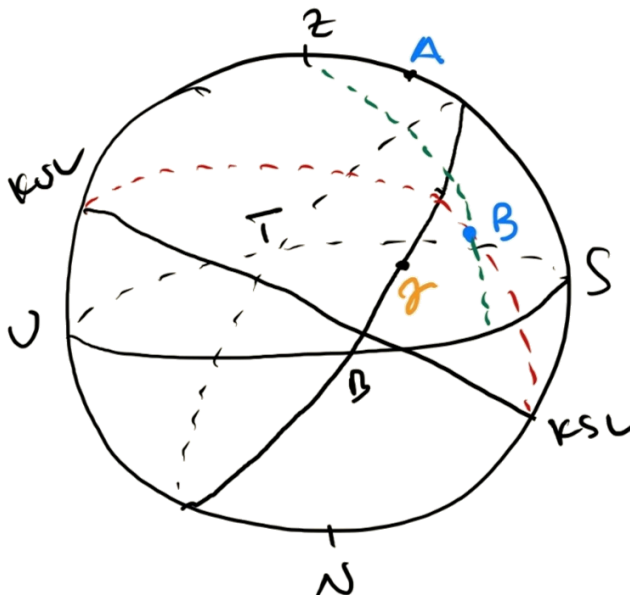
- (g). Hitunglah jarak luminositas berdasarkan jarak proper pada soal (g) dan modulus jarak dari jarak luminositas tersebut.
- (h). Magnitudo mutlak supernova dapat dijadikan *standard candle* karena memiliki kecerahan intrinsik yang seragam yaitu -19 magnitudo. Jika magnitudo SN H0pe yang teramati setelah dikoreksi efek penguatan lensa dan efek pergeseran merah adalah 28 magnitudo, hitunglah besar ekstingsi akibat materi yang berada di antara sumber dan pengamat. Jika ekstingsi tersebut hanya diakibatkan materi di *host galaxy* dan medium inter-galaktik atau *intergalactic medium* (IGM), berapa kontribusi ekstingsi dari IGM?

Jawab:

Informasi yang bisa diekstrak dari soal:

- Kutub langit yang memiliki azimuth = 180° adalah kutub selatan langit (KSL). Dan kutub tersebut (KSL) diketahui berada di bawah horizon. Jadi pengamat berada di Bumi belahan utara.
Untuk Bintang A: ketika di meridian memiliki jarak zenith $z = 15^\circ$; $\delta = +10^\circ 15'$
Dari hubungan jarak zenith minimum (objek sedang transit atas) secara umum $z_m = |\phi - \delta|$, dan dalam kasus ini ϕ dan δ bernilai positif, maka diperoleh lintang pengamat $\phi = 25^\circ 15'$
- Bintang A yang sedang berada di meridian pengamat ($HA = 0$) memiliki $\alpha = 4^h 30^m$.
Dari hubungan $LST = HA + RA$, didapat $LST = 4^h 30^m = 67,5^\circ$

a. [16 poin]



Dari informasi yang tersedia, diperoleh:

- $U-KUL = \phi = Z_A + \delta_A = 15^\circ + 10,25^\circ = 25,25^\circ$
- $KUL-A = 90^\circ - \delta_A = 90^\circ - (10,25^\circ) = 79,75^\circ$
- $Z-A = 15^\circ$
- $Z-KUL-B = HA_B = 33,75^\circ$
- $KUL-Z-B = 360^\circ - Az$
- $KUL-Z = 90^\circ - \phi = 90^\circ - 25,25^\circ = 64,75^\circ$
- $Z-B = 90^\circ - h$
- $KUL-B = 90^\circ - \delta_B = 90^\circ - (-15,55^\circ) = 105,55^\circ$

b. [30 poin]

Bintang B: $\alpha = 2j15m = 33,75^\circ$, $\delta = -15^\circ 33' = -15,55^\circ$

Perhatikan segitiga bola KUL-Z-B pada jawaban a.

Gunakan rumus cosinus:

$$\cos(90^\circ - h) = \cos(90^\circ - \phi) \cos(90^\circ - \delta) + \sin(90^\circ - \phi) \sin(90^\circ - \delta) \cos HA$$

$$h = \sin^{-1}[\sin \phi \sin \delta + \cos \phi \cos \delta \cos HA]$$

$$= \sin^{-1}[\sin(25,25^\circ) \sin(-15,55^\circ) + \cos(25,25^\circ) \cos(-15,55^\circ) \cos(33,75^\circ)]$$

$$= 37,60^\circ$$

Gunakan rumus sinus:

$$\sin Az / \sin(90^\circ - \delta) = \sin HA / \sin(90^\circ - h)$$

$$\sin Az = (\sin HA / \sin(90^\circ - h)) \sin(90^\circ - \delta) = 0,6756$$

Gunakan rumus cosinus:

$$\cos(90^\circ - \delta) = \cos(90^\circ - \phi) \cos(90^\circ - h) + \sin(90^\circ - \phi) \sin(90^\circ - h) \cos Az$$

$$\cos Az = (\sin \delta - \sin \phi * \sin h) / (\cos \phi * \cos h) = -0,7373$$

Hitung Az dari nilai sin Az dan cos Az:

$$Az = \tan^{-1}(\sin Az / \cos Az) = -42,50^\circ$$

c. [16 poin]

Bintang B memiliki $\alpha = 2j15m$, dengan $LST = 4j30m$. Maka $HA_B = LST - RA_B = 4j30m - 2j15m = 2j15m$. HA_B bernilai positif dan kurang dari 12j (atau bisa juga dengan melihat Az yang bernilai negatif; positif dan antara 180° dan 360°). Dengan melihat nilai HA_B atau nilai Az, maka dapat disimpulkan bahwa Bintang B berada di belahan langit barat. Maka, nilai altitud Bintang B sedang mengecil.

d. [18 poin]

Sudut jam Bintang B saat pengamatan $HA_{B,0}$:

$$HA_{B,0} = 33,75^\circ$$

Sudut jam Bintang B saat tepat terbenam (Bintang B berada di horizon pengamat) $HA_{B,1}$:

$$HA_{B,1} = \cos^{-1}(-\tan \phi \tan \delta_B) = \cos^{-1}(-\tan(25,25^\circ) \tan(-15,55^\circ)) = 82,46^\circ$$

Selisih sudut jam $HA_{B,1}$ dan $HA_{B,0}$ adalah:

$$\Delta HA = HA_{B,1} - HA_{B,0} = 82,46^\circ - 33,75^\circ = 48,71^\circ$$

Satu putaran penuh (360°) Bintang B dalam lingkaran gerak hariannya membutuhkan waktu satu hari sideris $23j56m$ ($23,93j$). Maka, untuk Bintang B bergerak dalam lingkaran gerak hariannya dari posisi awal pengamatan menuju tepat terbenam (HA_B bergeser $48,71^\circ$) dibutuhkan waktu:

$$t = (48,71^\circ / 360^\circ) * 23j56m = 3,24j$$

Jadi, dari posisi awal ketika dimulainya pengamatan, Bintang B membutuhkan waktu 3,24 jam untuk tepat terbenam.

e. [20 poin]

Pengamat berada di lintang $\phi = +25^{\circ}15' = 25,25^{\circ}$; deklinasi Bintang B $\delta_B = -15^{\circ}33' = -15,55^{\circ}$

Untuk menjadi sirkumpolar, sebuah bintang harus memiliki jarak zenith kurang dari 90° ketika sedang kulminasi bawah. Ini dipenuhi oleh dua pertidaksamaan: $\phi \cdot \delta > 0^{\circ}$ dan $|\phi + \delta| > 90^{\circ}$. Diperoleh lintang pengamat untuk melihat Bintang B menjadi sirkumpolar $\phi_s < -74,45^{\circ}$. Dengan nilai ϕ_s yang didapat, diketahui berada di selatan posisi awal pengamat. Jadi untuk bisa mengamati bintang B sebagai sirkumpolar, pengamat harus bergeser (dari posisi awal $\phi = +25,25^{\circ}$) ke arah selatan sejauh minimal $99,7^{\circ}$ (minimal mencapai posisi ϕ_s)

SOLUSI

Data yang diketahui

$D=3,8$ meter bekerja pada $\lambda=3800 \text{ \AA}$

$d=90$ parsek

$i=90^\circ \Rightarrow \text{edge-on}$ terhadap pengamat

$P=100$ hari

Selama $t=35$ hari kedua komponen tak terpisah

Data fotometri dalam tabel soal

a. [20 pt]

Hukum pergeseran Wien: $\lambda_{\max} T = 2,9 \times 10^{-3} \text{ m.K}$

Untuk komponen A: $\lambda_{\max} = 4500 \text{ \AA} = 4,5 \times 10^{-7} \text{ m}$, maka $T_A=6444 \text{ K}$

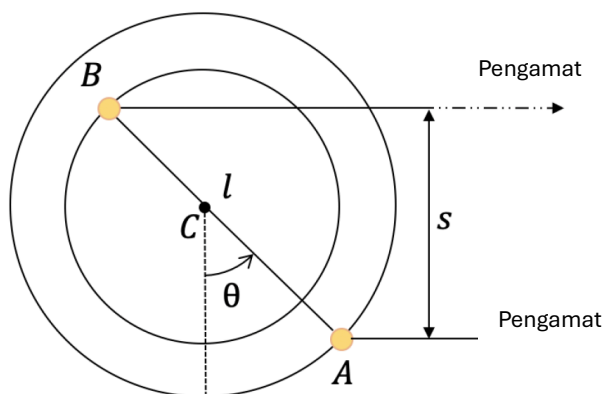
Untuk komponen B: $\lambda_{\max} = 6000 \text{ \AA} = 6 \times 10^{-7} \text{ m}$, maka $T_B=4833 \text{ K}$

b. [30 pt]

Untuk sebuah teleskop dengan diameter 3,8 m, maka limit difraksi diberikan oleh persamaan

$$\delta = 1,22 \frac{\lambda}{D} = 1,22 \frac{3,8 \times 10^{-7}}{3,8} = 1,2 \times 10^{-7} \text{ rad} = 0,025''$$

Gunakan konfigurasi sistem Bintang ganda di bawah ini



Separasi Bintang ganda γ yang terproyeksi ke bidang langit diberikan oleh

$$s = l \cos(\theta)$$

Sehingga

$$\gamma = \frac{s}{d} = \frac{l \cos(\theta)}{d}$$

Selama 35 hari (komponen-komponen tampak menyatu), maka bentangan fase yang disapu dalam orbit adalah sebesar

$$\beta = 2\pi \frac{35}{100}$$

Sehingga bentang sudut sepanjang orbit yang terbentuk selama kedua komponen tampak menyatu adalah

$$\theta' = \pi - \frac{\beta}{2} = \pi - \frac{35}{100}\pi = 0,65\pi$$

Dengan demikian separasi dapat ditentukan melalui hubungan

$$\delta = \frac{l}{d} \cos \theta' \Rightarrow l = \frac{\delta d}{\cos(\theta')} = \frac{(1,2 \times 10^{-7})(90 \times 206265)}{\cos(0,65\pi)} \text{ sa}$$

Separasi: $l = 2,23 \text{ sa}$

c. [25 pt]

Massa total dihitung dengan hukum Kepler ke-3

$$T^2 = \frac{4\pi^2 l^3}{GM_{total}}$$

Untuk $l=2,23 \text{ sa}$ dan $T=100 \text{ hari} = 0,274 \text{ tahun}$ maka

$$M_{Total} = \frac{2,23^3}{0,274^2} = 147,7 M_{\odot}$$

d. [25 pt]

Untuk komponen 1

$$(U - V)_1 = (U - B)_1 + (B - V)_1 = 0.3$$

$$U_1 = U_{01} + a_U d = 6.51$$

$$V_1 = U_1 - (U - V)_1 = 6.21$$

$$m_{Bol_1} = V_1 + BC_1 = 6.31$$

Untuk komponen 2

$$(U - V)_2 = (U - B)_2 + (B - V)_2 = 0.37$$

$$U_2 = U_{02} + a_U d = 6.98$$

$$V_2 = U_2 - (U - V)_2 = 6.61$$

$$m_{Bol_2} = V_2 + BC_2 = 6.79$$

maka

$$m_{bol_2} - m_{bol_1} = -2.5 \log \left(\frac{L_2}{L_1} \right)$$

$$L_2 = 0,794 L_1$$

Jawab:

- a. Cross section $\sigma = \pi \times (R_{asteroid} + R_{wahana})^2$

$$\sigma = \pi \times (0,5 + 3,5)^2 = 50,26 \text{ m}^2$$
- b. Volume $V = \pi \times (R_{luar}^2 - R_{dalam}^2) \times \text{tebal sabuk} = \pi \times (3^2 - 2^2) \times 0,1 = 1,57 \text{ sa}^3 = 5,26 \times 10^{33} \text{ m}^3$
 Rapat volume asteroid $\bar{N} = \frac{N}{V} = \frac{10^{15}}{5,26 \times 10^{33}} = 1,90 \times 10^{-19} \text{ m}^{-3}$
- c. Jumlah tumbukan yang dialami satelit

$$N_{tumbukan} = \bar{N} \sigma L = 1,90 \times 10^{-19} \text{ m}^{-3} \times 50,26 \text{ m}^2 \times (3 \text{ sa} - 1 \text{ sa}) = 2,86 \times 10^{-6}$$
- d. $E = E_K + E_P = \frac{1}{2} m v^2 + E_P = \frac{1}{2} m \left(\frac{GM}{r} \right) - \frac{GMm}{r}$

$$E = \frac{GMm}{2r} - \frac{GMm}{r} = - \frac{GMm}{2r}$$

 untuk orbit elips,

$$E = - \frac{GMm}{2a}$$

 Pada orbit transfer Hohmann, $2a = r_1 + r_2$
 Sehingga,

$$E = - \frac{GMm}{(r_1 + r_2)}$$
- e. di awal transfer orbit Hohmann, $E_1 = E_{K1} + E_{P1}$

$$- \frac{GMm}{(r_1 + r_2)} = \frac{1}{2} m v_1^2 - \frac{GMm}{r_1}$$

$$\frac{1}{2} v_1^2 = \frac{GM}{r_1} - \frac{GM}{(r_1 + r_2)}$$

$$v_1 = \sqrt{2GM \left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{(r_1 + r_2)} \right)}$$

 Jarak perihelion Bumi (r_1):

$$r_1 = a_{bumi} (1 - e_{bumi})$$

$$r_1 = 1 \times 1,496 \times 10^{11} \text{ m} (1 - 0,0167) = 1,496 \times 10^{11} \text{ m} (0,9833)$$

$$r_1 = 1,47 \times 10^{11} \text{ m} = 0,9833 \text{ sa}$$

 Jarak aphelion Jupiter (r_2):

$$r_2 = a_{jupiter} (1 + e_{jupiter})$$

$$r_2 = 5,2 \times 1,496 \times 10^{11} \text{ m} (1 + 0,049)$$

$$r_2 = 8,16 \times 10^{11} \text{ m} = 5,4548 \text{ sa}$$

 Sehingga kecepatan wahana di awal transfer orbit Hohmann:

$$v_1 = \sqrt{2GM \left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{(r_1 + r_2)} \right)}$$

$$v_1 = \sqrt{2 \times 6,674 \times 10^{-11} \times 1,99 \times 10^{30} \left(\frac{1}{1,47 \times 10^{11}} - \frac{1}{(1,47 \times 10^{11} + 8,16 \times 10^{11} \text{ m})} \right)}$$

$$v_1 = \sqrt{1,53 \times 10^9} \text{ m/s}$$

$$v_1 = 39.112,49 \frac{\text{m}}{\text{s}} = 39,1 \frac{\text{km}}{\text{s}}$$

f. di akhir transfer orbit Hohmann

$$v_2 = \sqrt{2GM \left(\frac{1}{r_2} - \frac{1}{(r_1 + r_2)} \right)}$$

$$v_2 = \sqrt{2 \times 6,674 \times 10^{-11} \times 1,99 \times 10^{30} \left(\frac{1}{8,16 \times 10^{11} \text{ m}} - \frac{1}{(1,47 \times 10^{11} + 8,16 \times 10^{11} \text{ m})} \right)}$$

$$v_2 = \sqrt{4,91 \times 10^7} \text{ m/s}$$

$$v_2 = 7.008,29 \frac{\text{m}}{\text{s}} = 7,01 \frac{\text{km}}{\text{s}}$$

g. Hitung deselerasi $\ddot{r} = \frac{\Delta v}{t} = \frac{v_2 - v_1}{\frac{1}{2}P}$ (P = periode orbit Hohmann)

$$P = \sqrt{a^3} = \sqrt{\left(\frac{r_1 + r_2}{2} \right)^3} = \sqrt{\left(\frac{0,9833 \text{ sa} + 5,4548 \text{ sa}}{2} \right)^3} = \sqrt{33,4} = 5,775 \text{ tahun}$$

(jika jarak dibulatkan sampai 2 tanda desimal, P = 5,764 tahun)

Sehingga deselerasi (1 tahun = 365,25 hari = 31557600 detik)

$$\ddot{r} = \frac{v_2 - v_1}{\frac{1}{2}P} = \frac{7,01 - 39,1}{\frac{1}{2}(5,775)(31557600)} = -3,52 \times 10^{-7} \text{ km s}^{-2}$$

Jarak yang ditempuh dari perihelion Bumi sampai bagian tengah sabuk asteroid:

$$d = r_{\text{sabuk}} - r_1 = 2,5 \text{ sa} - 0,9833 \text{ sa} = 1,5167 \text{ sa} = 2,27 \times 10^{11} \text{ m}$$

Asumsi kecepatan konstan, jarak ini adalah $\frac{d}{r_2 - r_1} = \frac{1,5167}{5,4548 - 0,9833} = 0,339193 =$

0,34 dari seluruh perjalanan

Waktu tempuh ke tengah sabuk asteroid = $0,34 \times \frac{1}{2}P = 0,34(2,882) = 0,9799 \text{ tahun} = 30922661 \text{ detik}$

Kecepatan di tengah sabuk asteroid:

$$v_{\text{di asteroid}} = v_1 + \ddot{r}t$$

$$v_{\text{di asteroid}} = 39,1 - (3,52 \times 10^{-7})(30922661) = 28,215 \frac{\text{km}}{\text{s}} = 28,2 \text{ km/s}$$

Solusi:

I. Untuk tahap raksasa merah (terjadi reaksi 3- α : $3\text{He} \rightarrow \text{C}$)

a. $E_{3-\alpha} = \Delta m - c^2$

$$\Delta m = 3m_{\text{He}} - m_{\text{C}} = 3(4,002603) - (12) = 0,007809 \text{ amu} = 1,297 \times 10^{-29} \text{ kg}$$

$$E_{3-\alpha} = \Delta m - c^2 = 1,166 \times 10^{-12} \text{ J} = \frac{1,166 \times 10^{-12}}{1,60218 \times 10^{-13}} \text{ MeV} = \mathbf{7,28 \text{ MeV}}$$

b. Energi spesifik $Q_{3-\alpha} \rightarrow$ energi dalam J per satuan massa bahan bakar 3He dalam kg

$$m_{\text{fuel}} = 3m_{\text{He}} = 12,007809 \text{ amu} = 1,9939 \times 10^{-26} \text{ kg}$$

$$Q_{3-\alpha} = \frac{1,166 \times 10^{-12}}{1,9939 \times 10^{-26}} = \mathbf{5,85 \times 10^{13} \text{ J/kg}}$$

c. $E_{\text{tot}3-\alpha} \rightarrow$ Energi total dari inti $0,45M_{\odot}$ ($= 8,9505 \times 10^{29} \text{ kg}$)

$$E_{\text{tot}3-\alpha} = Q_{3-\alpha} \times M_{0,45} = (5,85 \times 10^{13}) \times (8,9505 \times 10^{29}) \text{ J} = \mathbf{5,236 \times 10^{43} \text{ J}}$$

d. $t_{3-\alpha} = \frac{E_{\text{tot}3-\alpha}}{L_{\odot}} = \frac{5,236 \times 10^{43}}{3,9 \times 10^{26}} = 1,343 \times 10^{17} \text{ det.} = \mathbf{4,258 \times 10^9 \text{ tahun.}}$

II. Untuk tahap deret utama (terjadi reaksi proton – proton, pp, yang mengubah $4^1\text{H} \rightarrow ^4\text{He}$)

e. $E_{pp} = \Delta m - c^2$

$$\Delta m = 4m_{\text{H}} - m_{\text{He}} = 4(1,007825) - (4,002603) = 0,028697 \text{ amu} = 4,765 \times 10^{-29} \text{ kg}$$

$$E_{pp} = \Delta m - c^2 = 4,283 \times 10^{-12} \text{ J} = \frac{4,283 \times 10^{-12}}{1,60218 \times 10^{-13}} \text{ MeV} = \mathbf{26,7 \text{ MeV}}$$

f. Energi spesifik $Q_{pp} \rightarrow$ energi dalam J per satuan massa bahan bakar 4H dalam kg

$$m_{\text{fuel}} = 4m_{\text{H}} = 4,0313 \text{ amu} = 6,694 \times 10^{-27} \text{ kg}$$

$$Q_{pp} = \frac{4,283 \times 10^{-12}}{6,694 \times 10^{-27}} = \mathbf{6,398 \times 10^{14} \text{ J/kg}}$$

g. $E_{\text{tot}pp} \rightarrow$ Energi total dari inti $0,45M_{\odot}$ ($= 8,9505 \times 10^{29} \text{ kg}$)

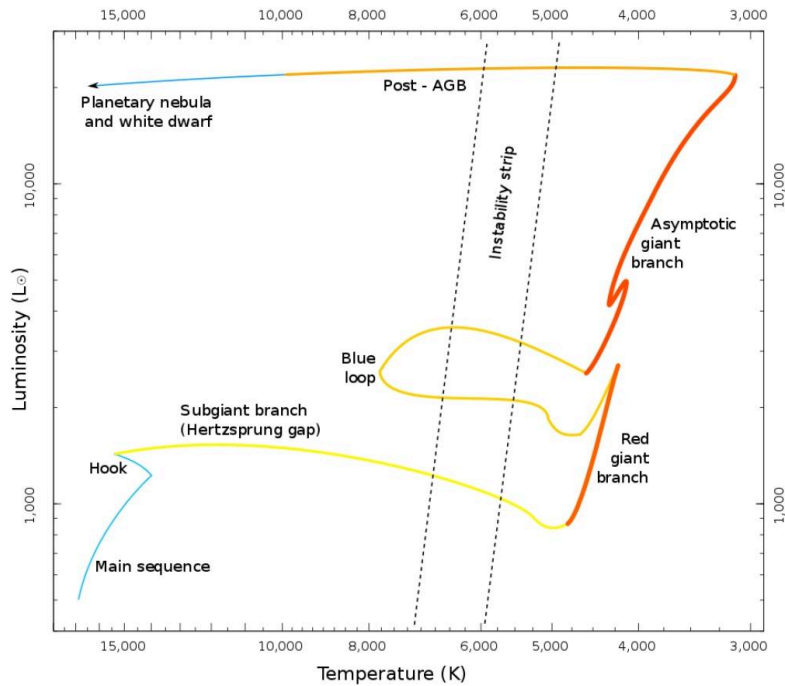
$$E_{\text{tot}pp} = Q_{pp} \times M_{0,45} = (6,398 \times 10^{14}) \times (8,9505 \times 10^{29}) \text{ J} = \mathbf{5,73 \times 10^{44} \text{ J}}$$

h. $t_{pp} = \frac{E_{\text{tot}pp}}{L_{\odot}} = \frac{5,73 \times 10^{44}}{3,9 \times 10^{26}} = 1,469 \times 10^{18} \text{ det.} = \mathbf{4,658 \times 10^{10} \text{ tahun.}}$

III. Bandingkan hasil I.d dengan II.h. Berikan penjelasan singkat mengenai hasilnya.

Pembakaran hidrogen melepaskan energi per kg ($6,4 \times 10^{14} \text{ J/kg}$) sekitar 10 kali lebih besar dibandingkan pembakaran helium ($5,85 \times 10^{13} \text{ J/kg}$). Jumlah hidrogen yang tersedia di bintang (sebagian besar massa bintang) untuk terjadinya pembakaran fusi juga jauh lebih besar daripada massa helium yang terbakar kemudian di inti. Kedua hal ini, energi spesifik dan massa bahan bakar yang lebih besar, membuat pembakaran hidrogen menjadi dominan sebagai sumber kehidupan bintang di fase deret utama; pembakaran helium mensuplai energi yang cukup besar secara lokal tetapi untuk massa bahan bakar yang lebih kecil dan untuk waktu yang lebih singkat.

IV. DHR



- Jalur evolusi cukup sampai Red Giant Branch (berakhir di Helium flash) (Instability strip tidak disertakan)
- Sumbu datar dapat berupa $\log T_{\text{ef}}$ atau Temperatur (K)
- Sumbu tegak dapat berupa $\log (L/L_{\odot})$ atau Luminositas ($L_{\odot}$)

Solusi:

a. *Great Cycle #1* di *Long Count* dimulai dari tanggal 0.0.0.0.0 hingga 12.19.19.17.19

a. Tanggal pertama: 0.0.0.0.0

b. Tanggal terakhir: 12.19.19.17.19

Setara dengan menghitung (translasi) dari 0.0.0.0.1 ke 13.0.0.0.0, yaitu

$$13 \text{ Bak'tun} = 13 \times 20 \times 20 \times 18 \times 20 \text{ K'in} = 1872000 \text{ K'in} \\ = 1872000 \text{ hari}$$

Durasi ini dapat dikatakan terbagi atas 3 bagian:

- 1 Januari s.d. 20 Desember 2012 = $(366 - 11)$ hari = 355 hari
- Era 2011 tahun Masehi (tahun 1–2011 dengan sepenuhnya sistem Gregorian, tanpa melihat adanya reformasi. Total hari untuk 2011 tahun ini terdiri atas komponen-komponen
 - 2000 tahun = 5 kali siklus 400 tahunan Gregorian = $5 \times (400 \times 365 + 97)$ hari = 730485 hari
 - 8 tahun = 2 kali siklus 4 tahunan Gregorian = $2 \times (4 \times 365 + 1)$ hari = 2922 hari
 - 3 tahun = 3×365 hari = 1095 hari

Subtotal bagian ini adalah 734502 hari

- y tahun sebelum Masehi hingga ke *Long Count* 0.0.0.0.0. Nilai y ini yang akan dicari. Dalam satuan hari, nilai y adalah $(1872000 - 355 - 734502)$ hari = 1137143 hari

$$\frac{y}{400 \times 365 + 97} =$$

7 siklus 400 tahunan Gregorian, sisa 114464 hari =
2800 tahun, sisa 114464 hari = 2800 tahun, sisa z hari

$$\frac{z}{4 \times 365 + 1} = \frac{114464}{4 \times 365 + 1} = \frac{114464}{1461} =$$

78 siklus 4 tahunan Gregorian, sisa 506 hari =
312 tahun, sisa 506 hari = 312 tahun, sisa R hari

$$\frac{R}{365} = \frac{506}{365} = 1 \text{ tahun (normal) Gregorian, sisa 141 hari} =$$

1 tahun (normal) Gregorian, sisa r hari, opsi lain (sesuai dengan algoritma tahun kabisat sebelum Masehi yang diawali dari tahun 1 SM)

$$\frac{R}{366} = \frac{506}{366} = 1 \text{ tahun (kabisat) Gregorian, sisa 140 hari}$$

= 1 tahun (kabisat) Gregorian, sisa r hari

- Jika dihitung mundur dari tanggal 31 Desember, maka

$$r = 141 = 31 + 30 + 31 + 30 + 19$$

Angka 19 di suku terakhir merujuk ke jumlah tanggal di bulan Agustus yang harus digunakan, yaitu mulai dari tanggal **13**

Agustus

Opsi kedua

$$r = 140 = 31 + 30 + 31 + 30 + 18$$

Angka 18 di suku terakhir merujuk ke jumlah tanggal di bulan Agustus yang harus digunakan, yaitu mulai dari tanggal **14 Agustus**

Jumlah tahun era sebelum Masehi ini dihitung semuanya menjadi: $2800 + 312 + 1 + 1 = 3114$ (angka 1 suku terakhir untuk angka tahun milik sisa 141 hari)

Kesimpulannya: awal Great Cycle pertama pada Long Count ini, yaitu 0.0.0.0.0, adalah **13 Agustus 3114 SM**, atau **13 Agustus 3114 BCE** (Hasil ini cocok dengan salah satu rujukan dari otoritas kalender sebagaimana dapat diperiksa di [laman ini](#)). Opsi kedua adalah **14 Agustus 3114 SM**, atau **14 Agustus 3114 BCE**

Solusi lain: jika memanfaatkan algoritma konversi GD $\rightarrow$ JD $\rightarrow$ GD (misal dari [Fourmilab](#)) untuk panjang 1 Great Cycle sebesar 1872000 hari akan diperoleh hasil akhir **11 Agustus 3114 SM**, atau **11 Agustus 3114 BCE** (ini adalah rujukan benar juga berdasarkan otoritas yang lain)

- b. <Algoritma serupa dengan subsoal (a)> Solusi: **29 April 7138**
- c. Hari pertama Great Cycle pertama dan ketiga adalah **sama dengan hari pertama Great Cycle kedua yaitu 4 Ahau**. Alasannya karena 1 siklus Great Cycle setara dengan 1872000 hari yang tepat setara dengan 7200 kali 1 tahun Tzolkin.
- d. Siklus 1 tahun Tzolkin adalah 13×20 hari = 260 hari. Tanggal 4 Ahau bertepatan dengan 21 Desember 2012. Sejak tanggal ini hingga ke 8 Oktober 2025, jumlah hari adalah

$$\begin{aligned} &11 \text{ (hari di tahun 2012)} + 12 \text{ tahun (2013 s.d. 2024)} \\ &\quad + 1 \text{ Januari s.d. 8 Oktober 2025} \\ &= (11 + 3 \times (4 \times 365 + 1)) + (31 + 28 + 31 + 30 + 31 + 30) \\ &\quad + (31 + 31 + 30) \\ &\quad + 8) \text{ hari} = 4675 \text{ hari} = 17 \text{ tahun Tzolkin, sisa 255 hari} \\ &= 17 \text{ tahun Tzolkin, sisa } r \text{ hari} \end{aligned}$$

Seperti awal perhitungan sejak 4 Ahau, $r = 255$ hari juga diperputarkan sejak 4 Ahau

Tanggal	Bulan
4	Ahau
5	Imix
6	Ik
7	Akbal
8	Kan
9	Chikchan
10	Kimi
11	Manik
12	Lamat
13	Muluk
1	Ok
2	Chuen
3	Eb
	Ben
	Ix
	Men
	Kib
	Kaban
	Etnab
	Kawak

Tanggal t pada kalender Tzolkin adalah $\text{mod}(255; 13) = 8$, yaitu ke $t = 11$, 'bulan' T pada kalender Tzolkin adalah $\text{mod}(255; 20) = 15$, yaitu bulan Ix. Maka **8 Oktober 2025** bertepatan dengan tanggal **11 Ix** di kalender Tzolkin.

- e. Panjang 1 tahun Haab selalu 365 hari. Jika L adalah panjang hari 1 siklus *Great Cycle*, maka $L = 1872000$ hari

$$\Delta = \frac{L}{365} - \frac{L}{365,24217879} = 3,400699 \text{ tahun} \approx 3 \text{ tahun } 4 \text{ bulan } 26 \text{ hari}$$

Solusi

No.	NAMA	RA	DEC	Redshift	$V_r = cz$
1	SDSS J154457.94+360407.7	236,2414347	36,06883035	0,0600	18000
2	SDSS J154455.19+360403.9	236,2299622	36,06777288	0,0610	18300
3	SDSS J154451.54+360111.5	236,2147726	36,01986467	0,0657	19710
4	SDSS J154505.68+360655.7	236,2736761	36,11548225	0,0658	19740
5	SDSS J154459.73+355917.2	236,2488968	35,98813235	0,0659	19770
6	SDSS J154309.46+361746.0	235,7894224	36,29612231	0,0660	19800
7	SDSS J154519.96+362034.7	236,3331835	36,3429831	0,0661	19830
8	SDSS J154459.03+360634.0	236,2459849	36,10945558	0,0663	19890
9	SDSS J154527.21+354840.5	236,3633799	35,81127442	0,0663	19890
10	SDSS J154525.07+360112.6	236,3544614	36,02017953	0,0664	19920
11	SDSS J154356.30+355352.0	235,9845872	35,89780373	0,0666	19980
12	SDSS J154435.12+362626.7	236,1463594	36,44075298	0,0668	20040
13	SDSS J154433.88+362838.5	236,1411928	36,47738696	0,0669	20070
14	SDSS J154345.88+360627.9	235,9412053	36,10775083	0,0685	20550
15	SDSS J154445.35+360432.0	236,1889843	36,07557326	0,0696	20880

Rata-rata = 0,0659 19758

$\sigma_v = 727$

$$\text{Jarak Hubble, } D_H = \frac{V_r}{H_0} = \frac{19758}{70} = 282,4 \text{ Mpc}$$

$$\text{Jarak luminositas, } D_L = 1,05 \times D_H = 1,05 \times 282,4 = 296,5 \text{ Mpc.}$$

$$\text{Dispersi kecepatan, } \sigma_v = 727 \text{ km/detik}$$

a) Teorema virial

$$2T + U = 0$$

Energi kinetik

$$T = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^N m_i v_i^2$$

Partikel dianggap memiliki massa yang sama

$$T = \frac{1}{2} m \sum_{i=1}^N v_i^2$$

Massa total

$$M = \sum_{i=1}^N m = Nm$$

Energi kinetic menjadi

$$T = \frac{1}{2}M \left(\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N v_i^2 \right)$$

Rata-rata kuadrat kecepatan

$$\langle v^2 \rangle = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N v_i^2$$

Energi kinetik menjadi

$$T = \frac{1}{2}M \langle v^2 \rangle$$

Dispersi kecepatan sistem adalah ukuran seberapa menyebar kecepatan partikel terhadap rata-rata kecepatan sistem,

$$\sigma_v^2 = \langle (v - \langle v \rangle)^2 \rangle$$

v = kecepatan partikel

$\langle v \rangle$ = rata-rata kecepatan sistem

Ekspansikan

$$\sigma_v^2 = \langle v^2 - 2v\langle v \rangle + \langle v \rangle^2 \rangle$$

Menjadi

$$\sigma_v^2 = \langle v^2 \rangle - 2\langle v \rangle \langle v \rangle + \langle v \rangle^2$$

$$\sigma_v^2 = \langle v^2 \rangle - \langle v \rangle^2$$

Jika kita bekerja di kerangka pusat massa, maka rata-rata kecepatan sistem nol:

$$\langle v \rangle = 0$$

Sehingga dispersi kecepatan menjadi

$$\sigma_v^2 = \langle v^2 \rangle$$

Artinya: di kerangka pusat massa, dispersi kecepatan sama dengan rata-rata kuadrat kecepatan.

Untuk 3D komponen kecepatan yang isotropik (bergerak ke semua arah), maka

$$\langle v^2 \rangle = \langle v_x^2 + v_y^2 + v_z^2 \rangle = 3\sigma_v^2$$

Energi kinetik sebagai fungsi dispersi kecepatan menjadi

$$T = \frac{1}{2} M \langle v^2 \rangle$$

$$T = \frac{1}{2} M (3\sigma_v^2)$$

$$T = \frac{3}{2} M \sigma_v^2$$

Energi Potensial

$$U = -\frac{G M^2}{R}$$

Maka Teorema Virial menjadi

$$2 \left(\frac{3}{2} M \sigma_v^2 \right) - \frac{G M^2}{R} = 0$$

$$3M \sigma_v^2 = \frac{G M^2}{R}$$

$$M_{Tot} = 3 \frac{R}{G} \sigma_v^2$$

b) Massa juga bisa dihubungkan dengan kerapatan kritis alam semesta

$$M_{Tot} = \frac{4}{3} \pi R^3 \rho_{crit}(z)$$

dengan

$$\rho_c(z) = \frac{3H(z)^2}{8\pi G}.$$

Dari persamaan (10) dan (11) akan didapatkan

$$\frac{4}{3} \pi R^3 \rho_{crit}(z) = 3 \frac{R}{G} \sigma_v^2$$

$$R^2 = \frac{9 \sigma_v^2}{4\pi G \rho_{crit}(z)}$$

$$R = \left(\frac{9 \sigma_v^2}{4\pi G \rho_{crit}(z)} \right)^{1/2}$$

c) Massa M_{200} berbentuk

$$M_{200} = \frac{4}{3} \pi R_{200}^3 (200) \rho_{crit}(z)$$

atau

$$M_{200} = \frac{3 R_{200} \sigma_v^2}{G}$$

Maka

$$\frac{4}{3} \pi R_{200}^3 (200) \rho_{crit}(z) = \frac{3 R_{200} \sigma_v^2}{G}$$

$$R_{200}^2 = \frac{9 \sigma_v^2}{4 \pi 200 G \rho_{crit}(z)}$$

dengan

$$\rho_c(z) = \frac{3H(z)^2}{8\pi G}.$$

maka

$$R_{200}^2 = \frac{8\pi 9 \sigma_v^2}{3 (4\pi) 200 H(z)^2} = \frac{3 \sigma_v^2}{100 H(z)^2}$$

Sehingga

$$R_{200} = \frac{\sqrt{3} \sigma_v}{10 H(z)}$$

d) Dengan

$$H(z) = H_0 \sqrt{\Omega_m (1+z)^3 + \Omega_\Lambda}.$$

maka

$$R_{200} = \frac{\sqrt{3} \sigma_v}{10 H_0 \sqrt{\Omega_m (1+z)^3 + \Omega_\Lambda}} = \frac{(1,73) \sigma_v}{10 H_0 \sqrt{\Omega_m (1+z)^3 + \Omega_\Lambda}} \text{ Mpc}$$

e) Radius Abell, $R_{Abell} = \frac{1,7}{\text{Redshift}}$

Dari rata-rata redshift, $\bar{z} = 0,0659$

maka

$$R_{Abell} = \frac{1,7}{0,0659} = 25,8 \text{ menit busur}$$

Jarak luminositas $D_L = 296,5 \text{ Mpc}$, maka radius Abell

$$R_{Abell} = D_L \times \tan\left(\frac{25,8}{60}\right) = 296,5 \times \tan\left(\frac{25,8}{60}\right) = 2,23 \text{ Mpc}$$

f) Radius 200,

$$R_{200} = \frac{(1,73) \sigma_v}{10 H_0 \sqrt{\Omega_m (1+z)^3 + \Omega_\Lambda}} \text{ Mpc}$$

dengan

$$\sigma_v = 727 \text{ km/detik}$$

maka

$$R_{200} = \frac{(1,73) \times 727}{10 H_0 \sqrt{\Omega_m (1+z)^3 + \Omega_\Lambda}} \text{ Mpc} = 1,74 \text{ Mpc}$$

g) Dari

$$M_{200} = \frac{4}{3} \pi R_{200}^3 (200) \rho_{crit}(z)$$

dan

$$R_{200} = \frac{\sqrt{3} \sigma_v}{10 H(z)}$$

maka

$$M_{200} = \frac{3\sqrt{3}}{10} \frac{\sigma_v^3}{G H(z)}$$

serta

$$H(z) = H_0 \sqrt{\Omega_m (1+z)^3 + \Omega_\Lambda}.$$

Sehingga Massa 200 (dalam satuan Massa Matahari)

$$M_{200} = \frac{3\sqrt{3}}{10} \frac{\sigma_v^3}{G H_0 \sqrt{\Omega_m (1+z)^3 + \Omega_\Lambda}}$$

dengan

$$G \approx 4.3009125 \times 10^{-9} \frac{(\text{km/s})^2 \text{ Mpc}}{M_\odot}.$$

$$M_{200} = \frac{3\sqrt{3}}{10} \frac{\times (727)^3}{(4,3 \times 10^{-9}) \times 70 \times \sqrt{0,3(1+0,0659)^3 + 0,7}} = 6,4 \times 10^{14} M_\odot$$

JAWABAN DAN MARKING SCHEME

Durasi (20)		Periode (10)		Radius Planet (20)		Sumbu mayor (30)		Kecepatan Orbit (20)	
10 poin	$t_x = \frac{y}{24} \text{ hari}$	5 poin	$P = t_1^{12 \text{ Juni}} - t_1^{9 \text{ Juni}}$	10 poin	$f = \frac{A_{planet}}{A_*} = \frac{\pi R_{planet}^2}{\pi R_*^2}$	15 poin	$a = \sqrt[3]{\frac{G \cdot M_* \cdot P^2}{4\pi^2}}$	10 poin	$v = \frac{2\pi a}{P}$
7 poin	2,52 jam / 2 jam 31 menit	3 poin	3,03 hari	7 poin	0,0145	10 poin	0,039 AU	7 poin	140,96 km/s
3 poin	$\pm 0,2 - 0,3 \text{ jam} / \pm 8 - 10 \text{ menit}$	2 poin	3 - 3,05 hari	3 poin	$\pm 0,005$	5 poin	0,035 - 0,045 AU	3 poin	$\pm 10 \text{ km/2}$

Diketahui :

- 9 Juni 2006
 - T1 = 0,79
 - T2 = 0,805 / 0,80 - 0,81
 - T3 = 0,88
 - T4 = 0,895 / 0,89 - 0,90
- 12 Juni 2006
 - T1 = 0,82
 - T2 = 0,835 / 0,83 - 0,84
 - T3 = 0,91
 - T4 = 0,925 / 0,92 - 0,93
- 15 Juni 2006
 - T1 = 0,85
 - T2 = 0,865 / 0,86 - 0,87
 - T3 = 0,945 / 0,94 - 0,95
 - T4 = 0,955 / 0,95 - 0,96

a. Durasi Transit

$$t_x = \frac{y}{24} \text{ hari}$$

Atau

$$t_1 - t_4 = \frac{y}{24}$$

- 9 Juni

$$t_1 = \frac{y_1}{24} ; 0,79 = \frac{y_1}{24} ; y_1 = 06.58 \text{ UT}$$

$$t_4 = \frac{y_4}{24} ; 0,895 = \frac{y_4}{24} ; y_4 = 09.29 \text{ UT}$$

$$t_{4-1} = 2 \text{ jam } 31 \text{ menit atau } 2,517 \text{ jam}$$

Atau

$$t_4 - t_1 = \frac{y}{24} ; 0,895 - 0,79 = \frac{y}{24} ; y = 24 \cdot 0,105 = 2,52 \text{ jam}$$

- 12 Juni

$$t_1 = \frac{y_1}{24} ; 0,82 = \frac{y_1}{24} ; y_1 = 07.41 \text{ UT}$$

$$t_4 = \frac{y_4}{24} ; 0,925 = \frac{y_4}{24} ; y_4 = 10.12 \text{ UT}$$

$$t_{4-1} = 2 \text{ jam } 31 \text{ menit atau } 2,517 \text{ jam}$$

Atau

$$t_4 - t_1 = \frac{y}{24}; 0,925 - 0,82 = \frac{y}{24}; y = 24 \cdot 0,105 = 2,52 \text{ jam}$$

o 15 Juni

$$t_1 = \frac{y_1}{24}; 0,85 = \frac{y_1}{24}; y_1 = 08.24 \text{ UT}$$

$$t_4 = \frac{y_4}{24}; 0,955 = \frac{y_4}{24}; y_4 = 10.55 \text{ UT}$$

$$t_{4-1} = 2 \text{ jam } 31 \text{ menit atau } 2,517 \text{ jam}$$

Atau

$$t_4 - t_1 = \frac{y}{24}; 0,955 - 0,85 = \frac{y}{24}; y = 24 \cdot 0,105 = 2,52 \text{ jam}$$

b. Periode Orbit

$$P = t_1^{12 \text{ Juni}} - t_1^{9 \text{ Juni}}$$

$$P = 2453898,82 - 2453895,79 = 3,03 \text{ hari}$$

c. Radius

- Cari dulu rasio area bintang yang tertutup saat transit

$$f = 1 - 0,979 = 0,021 = 2,1\%$$

- Rasio radius planet dan radius bintang

$$f = \frac{A_{planet}}{A_*} = \frac{\pi R_{planet}^2}{\pi R_*^2}$$

$$0,021 = \frac{R_{planet}^2}{R_*^2}$$

$$\frac{R_{planet}}{R_*} = \sqrt{0,021} = 0,145$$

$$R_{planet} = 0,145 R_* = 0,145 \times 0,81 R_\odot = 0,1247 R_\odot = 86753,79 \text{ km}$$

d. Sumbu Mayor

$$M = 0,88 M_\odot; G = 1,327 \times 10^{11} \text{ km}^3/\text{M}_\odot \text{s}^2; P = 3,03 \text{ hari} = 261792 \text{ detik}$$

$$a = \sqrt[3]{\frac{G \cdot M_* \cdot P^2}{4\pi^2}}$$

$$a = \sqrt[3]{\frac{1,327 \times 10^{11} \cdot 0,88 M_\odot \cdot 261792^2}{4 \cdot 3,14^2}}$$

$$a = \sqrt[3]{\frac{1,327 \times 10^{11} \cdot 0,88 \cdot 261792^2}{4 \cdot 3,14^2}}$$

$$a = \sqrt[3]{2,029 \times 10^{20}} = 5876165,455 \text{ km} = 0,039 \text{ AU}$$

- e. Kecepatan orbit bintang

$$v = \frac{2\pi a}{P}$$

$$v = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 5876165,455}{261792} = \frac{36902316,2}{261792} = 140,96 \text{ km/s}$$

Solusi:

- a. Gunakan salah satu garis penjejak, misalnya H_β yang merupakan transisi 2 ke 4

$$\frac{1}{\lambda} = R \left(\frac{1}{n_1^2} - \frac{1}{n_2^2} \right) = R \left(\frac{1}{2^2} - \frac{1}{4^2} \right)$$

$$\lambda = 4861,74 \text{ \AA}$$

Jika di baca dari plot H_β berada pada $\lambda \approx 4850 - 4860 \text{ \AA}$.

- b. Dari *observer-frame* tampak bahwa H_β berada pada 13500

$$z = \frac{\Delta\lambda}{\lambda} = 1,78$$

- c. Tidak ada garis hidrogen menunjukkan supernova tipe I, lebih tepatnya Ia.

Tipe Ia disebabkan ledakan termonuklir dari bintang ganda.

- d. Diketahui

$$\lambda_{obs} = 17017$$

$$\lambda_{rest} = 6117$$

$$v = \frac{\Delta\lambda}{\lambda} \times c \approx -16000 \text{ km/s}$$

Dari literatur: $v_{Si II} = -11.23 \times 10^3 \text{ km s}^{-1}$

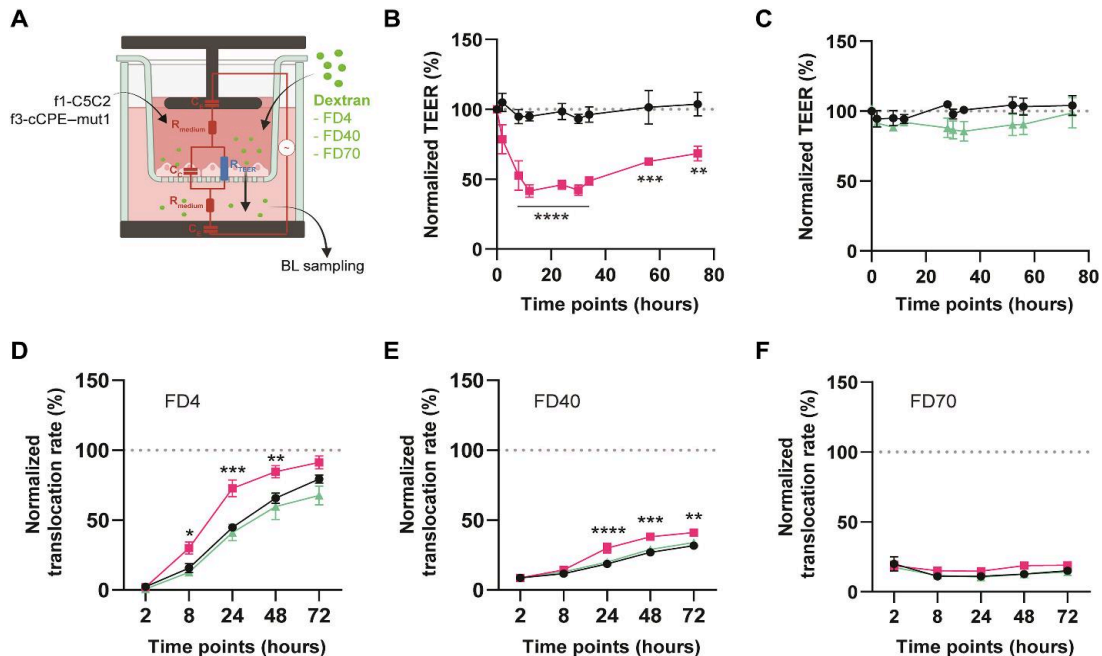
- e. $A_v = R_v E(B-V)$ dan $\tau = A_v / 1.086$



BIOLOGI

BIOLOGI SEL MOLEKULER

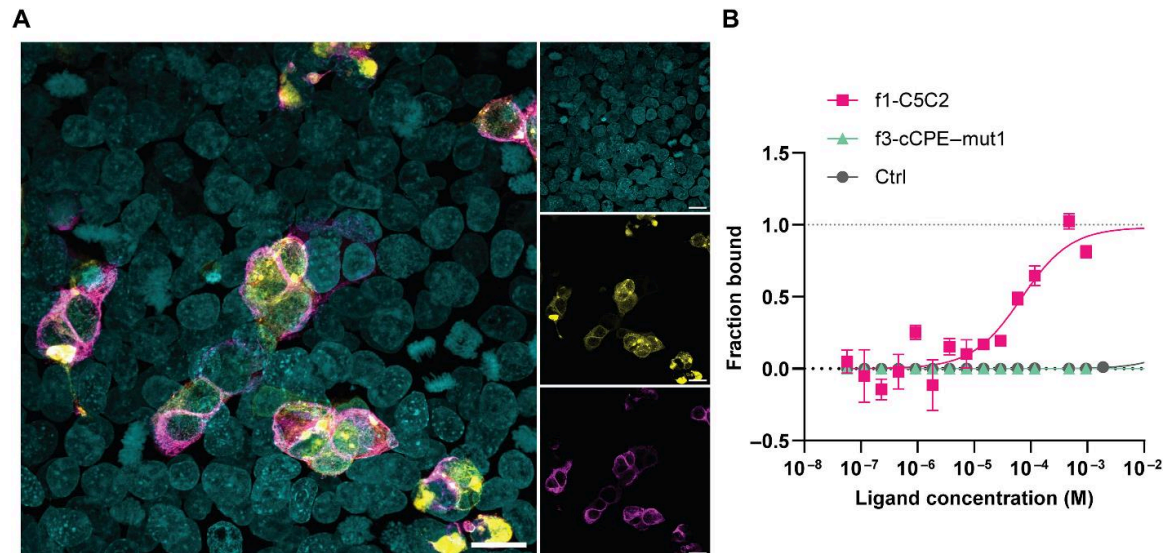
- Melanjutkan percobaan pada soal sebelumnya, Dr. Xeno merancang sebuah aparatus mikrofluidik *tissue-on-a-chip* menggunakan lapisan sel HEK-293T yang ditransfeksi dengan konstruk *mCLDN5*. Dr. Xeno kemudian mengukur hambatan listrik transendotel (TEER) dan laju translokasi senyawa dextran (FD4, FD40, FD70). Hasil dilampirkan pada gambar berikut.



Keterangan: (A) Skema representasi eksperimen TEER dan difusi dextran 4/40/70 kDa. (B dan C) Hasil pengukuran TEER pada lapisan sel yang dipaparkan dengan f1-C5C2 (merah muda) atau dengan f3-cCPE-mut1 (hijau). Perlakuan kontrol negatif dilakukan dengan larutan pembawa tanpa peptida uji (hitam). (D, E, dan F) Hasil pengukuran laju translokasi zat dextran FD4 (4 kDa), FD40 (40 kDa), dan FD70 (70 kDa) terhadap lapisan sel yang didedahkan peptida f1-C5C2 (merah muda), f3-cCPE-mut1 (hijau), atau kontrol negatif (hitam). Simbol * menandakan perbedaan yang signifikan secara statistik.

Tentukan pernyataan berikut Benar (B) atau Salah (S)!

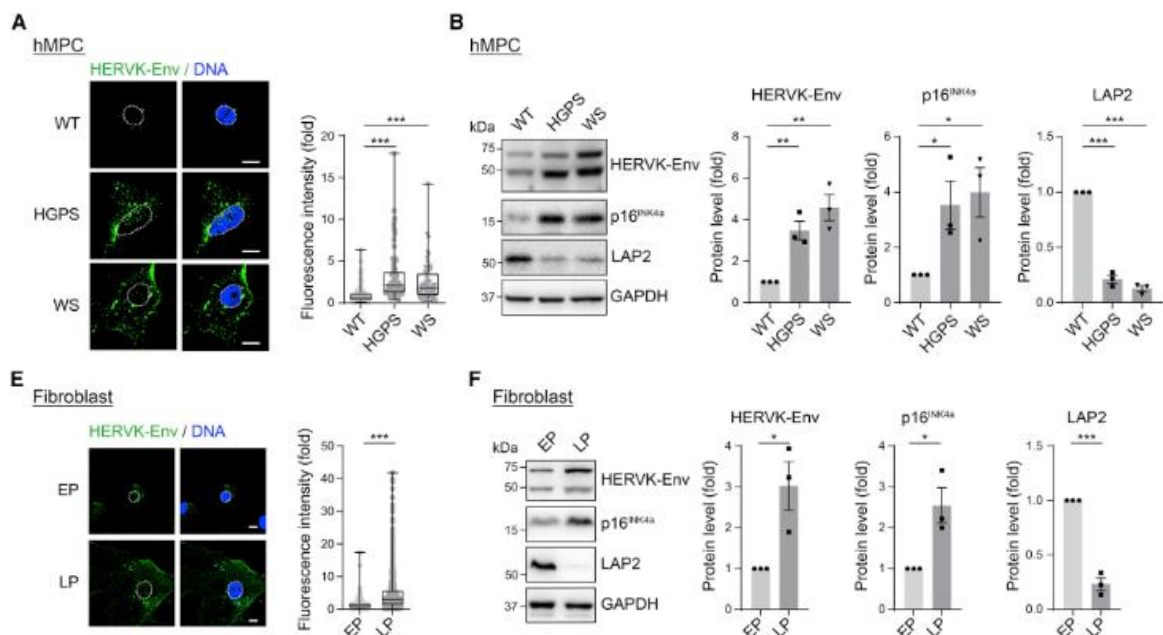
- Lapisan sel yang digunakan dalam percobaan ini menunjukkan adanya aktivitas transpor transeluler terhadap senyawa hidrofilik berukuran kecil.
 - Peptida f1-C5C2 efektif dalam meningkatkan permeabilitas paraseluler terhadap semua ukuran dextran yang diuji.
 - Peptida f1-C5C2 kemungkinan dapat meningkatkan permeabilitas *blood-brain barrier* terhadap patogen bakteri.
 - Lapisan sel yang digunakan dalam percobaan ini menunjukkan adanya aktivitas transpor transeluler terhadap ion.
- Blood-brain barrier** (BBB) tidak hanya mempertahankan homeostasis otak tetapi juga mencegah sebagian besar obat masuk ke dalam otak. Difusi *paracellular* zat terlarut dihalangi karena adanya *tight junction* yang dibuat kedap oleh ekspresi *claudin5* (CLDN5) pada sel endotel otak. Pengaturan permeabilitas BBB secara sementara dan reversibel sangat dibutuhkan untuk pengobatan farmakologis penyakit otak. Dr. Xeno mendesain dan menguji peptida pendek yang aktif terhadap BBB, yang didasarkan pada domain ekstraseluler CLDN5 (f1-C5C2) dan domain pengikat CLDN5 dari enterotoksin *Clostridium perfringens* (f3-cCPE-mut1). Percobaan dilakukan menggunakan lini sel HEK-293T yang ditransfeksi dengan konstruk *mCLDN5*. Hasil pengujian terlampir pada gambar 1A dan gambar 1B.



Gambar 1. (A) Pencitraan konfokal pada sel yang ditransfeksi dengan konstruk *mCLDN5* berlabel tGFP (kuning) dan dianalisis menggunakan imunositokimia dengan antibodi CLDN5 (merah muda). Inti sel divisualisasikan dalam warna cyan. (B) Kurva ikatan ligan dengan *mCLDN5* yang diperoleh untuk peptida f1-C5C2 (merah) dan f3-cCPE-mut1 (hijau), disertai sampel kontrol negatif (simbol hitam).

Tentukan pernyataan berikut Benar (B) atau Salah (S)!

- Terdapat lebih dari 10 sel yang berhasil ditransfeksi dan mengekspresikan *mCLDN5* pada Gambar 1A.
 - Indeks mitosis sel yang digunakan pada percobaan diatas adalah kurang dari 10%.
 - Konstanta disosiasi f1-C5C2 terhadap *claudin5* adalah kurang dari 25 μ M.
 - f3-cCPE memiliki afinitas terhadap *claudin5* yang lebih rendah daripada f1-C5C2.
3. Proses penuaan sel melibatkan berbagai regulasi genetik dan molekuler. *Endogenous retroviral resurrection* diduga mempengaruhi proses penuaan sel. Data di bawah memperlihatkan hasil penelitian yang dilakukan untuk menguji dugaan tersebut.

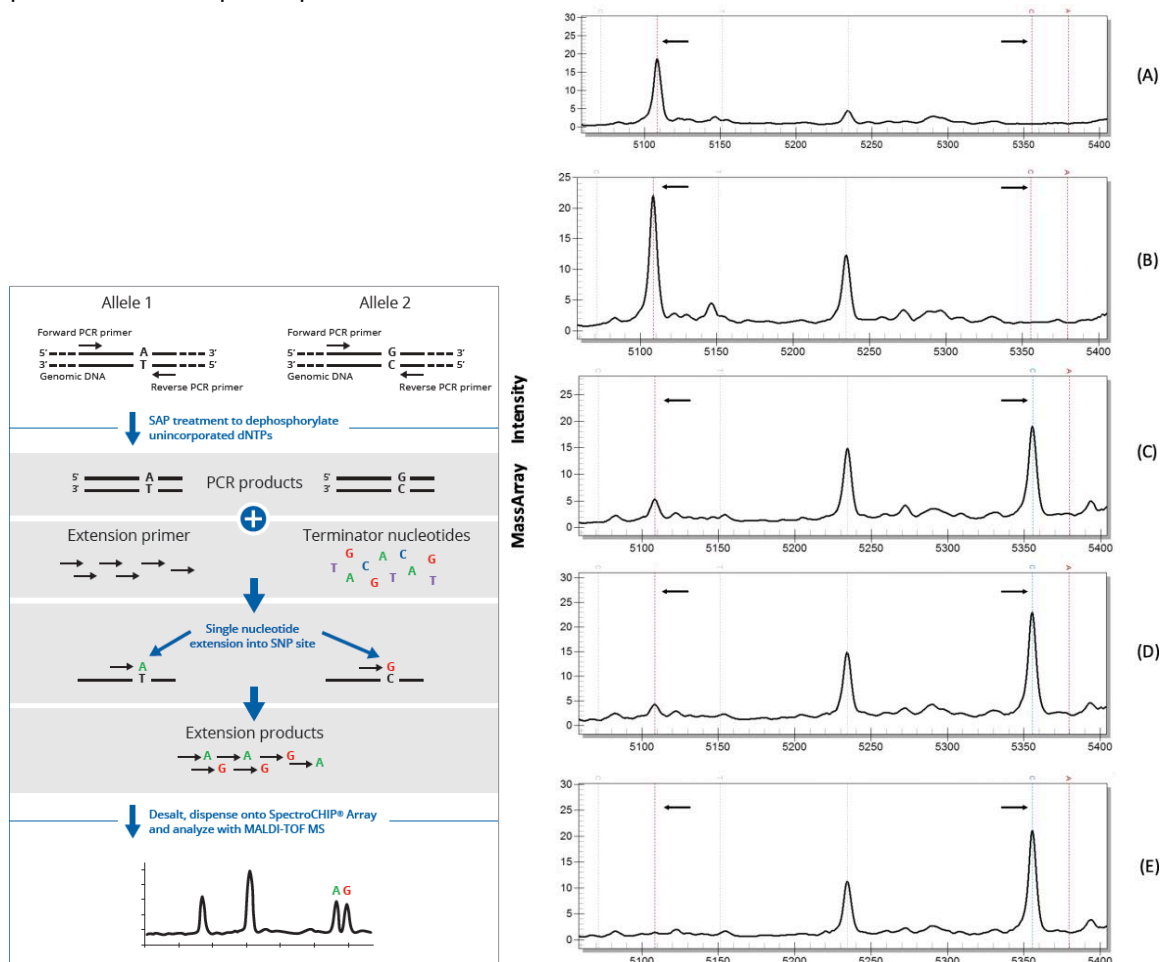


Keterangan: **A** Hasil pewarnaan imunofluoresens dari sel normal (WT) dan abnormal (HGPS dan WS) yang mengekspresikan retrovirus endogen manusia K (HERVK), **B** Hasil *western blotting* dari ketiga jenis sel pada (A), **E** Hasil pewarnaan imunofluoresens dari sel yang belum menua (EP) dan telah menua (LP), **F** Hasil *western blotting* dari kedua jenis sel pada (E).

Tentukan apakah pernyataan berikut Benar (B) atau Salah (S)!

- A. Protein LAP2 kemungkinan memicu apoptosis.
- B. Analisis ekspresi di atas dilakukan menggunakan hasil translasi dari satu gen *housekeeping*.
- C. Jika HGPS dan WS merupakan sindrom, keduanya merupakan sindrom penyebab penuaan dini.
- D. Penuaan sel memiliki distribusi HERKV-Env yang serupa dengan sel abnormal HGPS dan WS.

4. Sistem MassARRAY mengintegrasikan sensitivitas teknologi PCR dengan kemampuan dari teknologi deteksi spektrometri massa (Gambar 1). Satu reaksi dapat mengamplifikasi 40 gen secara multipleks yang dapat diterapkan untuk analisis. Purbaya merancang primer spesifik yang menarget 27 patogen penyebab pneumonia. Untuk mengevaluasi performa metode, Purbaya menguji sensitivitas deteksi *Mycoplasma pneumoniae*. Spektrum massa hasil percobaan ditampilkan pada Gambar 2.

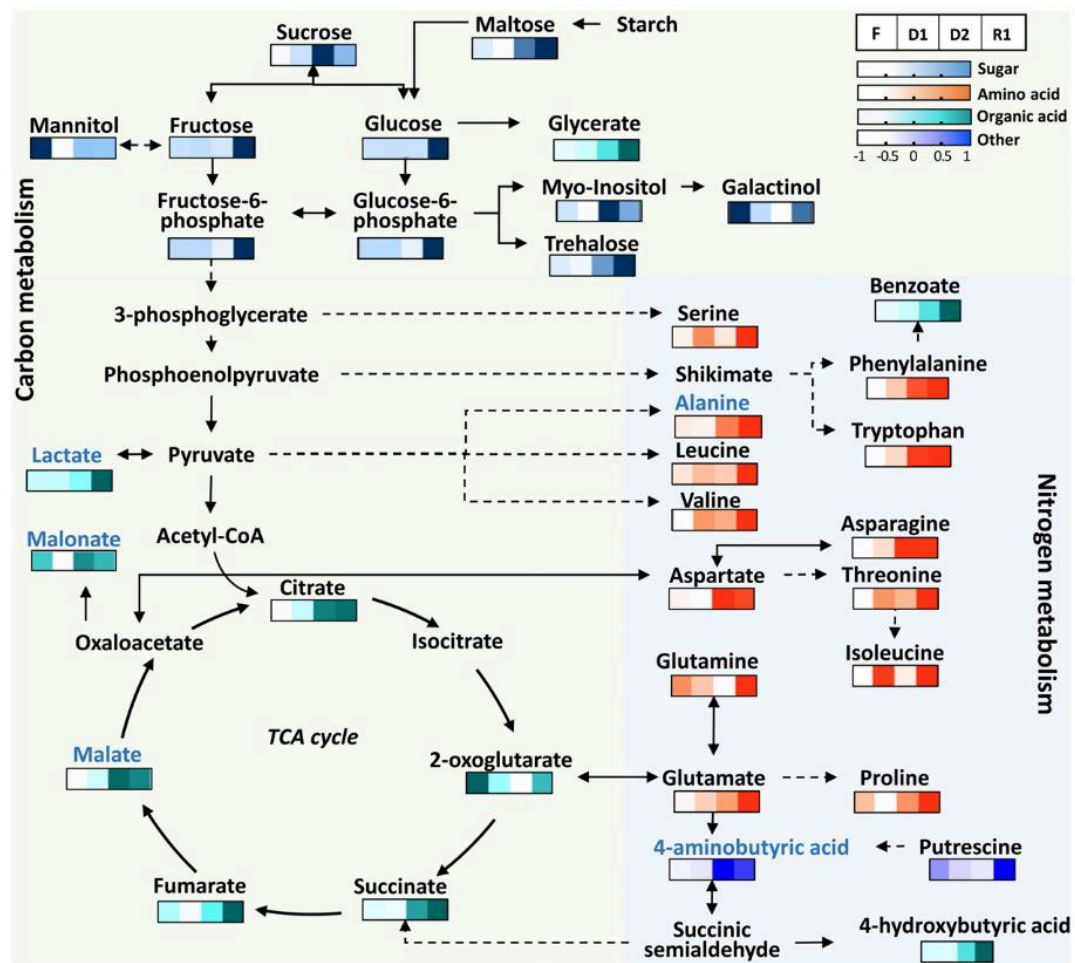


Gambar 1. (Kiri) Skema metode MassARRAY untuk deteksi dan identifikasi SNP (sebagai contoh). **Gambar 2.** (Kanan) **A** kontrol negatif, **B-E** galur *M. pneumoniae* diencerkan hingga 10, 100, 1000, dan 10.000 kopi/ μ L secara berturut-turut. Panah di sisi kiri spektrum adalah posisi puncak primer *M. pneumoniae*, sedangkan panah di sisi kanan spektrum adalah posisi puncak produk ekstensi. Puncak yang ada di tengah spektrum (5235 Da) adalah primer HCoV, sedangkan produk ekstensi HCoV ada di posisi 5380 Da.

Tentukan pernyataan berikut Benar (B) atau Salah (S)!

- A. Limit deteksi metode diatas untuk mendeteksi *M. pneumoniae* adalah 10 kopi/ μ L.
- B. Puncak kiri menurun seiring meningkatkan konsentrasi analit *M. pneumoniae* karena terdegradasi oleh DNase yang terkandung dalam sampel uji.
- C. Untuk meningkatkan spesifisitas metode diatas, maka puncak produk ekstensi tiap patogen tidak boleh saling tumpang tindih.
- D. Hasil percobaan menunjukkan bahwa tidak ada reaksi silang antara *M. pneumoniae* dan HCoV.

5. Berikut adalah dinamika metabolisme *Craterostigma plantagineum* ketika diberikan perlakuan desikasi (pengeringan).

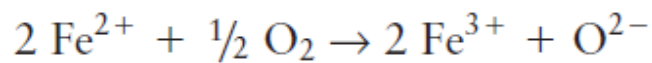


Keterangan: Tahapan perlakuan terhadap tumbuhan dimulai dari tanpa perlakuan (F), lalu pengeringan awal/parsial (D1), desikasi (D2), dan diakhiri dengan rehidrasi (R). Jumlah metabolit relatif disesuaikan dengan tipe molekul yang dianalisis: gula, asam amino, asam organik, atau senyawa lain.

Tentukan apakah pernyataan berikut Benar (B) atau Salah (S)!

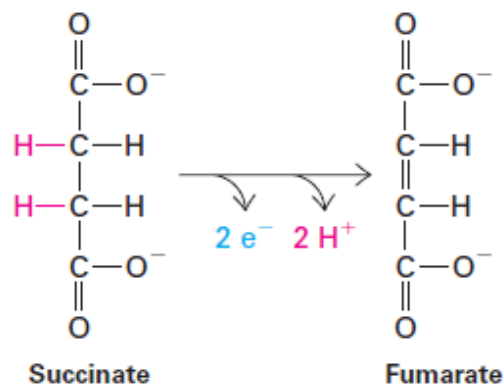
- A. Aktivitas heksokinase mengalami peningkatan saat transisi waktu D1 dan D2.
B. Proses pengeringan awal menyebabkan produksi FADH_2 menurun.
C. Rehidrasi menyebabkan jumlah disakarida mengalami penurunan.
D. Produksi piruvat mengalami peningkatan signifikan akibat rehidrasi.

6. Beberapa reaksi metabolisme pada organisme kemolitotrof dapat dianalogikan dengan yang terjadi pada fotoautotrof. Salah satunya adalah konsep redoks yang sama-sama terjadi pada kedua kelompok organisme untuk memperoleh energi. Reaksi berikut menunjukkan sebagian proses metabolisme milik organisme kemolitotrof.

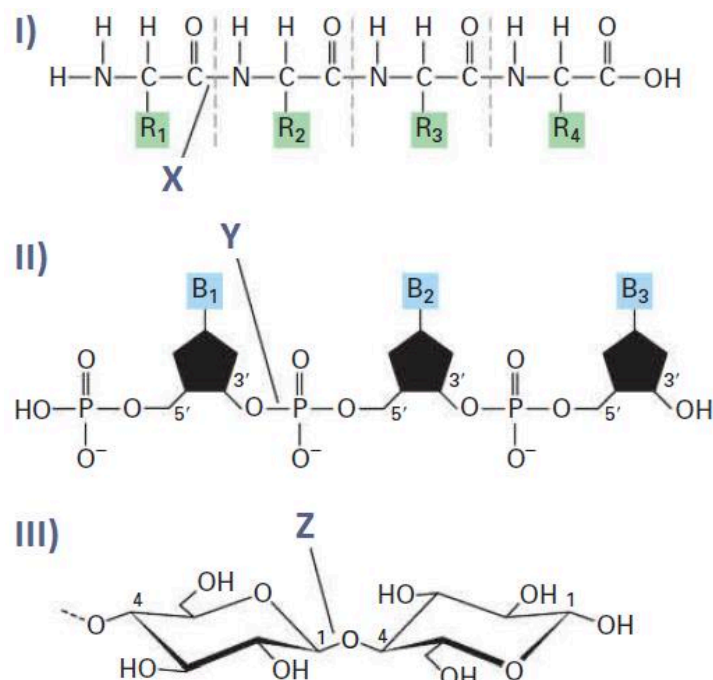


Tentukan apakah pernyataan berikut benar (B) atau salah (S)!

- A. Ion Fe^{2+} bertindak sebagai donor elektron layaknya molekul organik pada respirasi seluler.
B. Gas oksigen mengalami oksidasi pada reaksi di atas.
C. Jika NADH turut berperan dalam reaksi di atas, dibutuhkan lebih dari 2 mol NAD^+ untuk setiap 1 mol O_2 yang dikonsumsi.
D. Jika dianalogikan dengan salah satu tahap siklus Krebs berikut, O^{2-} dihasilkan akibat reaksi yang sama dengan pembentukan fumarat dari suksinat.



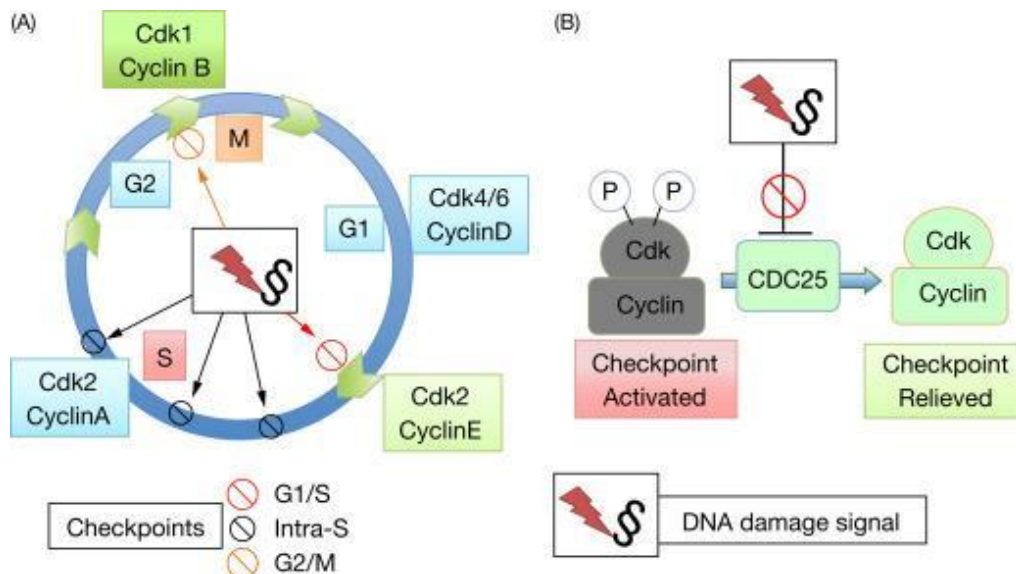
7. Gambar berikut menunjukkan ilustrasi beberapa makromolekul yang umum dijumpai di dalam tubuh makhluk hidup.



Tentukan apakah pernyataan berikut benar (B) atau salah (S)!

- A. Pada dogma sentral, alur penerjemahan informasi genetik terjadi dengan urutan II-I-III.
- B. Makromolekul yang memungkinkan munculnya struktur percabangan adalah I dan III.
- C. Sintesis molekul I dan II di dalam sel terjadi dari arah kiri ke kanan.
- D. Ikatan yang ditunjukkan oleh X, Y, dan Z dapat diputus dengan reaksi dehidrasi.

8. Mekanisme kontrol siklus sel telah banyak diketahui dan saat ini sering disebut sebagai *checkpoint*. Mekanisme molekuler terkait pengaturan ini melibatkan serangkaian aktivasi dan inaktivasi protein maupun ekspresi gen. Gambar berikut menunjukkan ilustrasi beberapa *checkpoint* sel beserta beberapa protein yang terlibat.

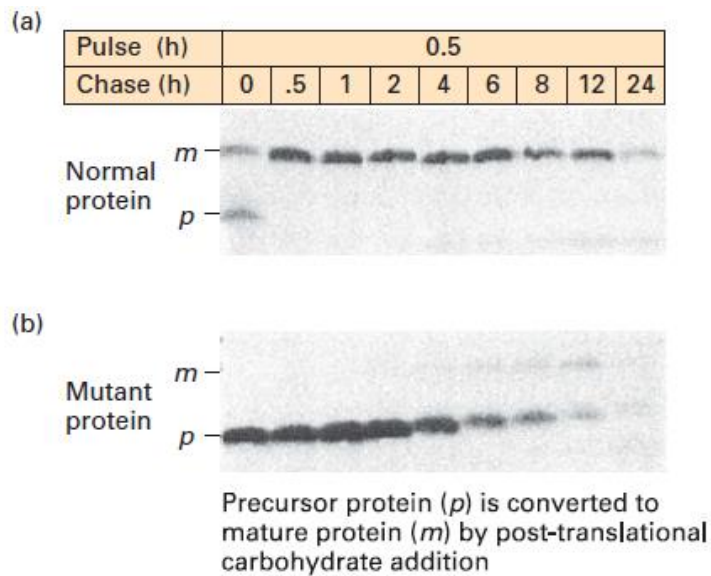


Keterangan: (A) Aktivasi *checkpoint* pada 3 proses utama: transisi G1/S, selama fase S, dan transisi G2/M. (B) Kerusakan DNA sebagai pemicu utama aktivasi *checkpoint* dengan mendegradasi CDC25 (fosfatase). Komplek Cdk-Cyclin merupakan suatu kinase yang diaktifkan oleh CDC25.

Tentukan apakah pernyataan berikut benar (B) atau salah (S)!

- A. Aktivitas kompleks Cdk-Cyclin kinase akan berdampak pada dilanjutkannya siklus sel.
- B. Salah satu respons yang masuk akal akibat aktivasi kompleks Cdk2-CyclinE adalah sintesis protein histon.
- C. Diketahui suatu protein dibutuhkan untuk mencegah transisi fase G2 ke M dan memiliki hubungan kerja dengan CDC25. Salah satu bentuk hubungan yang mungkin dari kedua protein tersebut adalah CDC25 menghambat kerja protein tersebut.
- D. Diketahui suatu protein merupakan suatu kinase yang memfosforilasi kompleks Cdk-Cyclin. Overekspresi protein ini mestinya memiliki dampak yang berlawanan dibandingkan efek kerusakan DNA.

9. Koh Alfred sedang mengamati translasi protein oleh ribosom terikat RE. Beliau menginkubasi sel suatu eukariotik menggunakan asam amino metionin berlabel radioaktif (*pulse*) selama 30 menit, kemudian mencuci sel dari molekul radioaktif serta menghentikan seluruh proses transkripsi dan translasi. Setiap waktu tertentu, Koh Alfred melakukan SDS PAGE dan autoradiografi (*chase*) untuk melihat perkembangan protein spesifik yang ia amati seperti yang ditunjukkan hasil berikut. Sebagai pembandingan, Koh Alfred juga mengamati proses yang sama pada sel mutan delesi gen pengode enzim glikosilasi pada badan golgi.

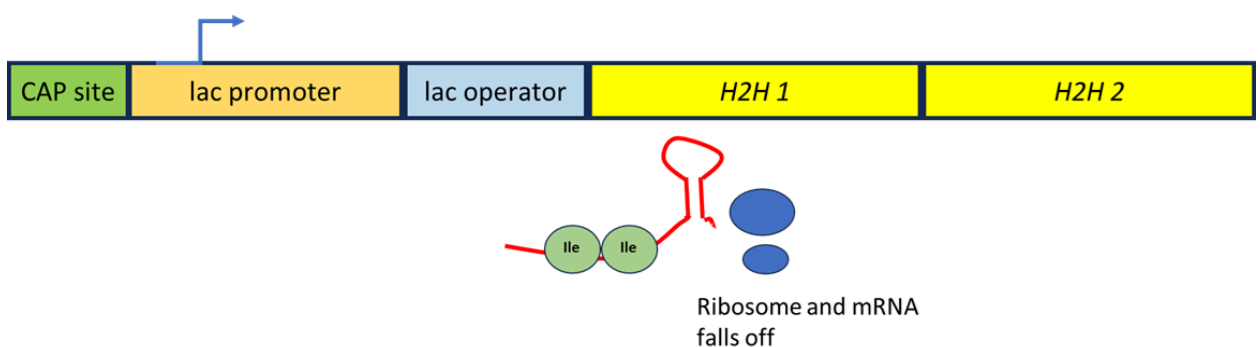


Gambar 1. Hasil yang diperoleh Koh Alfred.

Tentukan apakah pernyataan berikut benar (B) atau salah (S)!

- Sampel protein yang digunakan untuk SDS PAGE dan autoradiografi kemungkinan berasal dari fraksi ekstraseluler atau membran plasma.
- Dapat disimpulkan bahwa protein yang memiliki gugus gula lebih resisten terhadap degradasi dibandingkan tanpa gula.
- Penambahan gula masih dapat terjadi sekalipun enzim glikosilasi terdeslesi, kemungkinan melalui jalur alternatif atau menggunakan enzim lain.
- Jika pencucian sel tidak diikuti dengan penghentian transkripsi dan translasi, pita hasil radiografi akan memiliki ketebalan yang konstan hingga jam ke-24 tahap *chase*.

10. Carmen mengintegrasikan promoter sintetik yang serupa dengan promoter lac dengan gen-gen penyandi enzim "H2H 1" dan "H2H 2" untuk sintesis metabolit "style". mRNA dari gen penyandi "H2H 1" memiliki sekuens penyandi *leader peptide* pada bagian 5'-nya yang kaya akan kodon untuk asam amino isoleusin (Ile).



Skema promoter sintetik

Galur *E. coli* rekombinan tersebut ditumbuhkan pada media minimal (MM) dengan 4 perlakuan penambahan sumber karbon dan asam amino yang berbeda.

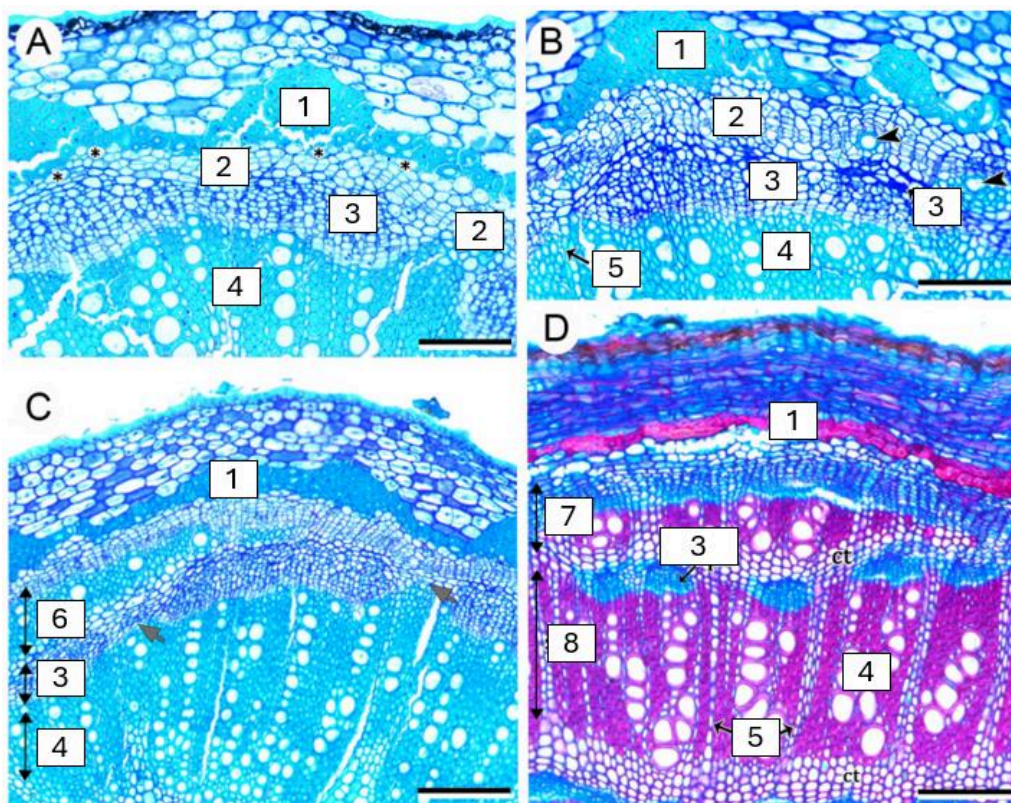
- glukosa + IPTG + isoleusin
- laktosa + campuran 20 asam amino
- IPTG + campuran 20 asam amino

Jika diketahui IPTG adalah analog dari alolaktosa dan metabolit meningkatkan ekspresi gen adenylate cyclase yang terkait dengan produksi cAMP, tentukan apakah pernyataan berikut Benar (B) atau Salah (S)!

- Jika promoter sintetik tersebut dipindahkan ke *Salmonella* (berkerabat dekat dengan *E. coli*) yang tidak memiliki operon lac, maka *B. subtilis* tersebut akan menghasilkan metabolit "style" apabila ditumbuhkan di MM + glukosa + $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$
- E. coli* rekombinan yang ditumbuhkan pada media III akan menghasilkan metabolit "style" dalam titer paling tinggi jika dibandingkan *E. coli* rekombinan yang ditumbuhkan pada ketiga media lainnya
- mRNA utuh dari operon sintetik diatas lebih banyak dihasilkan pada *E. coli* rekombinan yang ditumbuhkan pada media I daripada media II.
- Gen *lacZ* akan diekspresikan di *E. coli* yang ditumbuhkan di media II.

ANATOMI FISILOGI TUMBUHAN

- Pola perkembangan organ merupakan salah satu variasi yang menyebabkan tumbuhan memiliki keanekaragaman fenotipe. Pengamatan perkembangan sekunder batang dari suatu tumbuhan memperlihatkan sayatan melintang seperti Gambar di bawah. Urutan umur batang dari yang paling muda hingga yang paling tua secara berurutan ditunjukkan oleh sayatan pada Gambar A, B, C, dan D. Selain itu, diketahui pula bahwa pewarna yang digunakan untuk menghasilkan sayatan pada Gambar A, B, dan C berbeda dengan Gambar D.

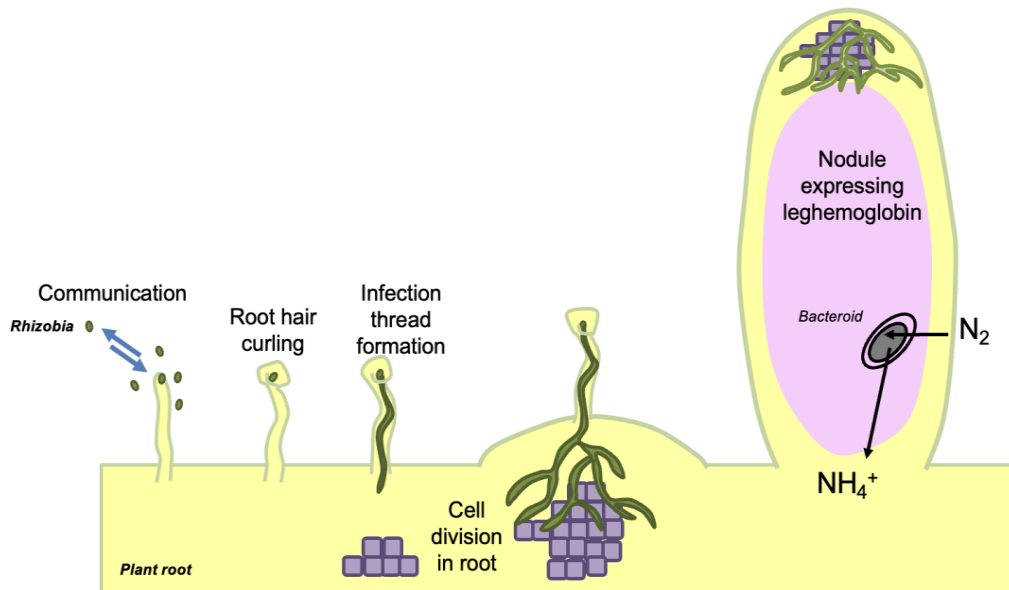


Keterangan: Nomor yang sama pada Gambar yang berbeda menunjukkan struktur yang sama.

Tentukan apakah pernyataan berikut Benar (B) atau Salah (S)!

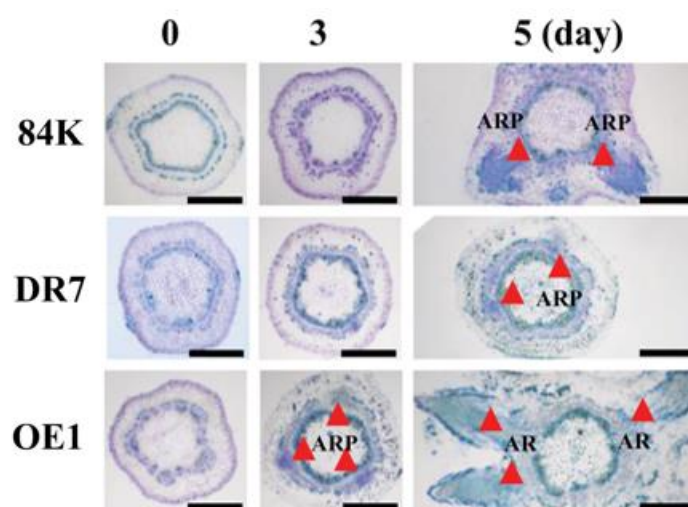
- Komponen dinding sel utama pada struktur 1 adalah lignin.
- Struktur 2 memiliki karakteristik rasio nukleus terhadap sitoplasma yang kecil.
- Parenkim floem pada tumbuhan ini berdiferensiasi menjadi kambium baru yang kemudian membentuk struktur 7.
- Diferensiasi struktur 2 akan menghasilkan jaringan 3 dan 4.

12. Perhatikan gambar berikut yang menunjukkan tahapan umum pembentukan bintil akar (*root nodule*) pada interaksi mutualistik antara tumbuhan legum dan bakteri *Rhizobium* di bawah ini.



Tentukan apakah pernyataan berikut Benar (B) atau Salah (S)!

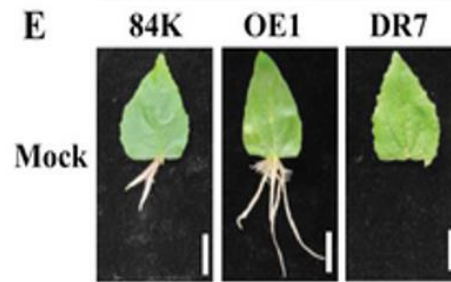
- Jika gen tanaman yang menyandi reseptor Nod factor (NFR) mengalami mutasi, maka *Rhizobium* masih dapat menembus rambut akar melalui pembentukan infection thread, tetapi tidak dapat menginduksi pembelahan korteks sehingga nodul tidak terbentuk.
 - Infection thread terbentuk melalui ekspansi aktif dinding sel bakteri ke dalam rambut akar, sehingga bakteri dapat secara mandiri menembus jaringan akar menuju korteks
 - Ketika nodul dewasa terbentuk, nitrogenase pada bakteroid hanya aktif pada kondisi anaerobik
 - Jika tanaman diberikan nitrogen dalam jumlah tinggi di tanah, proses nodulasi tetap berlangsung normal, tetapi aktivitas nitrogenase dalam nodul menurun
13. Akar adventif merupakan akar yang terbentuk dari struktur selain radikula. Gambar di bawah memperlihatkan pembentukan akar adventif pada suatu tumbuhan.



Keterangan: Tumbuhan 84K merupakan tumbuhan non-transgenik, sedangkan tumbuhan DR7 dan OE1 merupakan tumbuhan transgenik. Tumbuhan DR7 dan OE1 berturut-turut memiliki inhibisi ekspresi dan overekspresi gen *PagWOX11/12a*.

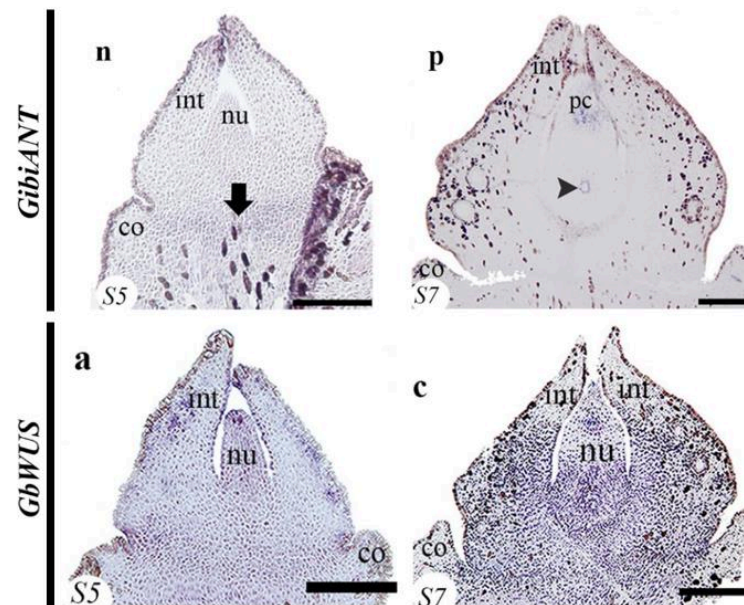
Tentukan apakah pernyataan berikut Benar (B) atau Salah (S)!

- A. Spesimen di atas termasuk ke dalam kelompok Monokotil.
B. Gambar di atas merupakan sayatan melintang dari percobaan seperti gambar di bawah.



- C. Gen *PagWOX11/12a* berfungsi untuk menghambat pembentukan akar adventif.
D. Gen *PagWOX11/12a* membantu adaptasi tumbuhan pada kondisi terendam air.

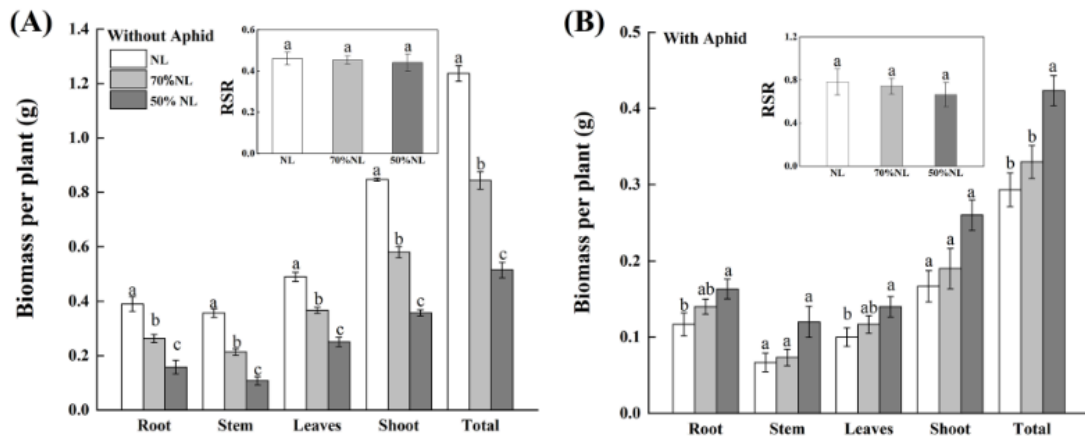
14. Gambar di bawah memperlihatkan hasil hibridisasi *in situ* dari struktur betina pada suatu tumbuhan berbiji. Ekspresi dari gen *GibiANT* dan *GbWUS* yang positif, pada tahapan S5 maupun S7, ditunjukkan oleh warna ungu gelap.



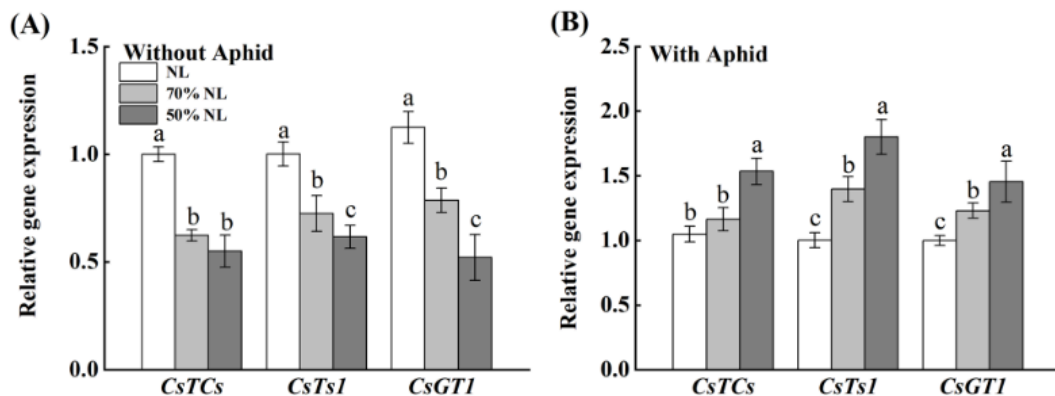
Tentukan apakah pernyataan berikut Benar (B) atau Salah (S)!

- A. Sayatan di atas kemungkinan besar berasal dari tumbuhan yang memiliki endosperm.
B. Ekspresi gen *GibiANT* relatif tinggi pada sel-sel di sekitar mikropil saat tahapan S5.
C. Gen *GbWUS* secara normal dihambat pada struktur yang akan membentuk lapisan pelindung biji.
D. Perkembangan ovul membutuhkan ekspresi kedua gen yang relatif tinggi dan merata.

15. Teh merupakan tanaman dengan produk daun populer yang banyak ditanam secara monokultur di area tropis dan subtropis. Kualitas produk dari tanaman teh, termasuk kadar kafein dan teanin, sangat dipengaruhi oleh nitrogen. Nutrien yang sama di sisi yang lain juga mempengaruhi serangan dari kutu daun. Data di bawah merupakan hasil eksplorasi pengaruh penurunan tingkatan pemupukan nitrogen terhadap tanaman teh tanpa atau dengan serangan kutu daun. Kesamaan huruf pada organ, kondisi serangan, dan parameter yang sama menunjukkan perbedaan yang tidak signifikan.



Keterangan: Biomassa masing-masing organ atau keseluruhan dari tiap tanaman pada teh tanpa (A) dan dengan (B) serangan kutu daun. Inset memperlihatkan rasio biomassa akar/tunas pada masing-masing perlakuan. NL = kontrol; 70% NL = penurunan tingkatan pemupukan nitrogen hingga 30%; 50% NL = penurunan tingkatan pemupukan nitrogen hingga 50%.



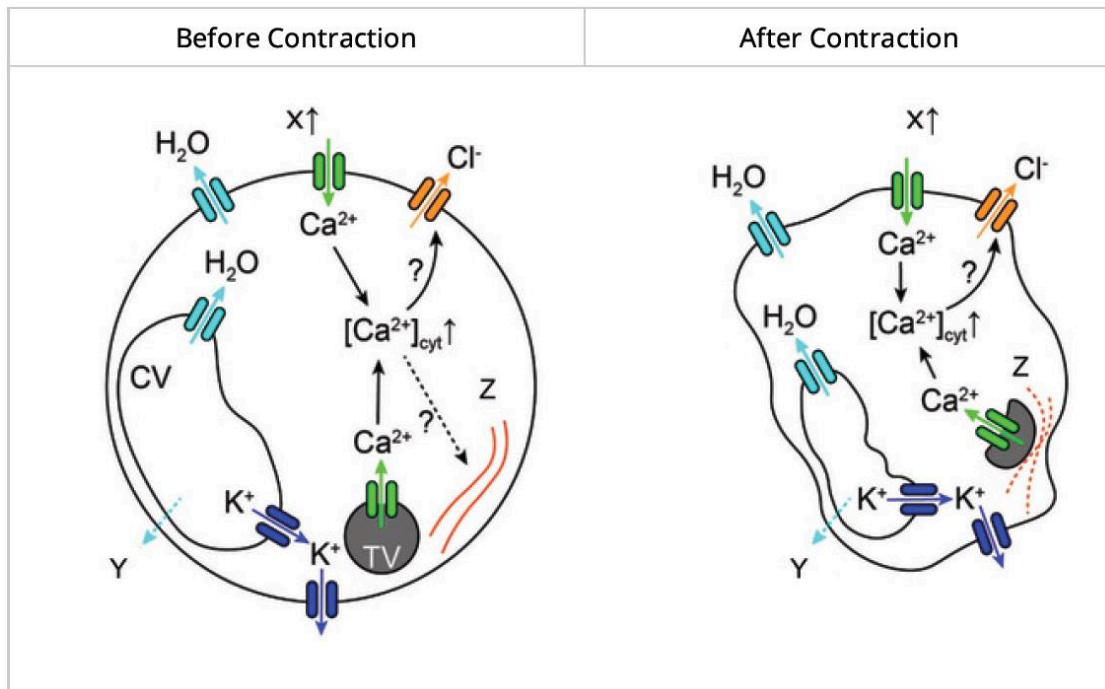
Keterangan: Tingkatan ekspresi beberapa gen relatif terhadap tanaman kontrol pada teh tanpa (A) dan dengan (B) serangan kutu daun. Gen-gen yang diukur adalah *caffeine synthase* (CsTCs), *theanine synthase* (CsTs1), dan *glycosyltransferase 1* (CsGT1).

Tentukan apakah pernyataan berikut Benar (B) atau Salah (S)!

- Saat terjadi serangan kutu daun, penurunan tingkatan pemupukan nitrogen hingga 50% tidak meningkatkan biomassa semua organ secara signifikan dibandingkan kontrol.
- Saat terjadi serangan kutu daun, penurunan tingkatan pemupukan nitrogen hingga 30% diperlukan untuk meningkatkan ekspresi ketiga gen yang dianalisis.
- Pemupukan nitrogen pada daerah bebas kutu daun diperlukan untuk menghasilkan kualitas teh yang baik.
- Penurunan tingkatan pemupukan nitrogen merupakan langkah yang kurang tepat pada daerah endemis serangan kutu daun.

- Mimosa pudica* adalah tanaman asli Karibia, Amerika Selatan, dan Amerika Tengah namun kini umum ditemukan di Filipina. Tanaman ini dikenal karena cepat menutup anak daun dan menggerakkan tangkai daunnya saat disentuh. Proses ini bergantung pada potensial aksi yang merambat di dalam tanaman, khususnya di sel motor pulvinus.

Gambar berikut menunjukkan model mekanisme kontraksi sel motor pulvinus menjelaskan kontraksi sebagai akibat hilangnya tekanan turgor.

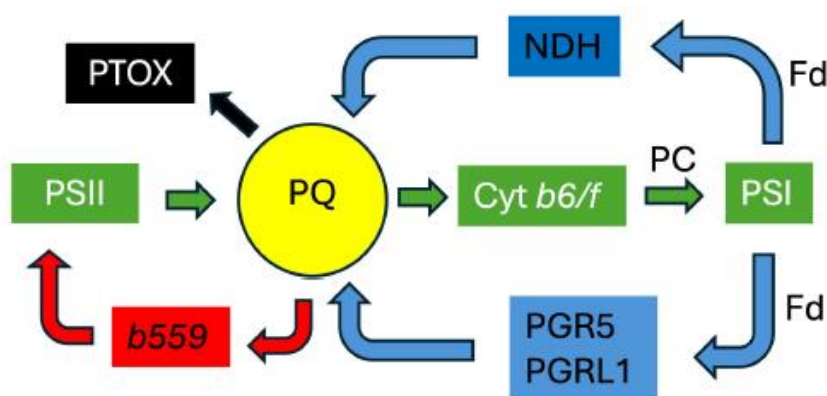


Keterangan: Struktur: X = sukrosa bermigrasi menuju apoplas; Y = vacuolar sap; Z = aktin; CV = vakuola kontraktif; TV = vakuola tannin

Tentukan pernyataan berikut Benar (B) atau Salah (S)!

- Pembukaan saluran ion yang dikendalikan tegangan memulai kontraksi.
- Masuknya ion Ca^{2+} melalui membran plasma memfasilitasi gerakan cepat melalui depolimerisasi filamen aktin.
- Air dilepaskan secara osmotik ke ruang ekstraseluler untuk mendorong perpindahan elektrolit ke daerah apoplas melalui saluran ion K^+ dan Cl^- .
- Inhibitor sintesis ATP akan menginduksi kondisi yang mirip dengan yang disebabkan oleh potensial aksi.

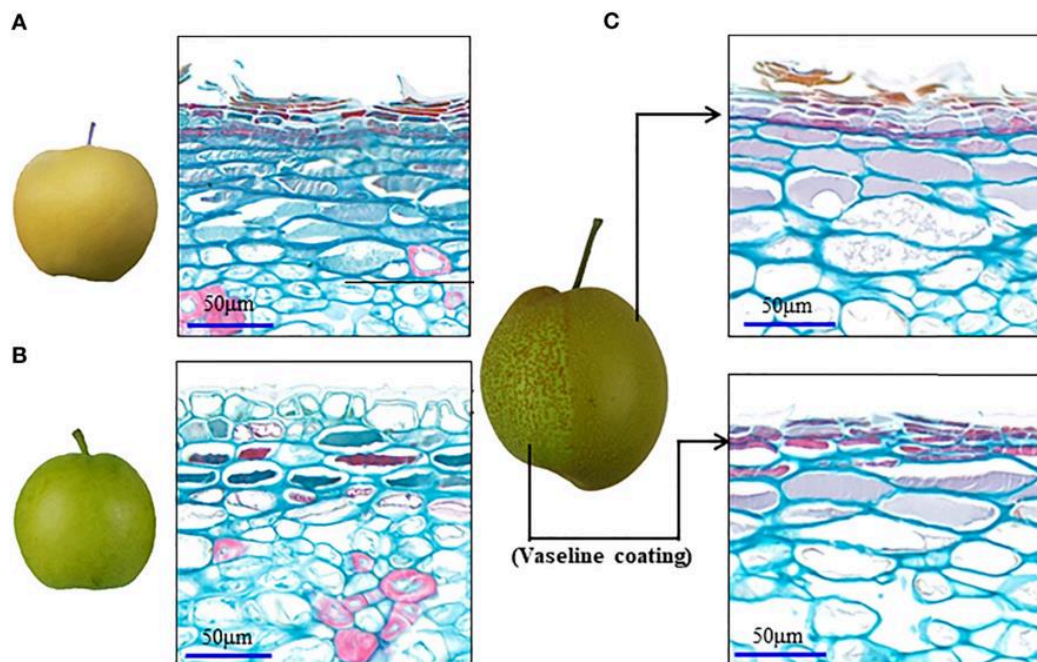
17. Plastoquinon (PQ) adalah pengangkut elektron jarak pendek dalam membran. PQ memiliki cincin benzoquinon yang terikat rantai samping poliisoprenoid hidrofobik panjang. PQ merupakan komponen penting dalam fotosintesis kloroplas tumbuhan dan berperan juga dalam fotoproteksi, cadangan antioksidan, dan biosintesis metabolit. Keadaan redoks PQ penting bagi berbagai proses termasuk aliran elektron siklik, biosintesis karotenoid, fosforilasi protein, dan ekspresi gen.



Tentukan pernyataan berikut Benar (B) atau Salah (S)!

- A. Plastoquinon tidak mudah larut ke dalam komponen lipid membran kloroplas.
- B. Jika PTOX berfungsi untuk mereoksidasi PQ, maka ketiadaan PTOX pada mutan *Arabidopsis immutans* dapat menyebabkan fenotipe variegata.
- C. Gangguan pada salah satu dari dua jalur elektron siklik di sekitar PSI akan menyebabkan PQ menjadi terlalu tereduksi.
- D. Foto-oksidasi b559 menyebabkan peningkatan reduksi pusat reaksi PSII.

18. Buah pir merupakan buah tipe pomum dengan dinding luar yang memiliki variasi alami seperti pada Gambar A dan B. Suatu perlakuan dilakukan untuk mengetahui pengaruh vaselin, senyawa hidrofobik, terhadap struktur dinding luar buah pir. Hasil perlakuan tersebut terlihat pada Gambar C. Bagian atas ke bawah pada ketiga Gambar menunjukkan sisi luar ke sisi dalam buah.



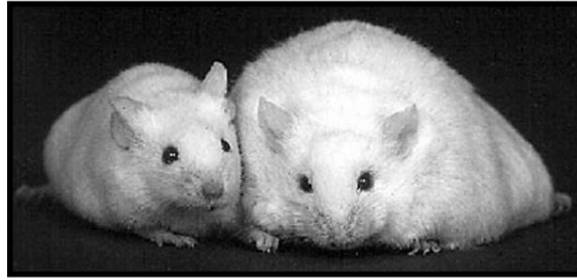
Tentukan apakah pernyataan berikut Benar (B) atau Salah (S)!

- A. Buah pir tidak memiliki variasi dalam keberadaan pertumbuhan sekunder.
- B. Perlakuan vaselin menurunkan laju pembentukan periderm pada buah pir.
- C. Pembentukan periderm berkaitan erat dengan proses evapotranspirasi pada buah pir.
- D. Lapisan periderm yang terbentuk pada buah pir terbentuk dari aktivitas epidermis.

ANATOMI FISILOGI HEWAN

19. Coleman (1973) telah meneliti peran faktor darah yang dihasilkan oleh jaringan adiposa dalam mengatur nafsu makan. Penelitian ini dikenal karena menggunakan metode yang unik, yaitu menggabungkan dua individu mencit melalui pembedahan kulit dari daerah pundak (tungkai depan) hingga pelvis, sehingga setelah 3–4 hari keduanya berbagi sebagian kecil sistem peredaran darah yang sama.

Dalam studi ini, Coleman menggunakan dua galur mencit mutan dengan gen yang berbeda: *ob/ob* (obesitas) dan *db/db* (diabetik). Keduanya menunjukkan perilaku makan berlebih (hiperfagia). Data berikut menunjukkan perubahan massa tubuh masing-masing individu setelah digabungkan dengan berbagai galur mencit lain selama 8 minggu.



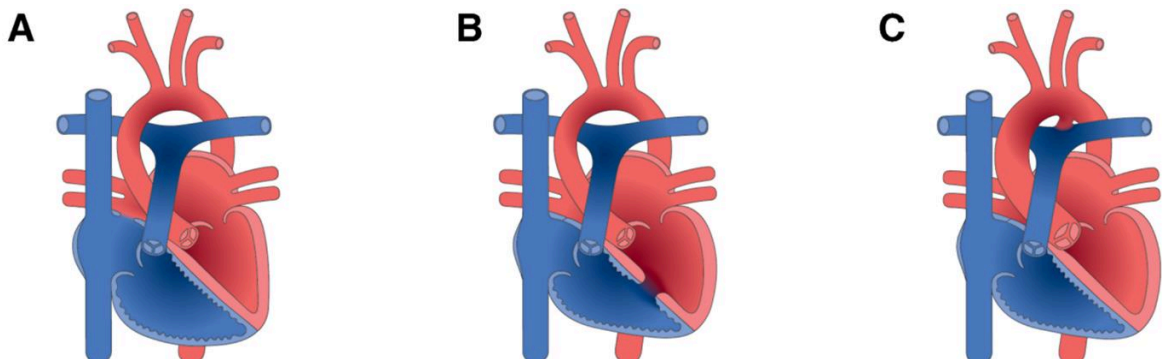
Contoh hasil penggabungan individu mencit

Eksperimen	Genotipe subjek	Genotipe pasangan	Rata-rata perubahan massa tubuh subjek (g)	Rata-rata perubahan massa tubuh pasangan (g)
1	$ob^+/ob^+ db^+/db^+$	$ob^+/ob^+ db^+/db^+$	8.27	8.31
2	$ob/ob db^+/db^+$	$ob/ob db^+/db^+$	39.41	36.50
3	$ob/ob db^+/db^+$	$ob^+/ob^+ db^+/db^+$	8.32	8.33
4	$ob/ob db^+/db^+$	$ob^+/ob^+ db/db$	-14.91	33.78

Tentukan apakah pernyataan berikut ini Benar (B) atau Salah (S)!

- A. Kedua galur mutan mencit mengalami gangguan nafsu makan pada jalur yang melibatkan faktor darah yang sama.
- B. Protein dari hasil ekspresi gen *ob* disekresikan ke luar sel adiposit.
- C. Injeksi ghrelin berkala hanya pada subjek *ob/ob* di eksperimen 2 sudah cukup untuk menurunkan rata-rata perubahan massa tubuh kedua mencit.
- D. Injeksi PYY berkala hanya pada subjek *ob/ob* di eksperimen 4 sudah cukup untuk menurunkan rata-rata perubahan massa tubuh kedua mencit.

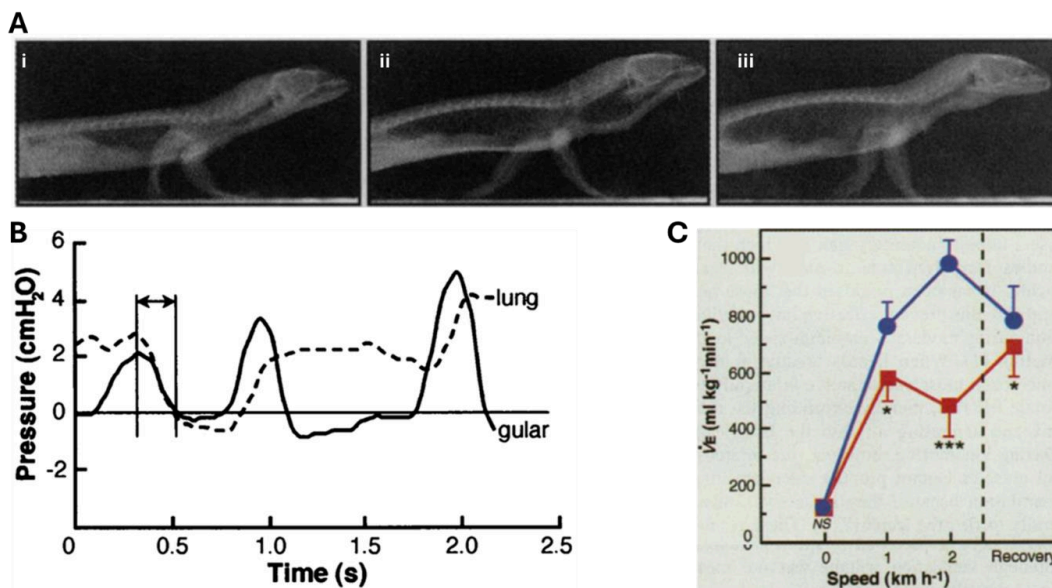
20. *Cardiac shunt* merupakan abnormalitas sirkulasi darah di mana darah mengalir ke jalur yang tidak semestinya. Hal ini disebabkan oleh terbentuknya koneksi baru antara dua bagian jantung atau pembuluh darah besar yang seharusnya tidak berhubungan secara langsung. Secara umum, *cardiac shunt* dibedakan menjadi *left-to-right shunt* (aliran darah dari bagian kiri jantung ke bagian kanan) dan *right-to-left shunt* (aliran darah dari bagian kanan jantung ke bagian kiri). Pada manusia, *cardiac shunt* pada umumnya disebabkan oleh kelainan jantung kongenital. Gambar berikut menunjukkan struktur jantung yang mengalami tiga jenis kelainan dengan *cardiac shunt*.



Tentukan apakah pernyataan berikut benar (B) atau salah (S)!

- A. Ketiga jenis kelainan jantung di atas lebih mungkin menyebabkan *left-to-right shunt* daripada *right-to-left shunt*.
- B. Jika individu penderita kelainan jantung di atas bertahan hidup hingga dewasa, kelainan A dapat menyebabkan penebalan dinding ruang jantung kanan sementara kelainan B dapat menyebabkan dinding ruang jantung kiri mengalami penebalan.
- C. Kelainan C dapat menyebabkan penebalan dinding aorta dan arteri pulmoner.
- D. Di antara ketiga kelainan tersebut, hanya dua kelainan yang menyebabkan peningkatan resistensi sirkuit pulmoner.

21. Lokomosi pada beberapa hewan, seperti biawak, melibatkan pembengkokan (fleks) tubuh ke arah lateral. Hal ini dapat menurunkan efektivitas ventilasi. Fenomena ini disebut sebagai *axial constraint*. Data berikut menunjukkan mekanisme ventilasi pada biawak *Varanus exanthematicus* yang berjalan di atas *treadmill*. Diketahui bahwa ventilasi pada biawak melibatkan rongga di daerah leher (disebut *gular cavity*).

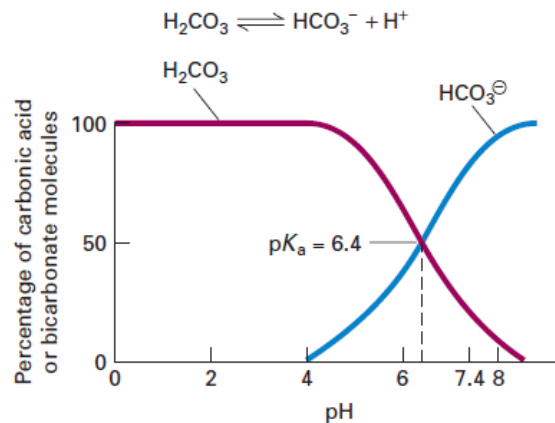


Keterangan: (A) Hasil *x-ray imaging* biawak *V. exanthematicus* yang berjalan di atas *treadmill*. Gambar i – iii menunjukkan fase yang berbeda dari mekanisme ventilasi biawak tersebut. (B) Perubahan tekanan paru-paru dan *gular cavity* biawak ketika berjalan. (C) Perubahan *minute ventilation* (volume udara yang diventilasi selama 1 menit) sebagai respons terhadap perubahan kecepatan biawak ketika berjalan di atas *treadmill*. Garis biru menunjukkan biawak kontrol sementara garis merah menunjukkan biawak yang aktivitas *gular cavity*-nya dihambat. Tanda * menunjukkan perbedaan nilai yang signifikan terhadap kontrol.

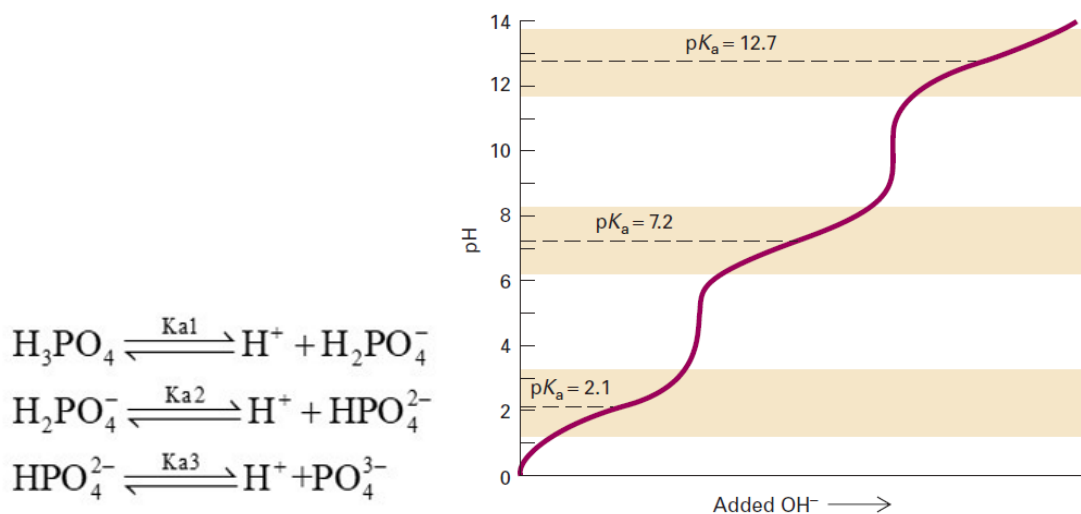
Tentukan apakah pernyataan berikut benar (B) atau salah (S)!

- A. Fase ventilasi yang ditunjukkan oleh gambar A-ii terjadi di waktu 0,85 – 0,95 detik pada gambar B.
- B. Dalam eksperimen tersebut, laju pernafasan biawak sekitar 60 kali per menit.
- C. Biawak mengalami *axial constraint* ketika berjalan. Peran *gular cavity* dalam ventilasi dapat mengurangi dampak negatif *axial constraint*.
- D. Mekanisme ventilasi biawak pada gambar A-iii hanya melibatkan tekanan positif.

22. pH cairan tubuh, termasuk darah, dijaga oleh sistem *buffer* yang didominasi oleh pasangan asam karbonat-bikarbonat, dengan kisaran pH normal sekitar 7,35 – 7,45. *Buffer* memiliki kemampuan paling baik dalam menjaga pH ketika 50% ion hidrogen lepas dari molekul. Pada kondisi inilah sistem larutan paling resisten terhadap perubahan pH. Dalam kasus *buffer* darah, asam karbonat kehilangan 50% ion hidrogennya pada pH sekitar 6,4. Nilai tersebut melenceng dari pH normal darah akibat masih adanya peran berbagai molekul lain. Sebagai tambahan, ion bikarbonat (HCO_3^-) sebenarnya masih dapat melepaskan ion hidrogen menjadi CO_3^{2-} dengan nilai pKa sekitar 10,32. Berikut adalah reaksi *buffer* karbonat di dalam tubuh.



Anda mencoba membuat organisme sintetik dengan sistem *buffer* yang terutama terdiri atas larutan asam fosfat (H_3PO_4) dan basa-basa konjugatnya. Gambar di bawah ini menunjukkan reaksi disosiasi asam fosfat dan kurva titrasinya.



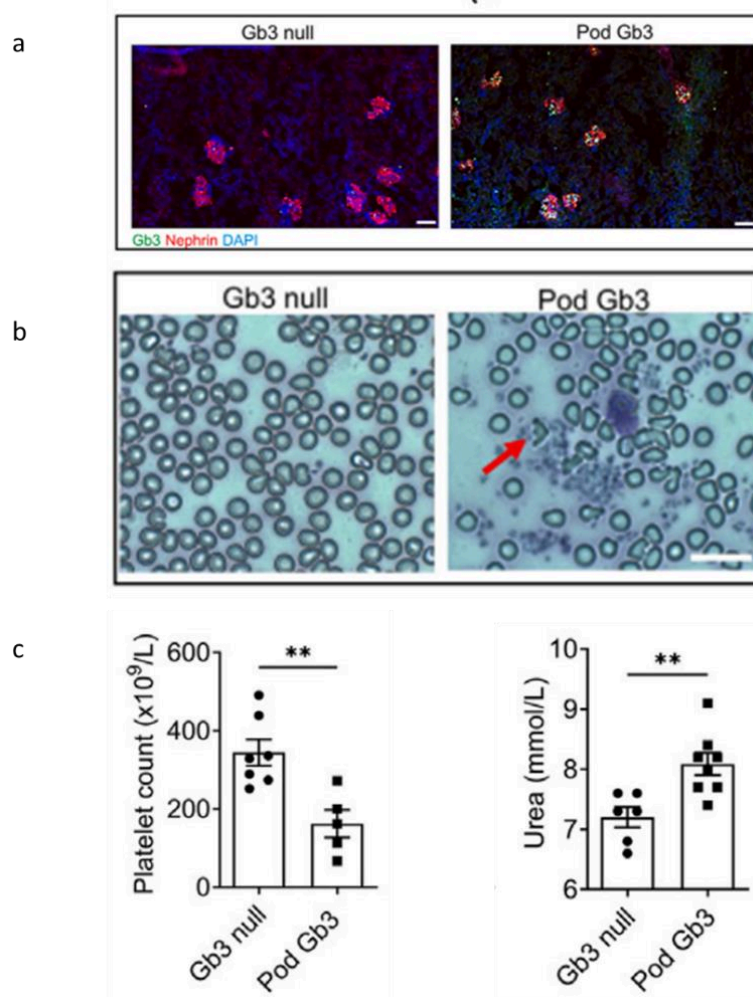
Tentukan apakah pernyataan berikut benar (B) atau salah (S)!

- A. Pada kondisi normal, pH darah akan semakin meningkat jika manusia mengonsumsi semakin banyak air murni.
- B. Apabila hewan sintetik ingin memiliki pH cairan tubuh di kisaran 2,1, sistem *buffer* fosfat berikut adalah yang paling sesuai.



- C. Sistem penjaga pH paling baik dari *buffer* asam fosfat adalah pada kisaran pH 5 atau 10.
- D. Denaturasi protein-protein terlarut plasma akan terjadi baik ketika pH *buffer* cairan tubuh kurang dari maupun lebih dari kisaran pH normal.

23. *Shiga toxin* (stx) diproduksi oleh *E. coli* dan bertanggung jawab terhadap kerusakan ginjal pada anak. Mekanisme toksin ini dalam memicu terjadinya kerusakan ginjal masih belum jelas sehingga Bowen *et al.* (2023) tertarik untuk mengetahui mekanismenya. Ilmuwan telah mengetahui bahwa Gb3 merupakan reseptor stx yang terletak di permukaan sel. Untuk mengetahui distribusi dan pengaruh stx di dalam tubuh, pertama peneliti menginduksi ekspresi gen Gb3 pada tikus transgenik yang mengalami *knock-out* gen Gb3 (*Gb3 null*) dan tikus normal (*Pod Gb3*), sebelum akhirnya disuntik dengan stx. Data berikut menunjukkan akibat penyuntikan pada kedua jenis tikus.

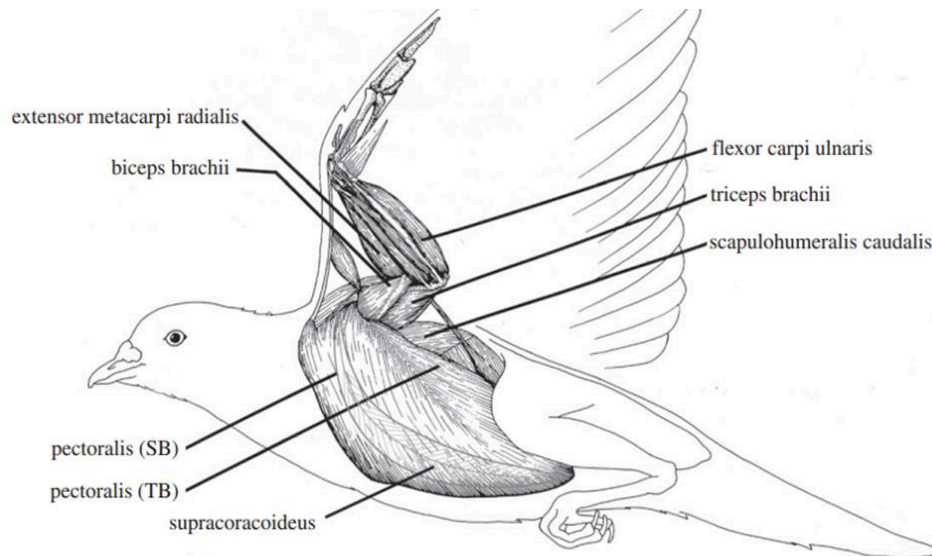


Keterangan: (A) Hasil imunohistokimia. Nephron merupakan protein yang spesifik ditemukan di ginjal sedangkan DAPI mewarnai asam nukleat. (B) Hasil pengamatan sel darah merah pada kedua jenis tikus akibat penyuntikan stx. (C) Konsentrasi platelet dan urea dalam plasma pada kedua jenis tikus akibat penyuntikan stx

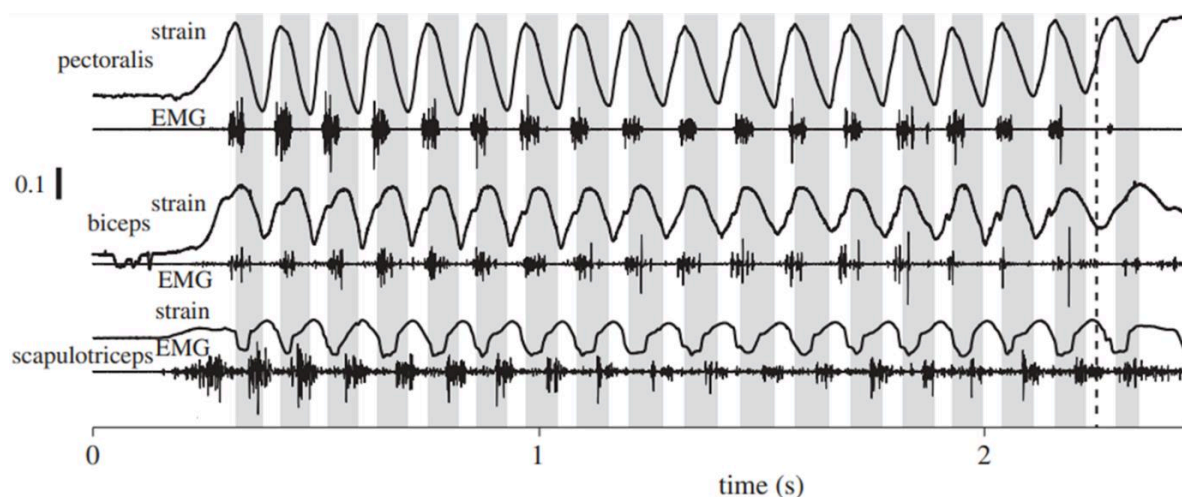
Tentukan apakah pernyataan berikut ini benar (B) atau salah (S)!

- Hasil penelitian menunjukkan bahwa Gb3 juga ditemukan pada sel darah merah, selain di ginjal.
- Jika dilakukan pengukuran kadar Hb setelah infeksi stx, tikus *Gb3 null* akan memiliki kadar Hb yang lebih tinggi daripada tikus *Gb3 Pod*.
- Gambar A menunjukkan lokasi medula ginjal
- Stx menyebabkan kerusakan pembuluh darah di ginjal yang berakibat pada penurunan laju filtrasi ginjal.

24. Gambar di bawah ini menunjukkan anatomi otot-otot yang terlibat dalam gerakan mengangkat dan menurunkan sayap pada burung merpati.



Data berikut menunjukkan aktivitas tiga jenis otot yang terlibat dalam pergerakan sayap selama burung merpati terbang.

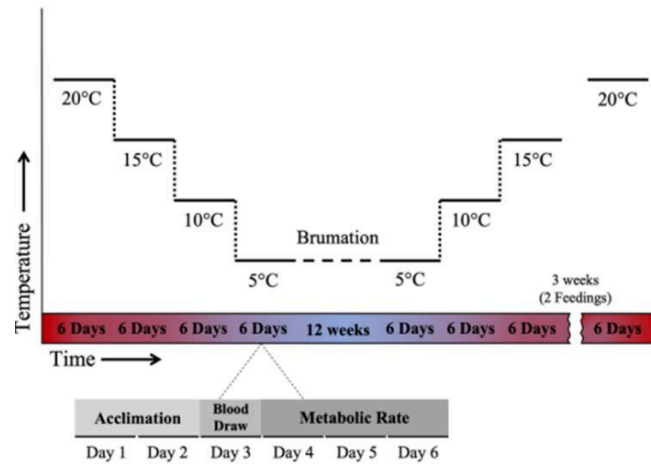


Keterangan: Perubahan *muscle strain* dan aktivasi otot (diukur melalui EMG) *pectoralis*, *biceps brachii*, dan *scapulotriceps* selama burung merpati terbang. *Muscle strain* dinyatakan sebagai L/L_0 di mana L_0 merupakan panjang otot dalam kondisi istirahat dan L merupakan panjang otot ketika terjadi pergerakan. Latar berwarna abu-abu dan putih menunjukkan perbedaan gerakan sayap (naik atau turun).

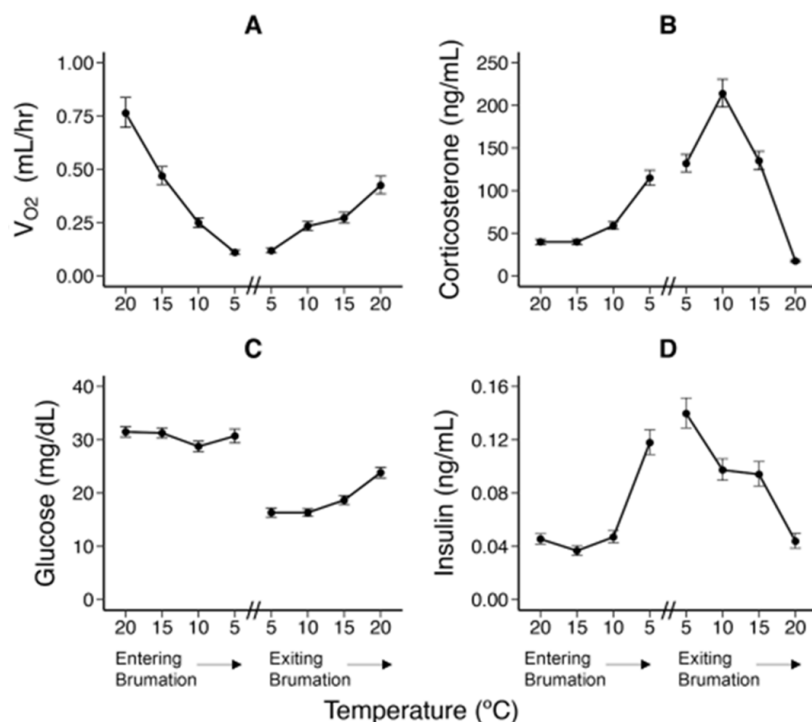
Tentukan apakah pernyataan berikut benar (B) atau salah (S)!

- Gaya yang dihasilkan dari kontraksi otot berkorelasi negatif dengan *muscle strain*.
- Latar abu-abu menunjukkan gerakan mengangkat sayap (*upstroke*), sedangkan latar putih menunjukkan gerakan yang sebaliknya (*downstroke*).
- Burung merpati melakukan 8 – 9 kepakan sayap per detik ketika terbang.
- Ketika melakukan gerakan mengangkat sayap, otot *biceps brachii* berkontraksi sementara otot *scapulotriceps* mengalami relaksasi.

25. Sebagian hewan ektoterm yang hidup di daerah temperata menjadi inaktif atau dorman selama musim dingin. Peristiwa ini disebut sebagai *brumation*. Sama seperti hibernasi, berbagai aktivitas fisiologis (metabolisme, *heart rate*, dan kebutuhan energi) mengalami penurunan selama *brumation*. Gambar berikut menjelaskan desain eksperimen untuk mempelajari perubahan fisiologis ular *Thamnophis marcianus* sebelum, selama, dan setelah *brumation*.



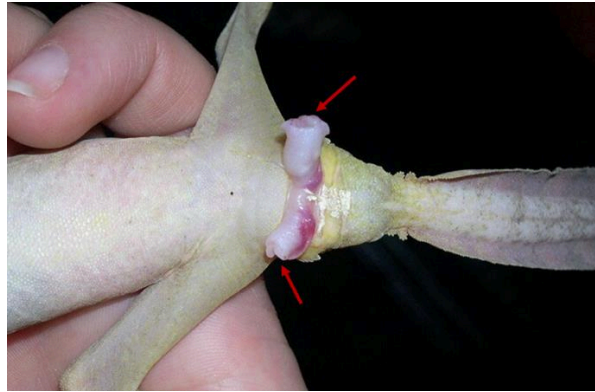
Dari eksperimen tersebut diperoleh data berbagai parameter fisiologis, yaitu laju konsumsi oksigen (A), konsentrasi kortikosteron plasma (B), konsentrasi glukosa plasma (C), dan konsentrasi insulin plasma (D). Data tersebut disajikan pada gambar di bawah ini.



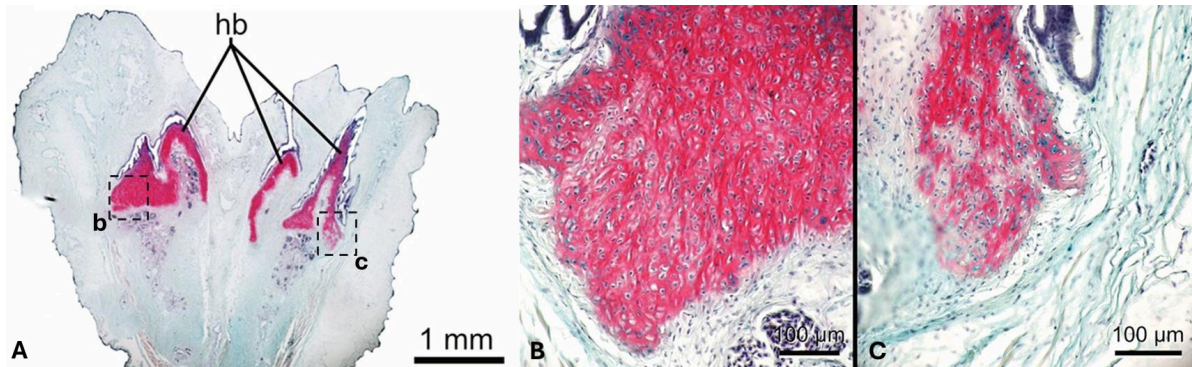
Tentukan apakah pernyataan berikut benar (B) atau salah (S)!

- A. *Brumation* menyebabkan penurunan sensitivitas laju metabolisme terhadap suhu.
- B. Sebagai respons terhadap suhu lingkungan yang rendah, penurunan kadar glukosa plasma hanya terjadi akibat paparan suhu rendah secara kronis.
- C. Aktivitas sel-sel imun kemungkinan mengalami penurunan selama *brumation*.
- D. Paparan suhu rendah meningkatkan resistensi insulin.

26. Reptil seperti buaya, kadal, dan ular memiliki organ kopulasi pada individu jantannya. Organ ini disebut hemipenis. Berikut merupakan hemipenis (tanda panah) dari salah satu spesies kadal.



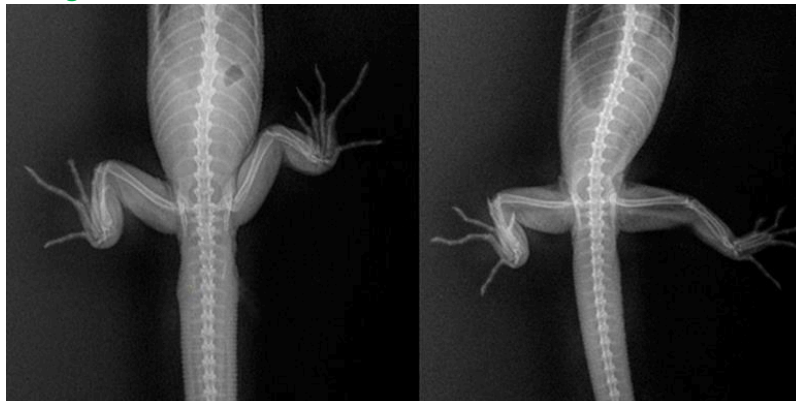
Gambar berikut merupakan sayatan histologis hemipenis kadal tersebut yang diwarnai dengan *Hall-Brundt quadruple stain*. Pewarna ini dapat membedakan jaringan yang termineralisasi (berwarna merah) dengan jaringan lain.



Keterangan: (A) Sayatan histologis utuh hemipenis kadal. (B – C) Perbesaran lebih tinggi untuk bagian yang ditandai oleh kotak pada gambar A.

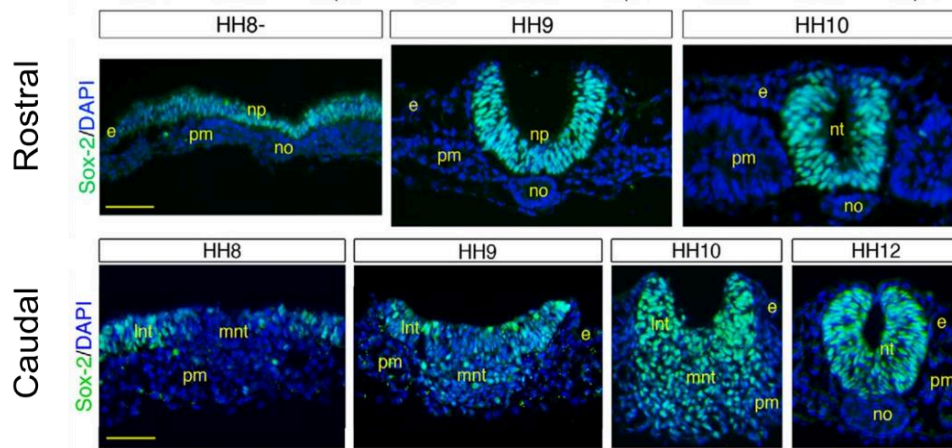
Tentukan apakah pernyataan berikut benar (B) atau salah (S)!

- Saluran reproduksi jantan pada kadal bermuara di hemipenis.
- Struktur bertanda hb pada gambar A tersusun atas jaringan tulang kompak dan jaringan ikat padat.
- Berikut merupakan hasil *x-ray imaging* kadal. Gambar sebelah kiri merupakan individu jantan sementara gambar kanan berasal dari individu betina.

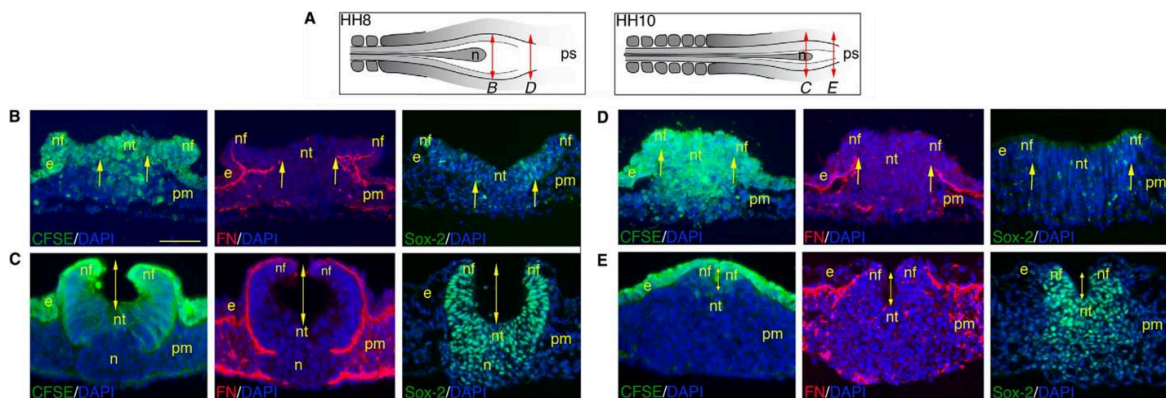


- Kemungkinan terdapat jaringan otot rangka di hemipenis kadal yang berfungsi untuk mengeluarkan dan menarik kembali hemipenis.

27. Studi oleh Dady *et al.* (2014) berhasil mengobservasi proses neurulasi yang terjadi di sepanjang sumbu tubuh embrio ayam. Pengamatan diamati dari sayatan melintang embrio di daerah rostral, peralihan, dan kaudal yang turut diberi pewarnaan imunolokalisasi untuk beberapa protein target. Daerah peralihan didefinisikan sebagai zona antara bekas nodus Hensen (n) dan *primitive streak* (ps).



Gambar 1. Proses neurulasi selama perkembangan embrio ayam (HH = tahap usia oleh Hamburger-Hamilton) pada daerah rostral dan kaudal. Nukleus sel diwarnai oleh DAPI (biru gelap). Keterangan: np = *neural plate*, nt = *neural tube*, no = notokord, pm = mesoderm paraksial, Sox-2 = *marker* progenitor saraf.

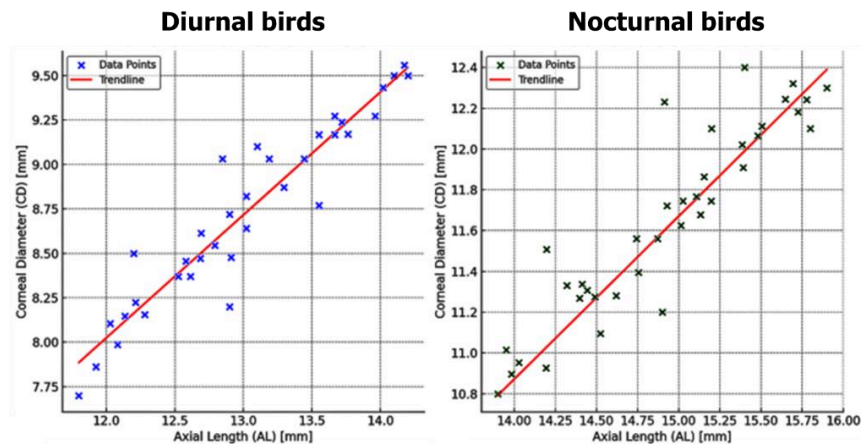


Gambar 2. Proses neurulasi selama perkembangan embrio ayam di sepanjang daerah peralihan. Notasi B-E pada gambar A merupakan posisi asal setiap sayatan melintang pada gambar B-E. Keterangan: nf = *neural fold*, CFSE = *marker* sel turunan lapisan superfisial blastoderm, FN = fibronektin (matriks ekstraseluler). Seluruh gambar ditangkap pada perbesaran yang sama.

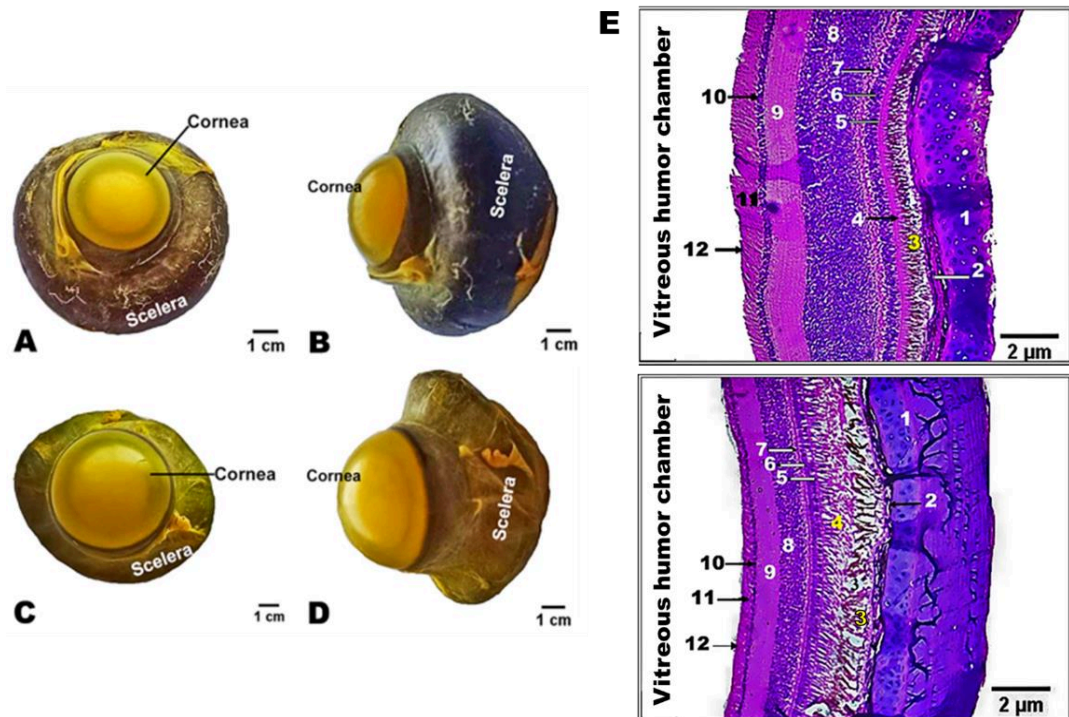
Berdasarkan data di atas, tentukan apakah pernyataan di bawah ini Benar (B) atau Salah (S)!

- Notokord mendukung pembentukan *neural tube* dengan memicu ingresi sel-sel ektoderm.
- Peningkatan ekspresi Sox-2 pada sel ektoderm memicu penyempitan luas membran plasma di sisi apikal.
- Pada daerah peralihan, ukuran lumen *neural tube* ditentukan oleh proporsi sel ektoderm yang mempertahankan sifat epitel.
- Seluruh sel penyusun *neural tube* di sepanjang sumbu rostral-kaudal embrio ayam berasal dari epiblas.

28. Berdasarkan studi morfometri beberapa spesies burung diurnal dan nokturnal, diperoleh rasio antara diameter kornea (CD) dengan panjang aksial mata (AL) sebagai berikut. Panjang aksial mata merupakan jarak antara titik terluar kornea sampai permukaan retina.



Anda kemudian mempelajari awetan basah bola mata dan sayatan retina-koroid dari dua spesies burung predator, *F. t. ruficollaeformis* (*Ftr*) dan *A. t. glaucus* (*Atg*).

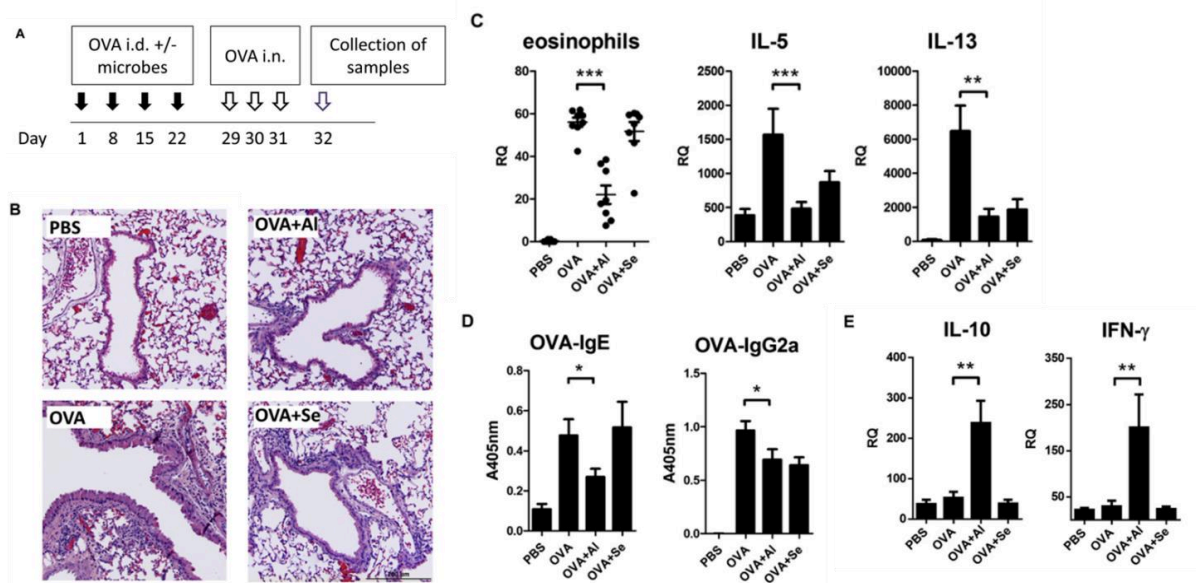


Keterangan: Awetan basah bola mata burung (**A, B**) *Ftr* dan (**C, D**) *Atg*. (**E**) Sayatan histologis retina-koroid dari *Ftr* (atas) dan *Atg* (bawah) yang diwarnai dengan hematoxylin-eosin.

Tentukan apakah pernyataan berikut ini Benar (B) atau Salah (S)!

- Bentuk bola mata kedua spesies burung di atas turut dipertahankan oleh jaringan rawan yang banyak menyusun persendian rangka manusia.
- Angka 10-12 menunjukkan lapisan retina yang kaya akan sel-sel mengandung pigmen sensitif cahaya.
- Luas bidang pandang monokuler spesies *Atg* lebih besar dibandingkan *Ftr*.
- Proporsi sel batang terdepolarisasi selama rangkaian penggunaan aktif mata harian akan lebih tinggi pada burung dengan rasio CD : AL yang lebih tinggi.

29. Tingginya populasi bakteri humus *Acinetobacter* pada mikrobiota kulit anak-anak diduga menurunkan kerentanannya dalam mengidap alergi. Suatu eksperimen dilakukan untuk membuktikan korelasi kasus tersebut dengan menginjeksikan mencit secara intradermal dengan larutan PBS (*phosphate buffered saline*), larutan OVA (alergen ovalbumin) dengan atau tanpa *Acinetobacter* (Al), serta larutan OVA yang mengandung bakteri kulit yang telah terbukti tidak menurunkan kerentanan alergi pada anak-anak (Se). Setelah beberapa kali diinjeksi selama tiga minggu, mencit-mencit tersebut kemudian dipaparkan OVA selama 3 hari secara intranasal untuk memicu reaksi alergi. Beberapa uji yang dilakukan pada perolehan sampel cairan bronkoalveolar, jaringan paru-paru, dan serum darah memperoleh data sebagai berikut.

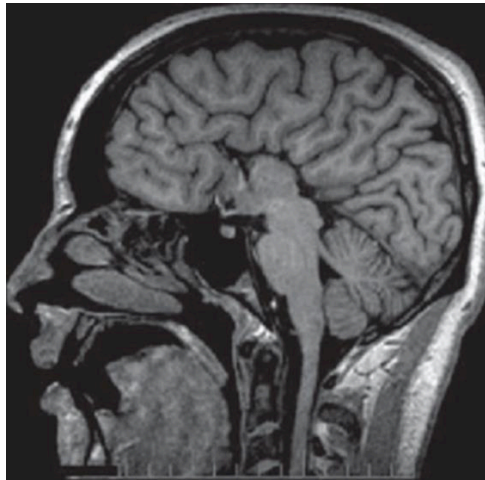


Keterangan: (A) Alur eksperimen (i.d. = intradermal, i.n. = intranasal). (B) Sayatan paru-paru mencit dari setiap perlakuan. (C) Jumlah eosinofil pada sampel cairan bronkoalveolar dan kadar mRNA *il-5* dan *il-13* (sitokin sel Th2) pada jaringan paru-paru. (D) Kadar IgE dan IgG2a spesifik OVA pada serum. (E) Kadar IL-10 (sitokin antiinflamasi) dan IFN-γ (sitokin sel Th1) pada lokasi injeksi intradermal. Catatan: IL = interleukin, Th = T-helper, IFN = interferon.

Tentukan apakah pernyataan berikut ini Benar (B) atau Salah (S)!

- Selama periode sensitisasi mencit dengan OVA + bakteri *Acinetobacter* secara intradermal, terjadi perubahan profil populasi subset sel T CD4⁺ via persinyalan *antigen-presenting cell* (APC).
- Volume residu paru-paru mencit yang hanya disensitisasi dengan OVA akan meningkat sebagai respons awal terhadap pemaparan intranasal.
- Class-switching rantai berat antibodi menjadi IgG2a turut dibutuhkan dalam aktivasi respons alergi.
- Anak-anak yang tumbuh di lingkungan pertanian/perkebunan dapat diduga akan memiliki kerentanan mengidap alergi yang lebih rendah dibandingkan anak-anak yang tumbuh di lingkungan gurun.

30. Gambar di bawah ini merupakan sayatan midsagital hasil *magnetic resonance imaging* (MRI) otak dari seseorang yang mengalami gangguan dalam proses pembentukan bagian otak tertentu.

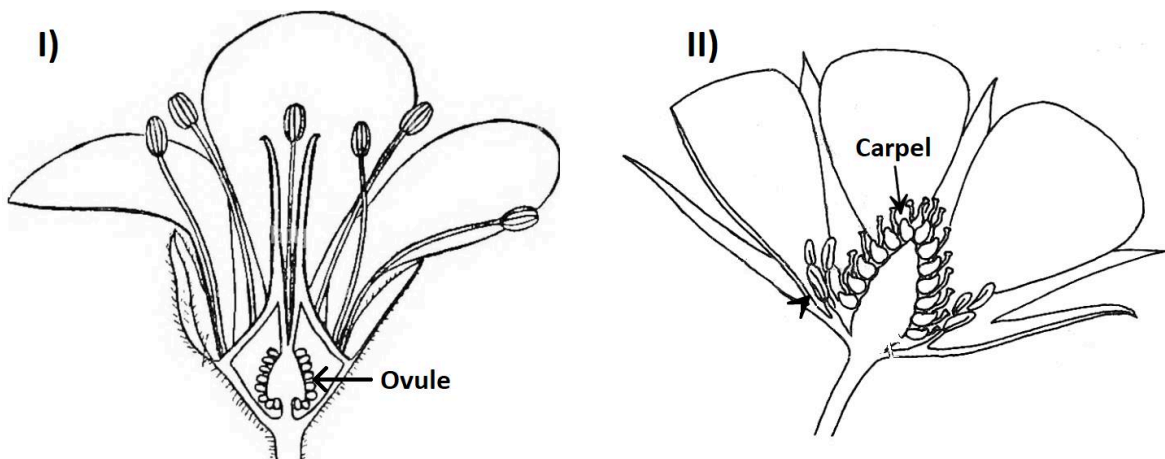


Tentukan manakah di antara pernyataan berikut yang merupakan konsekuensi dari kelainan tersebut dengan menjawab benar (B) dan yang bukan konsekuensi kelainan tersebut dengan menjawab salah (S)!

- A. Ketidakmampuan dalam membentuk emosi terutama rasa takut.
- B. Kegagalan dalam menyebutkan nama objek yang dipegang oleh tangan kiri.
- C. Sering terjatuh ketika berjalan.
- D. Hilangnya penglihatan binokuler.

GENETIKA DAN EVOLUSI

31. Anda mengamati dua buah bunga dari spesies berbeda. Bunga I memiliki karpel tunggal dengan banyak ovulum di dalamnya, sedangkan bunga II memiliki banyak karpel dan terdapat satu ovulum setiap karpelnya.



Anda mencoba meninjau 5 gen bialelik heterozigot yang bersifat independen pada kedua spesies. Jika kelima gen memiliki dominansi sempurna dan kedua bunga dipolinasi oleh polen yang berasal dari tumbuhan heterozigot untuk semua gen, tentukan apakah pernyataan berikut benar (B) atau salah (S)!

- A. Jumlah maksimal kombinasi genotipe ovulum bunga I lebih sedikit dibandingkan bunga II.
- B. Anda mengambil banyak biji yang dihasilkan setiap spesies dari fertilisasi di atas. Setelah ditumbuhkan, fenotipe anakan yang dihasilkan spesies I sama dengan spesies II.
- C. Dengan skema seperti pernyataan B, kombinasi genotipe anakan pada spesies II lebih banyak dibandingkan spesies I.
- D. Jika salah satu gen yang ditinjau berperan dalam mengatur warna buah, hasil fertilisasi pada bunga I dan II akan menghasilkan jumlah variasi fenotipe buah yang sama.

32. *Erythroblastosis fetalis* (EF) merupakan kelainan perkembangan yang disebabkan oleh aktivitas IgG ibu yang menyerang sel darah merah fetus. Peristiwa ini terjadi jika ibu dengan rhesus negatif (rh^-) mengandung anak rhesus positif (rh^+). Anak pertama dengan rhesus positif umumnya tidak mengalami kelainan. Akan tetapi, anak kedua dengan rhesus positif akan memiliki kelainan ini. Diketahui alel yang mengode rhesus positif bersifat dominan dibandingkan negatif.

Tentukan apakah pernyataan berikut Benar (B) atau Salah (S)!

- A. Antibodi fungsional dimiliki oleh baik individu rhesus positif maupun negatif, sedangkan antigen terkait hanya dimiliki individu rhesus positif.
- B. EF hanya dapat terjadi jika ayah berfenotipe rhesus positif.
- C. Anak yang mengalami EF dapat bergenotipe homozigot maupun heterozigot.
- D. Sebuah populasi diketahui berada dalam kesetimbangan Hardy-Weinberg dan frekuensi alel rhesus positif : negatif bernilai 1:1. Pasangan perkawinan acak yang dapat menghasilkan fetus EF memiliki peluang kurang dari 15%.

33. Karakter keberadaan “pantat” pada ayam Hongshan telah lama diteliti. Saat ini, gen penentu sifat *rumpleless* (tanpa pantat) telah diketahui disebabkan alel dominan R dari suatu lokus yang berada di kromosom Z. Penampakan ayam normal (A dan B) serta *rumpleless* (C dan D) dapat diamati pada gambar berikut.



Keterangan: Penampakan ayam jantan (A dan C) serta betina (B dan D).

Anda melakukan beberapa persilangan ayam Hongshan dengan skenario sebagai berikut.

- I. Ayam *rumplless* betina disilangkan dengan jantan normal menghasilkan F1. Individu jantan dan betina F1 saling disilangkan.
- II. Ayam *rumplless* jantan dan betina diambil secara acak dari populasi dan disilangkan.

Tentukan apakah pernyataan berikut benar (B) atau salah (S)!

- A. Individu F1 jantan dan betina dari persilangan I memiliki fenotipe yang sama.
- B. Pada persilangan I, proporsi F2 berfenotipe jantan *rumplless* lebih tinggi dibandingkan F2 betina berfenotipe sama.
- C. Pada persilangan II, anakan berjenis kelamin betina masih mungkin memiliki fenotipe normal maupun *rumplless*, sementara anakan jantan hanya mungkin berfenotipe *rumplless*.
- D. Sebuah populasi diketahui memiliki frekuensi alel *rumplless* sebesar 0,3. Dengan asumsi populasi berada dalam kesetimbangan Hardy-Weinberg, frekuensi fenotipe normal pada jantan bernilai lebih tinggi dibandingkan pada betina.

34. Faiq ingin memetakan lokasi dan jarak relatif 5 buah gen yang berada pada kromosom yang sama. Ia menyilangkan beberapa individu heterozigot untuk dua gen secara *testcross*. Perhitungan anakan berfenotipe parental dan rekombinan dirangkum pada tabel berikut.

No	Persilangan	Total fenotipe anakan (% dari total)	
		Fenotipe parental	Fenotipe rekombinan
1	AaBb x aabb	75	25
2	BbCc x bbcc	98	2
3	CcDd x ccdd	84	16
4	CcEe x ccee	83	17
5	BbDd x bbdd	86	14
6	AaDd x aadd	89	11
7	BbEe x bbee	81	19

Jika 1% pindah setara dengan 1 cM, tentukan apakah pernyataan berikut benar (B) atau salah (S)!

- A. Jika disusun secara acak, terdapat 120 macam susunan berbeda untuk kelima gen di atas.
- B. Dua gen dengan posisi terjauh berjarak lebih dari 50 cM.
- C. Terdapat satu buah gen yang berada di antara lokus D dan E.
- D. Keempat gamet yang dihasilkan individu AaBb (persilangan 1) memiliki proporsi 1:1:1:1.

35. Populasi manusia di Pulau Pulupulu diketahui terisolasi dari manusia lain di Bumi. Napis ditugaskan mengamati golongan darah manusia-manusia di sana. Setelah 2 tahun, ia selesai bertugas dan mendapatkan data frekuensi alel sebagai berikut.

Frekuensi alel sistem ABO		Frekuensi alel sistem Rhesus	
I ^A	0,2	Rh ⁺	0,4
I ^B	0,3	Rh ⁻	0,6
I ^O	0,5		

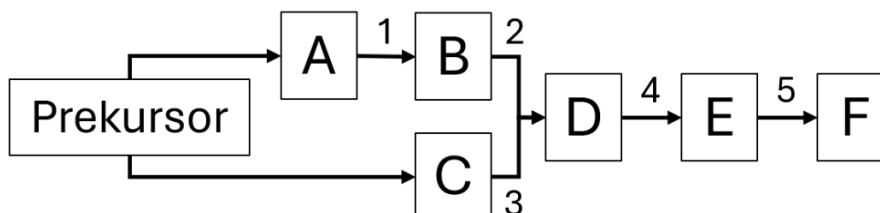
Keterangan: Kedua sistem golongan darah diatur oleh gen yang saling independen, serta keduanya berada dalam kesetimbangan Hardy-Weinberg.

Ukuran populasi Pulau Pulupulu diketahui sebanyak 20.000 individu. Suatu ketika terdapat wabah penyakit misterius yang mengeliminasi semua individu bergolongan darah O. Sifat alel penentu golongan darah sama dengan kaidah umum, yaitu alel A dan B saling kodominan, serta dominan terhadap alel O. Sementara itu, alel Rhesus positif dominan terhadap negatif.

Tentukan apakah pernyataan berikut benar (B) atau salah (S)!

- Sebelum terjadi wabah, jumlah individu bergolongan darah A Rhesus positif lebih banyak dibandingkan golongan darah B Rhesus negatif.
- Dari semua individu bergolongan darah AB, lebih dari 50% di antaranya memiliki Rhesus negatif.
- Frekuensi alel penentu Rhesus tetap dalam kesetimbangan Hardy-Weinberg setelah wabah terjadi.
- Jika setelah wabah terjadi populasi mengalami perkawinan acak, individu bergolongan O tidak akan ditemukan pada populasi generasi selanjutnya.

36. Suatu organisme memiliki jalur metabolisme nutrisi esensial seperti pada diagram berikut. Setiap langkah melibatkan satu enzim yang dikode oleh satu gen.



Arisu dan Usagi membuat 8 galur bakteri berisi plasmid mengandung 4 dari 5 gen pengode enzim dalam metabolisme di atas. Akan tetapi, karena kecerobohan Usagi, label penanda masing-masing galur hilang. Arisu kemudian melakukan percobaan ulang agar ia mampu memberikan label penanda dengan tepat. Percobaan dilakukan dengan menambahkan galur donor dan galur resipien pada media minimal + prekursor serta melibatkan proses transformasi. Tabel di bawah merupakan hasil percobaan yang dilakukan.

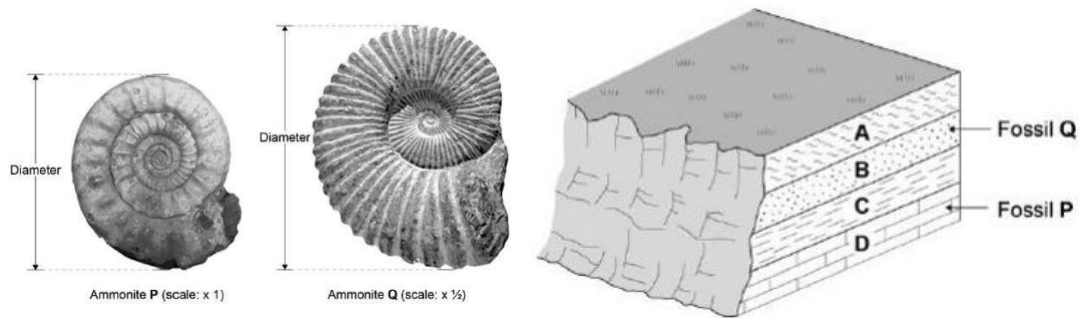
Galur resipien	AIB-2	A						
	AIB-3	+	+					
	AIB-4	-	+	+				
	AIB-5	+	C	E	H			
	AIB-6	+	+	-	I	J		
	AIB-7	+	D	F	+	+	-	
	AIB-8	B	-	G	+	+	K	+
		AIB-1	AIB-2	AIB-3	AIB-4	AIB-5	AIB-6	AIB-7
Galur Donor								

Keterangan: (+) menandakan bakteri resipien mampu tumbuh, sedangkan (-) menandakan bakteri resipien tidak tumbuh.

Tentukan apakah pernyataan berikut Benar (B) atau Salah (S)!

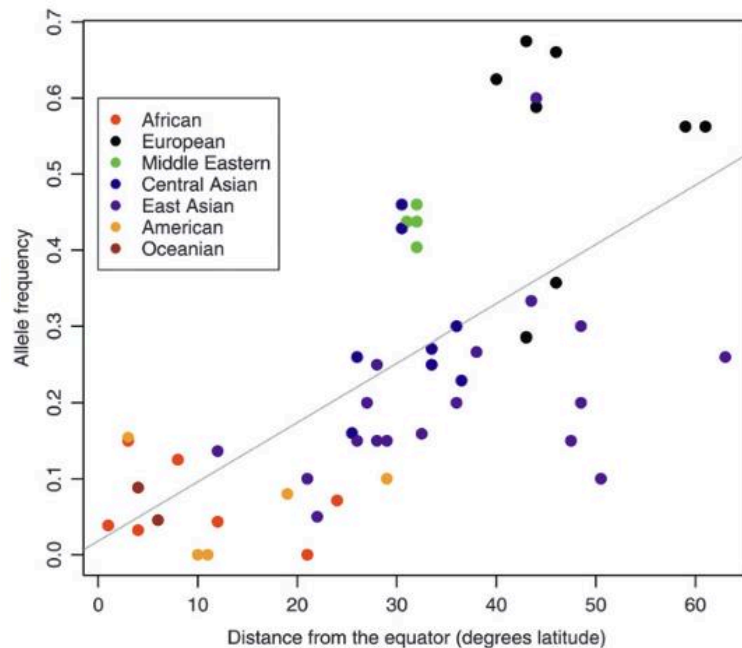
- Galur bakteri yang digunakan merepresentasikan kelima langkah pada jalur metabolisme di atas.
- Hasil yang ditandai dari huruf A hingga K terdiri atas 10 (+) dan 1 (-).
- Berdasarkan hasil di atas, telah diketahui pada langkah mana terjadinya mutasi pada masing-masing bakteri.
- Jika organisme yang memiliki jalur metabolisme di atas terdiri atas sel-sel eukariotik, maka plasmid yang ditransformasikan sebaiknya memiliki 4 promoter.

37. Gambar berikut menunjukkan empat lapisan batuan, A, B, C, dan D di mana fosil ammonite P dan Q ditemukan.



Tentukan manakah pernyataan berikut yang benar atau salah dalam mendukung kesimpulan ammonite Q berevolusi dari ammonite P?

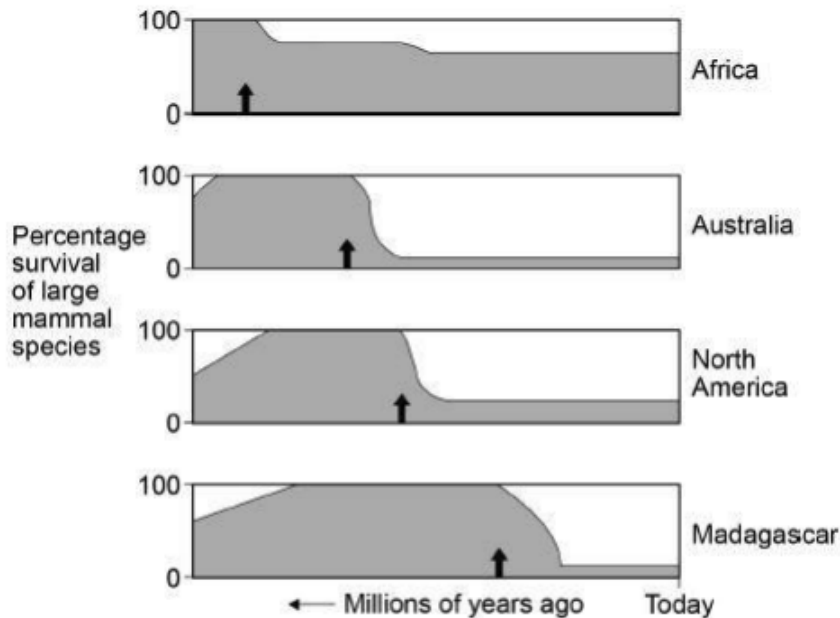
- A. P dan Q keduanya ditemukan dalam batuan kapur (limestone).
 - B. Q ditemukan di lapisan batuan yang lebih muda daripada P.
 - C. P memiliki warna yang lebih gelap dari Q.
 - D. Q memiliki massa yang lebih kecil dari P.
38. Berikut adalah grafir frekuensi alel dalam SNP AGT M235T terhadap jarak dari garis khatulistiwa. Titik data diwarnai berdasarkan area geografi populasi yang diwakili titik data. Alel yang diketahui meningkat frekuensinya seiring garis lintang ini diketahui mengurangi kemampuan tubuh untuk retensi sodium.



Berdasarkan informasi tersebut, tentukan apakah pernyataan berikut benar atau salah:

- A. Frekuensi alel di populasi-populasi di kawasan Asia Timur dan Tengah tidak mendukung korelasi antara posisi garis lintang dengan kelimpahan alel.
- B. Rendahnya frekuensi alel di Oceania dapat disebabkan oleh hanyutan genetik.
- C. Rendahnya frekuensi alel di Oceania dapat disebabkan oleh tekanan seleksi.
- D. Populasi manusia di area iklim yang lebih dingin memiliki kemampuan retensi sodium yang lebih tinggi daripada populasi manusia di iklim yang lebih hangat.

39. Kepunahan massal merupakan penurunan keanekaragaman hayati di Bumi dalam waktu yang relatif cepat. Gambar berikut menunjukkan persentase spesies mamalia yang masih ada pada saat ini (*today*) di empat area di Bumi (*percentage survival of large mammal species*), Afrika, Australia, Amerika Utara, dan Madagaskar. Tanda panah menunjukkan waktu manusia pertama kali muncul di keempat area tersebut.



Berdasarkan informasi tersebut, tentukan manakah pernyataan berikut yang benar dan salah mendukung kesimpulan "manusia menyebabkan kepunahan massal":

- A. Penurunan persentase spesies mamalia relatif tinggi di beberapa area.
 - B. Penurunan persentase spesies mamalia di Afrika cukup rendah.
 - C. Data hanya menunjukkan empat area di Bumi dan area lain tidak ditunjukkan.
 - D. Penurunan persentase tidak selalu dengan segera lalu penurunan melambat seiring waktu, menunjukkan penurunan dibersamai pertumbuhan populasi manusia.
40. Terdapat sebuah penelitian mengenai filogeografi dari kadal (*Eutropis multifasciata*), yaitu spesies kadal kebun yang tersebar luas di Asia Tenggara dan umum ditemukan di sekitaran manusia. Para peneliti ingin mengetahui mana dari area persebarannya yang merupakan area persebaran alami, dan mana yang merupakan hasil dari introduksi manusia. Mereka mengumpulkan lebih dari 350 sampel dari berbagai daerah di Asia Tenggara, lalu melakukan analisis filogenetik menggunakan data-data molekuler.

Mereka menemukan bahwa: terdapat empat klad utama yang secara geografis tidak tumpang tindih. Walaupun sering terjadi perpindahan dan penyebaran lewat aktivitas manusia (baik secara sengaja maupun tak sengaja), struktur genetik leluhur dari setiap garis keturunan tetap terjaga. Garis-garis keturunan ini juga dipisahkan oleh hambatan-hambatan geografis besar seperti garis Wallace, dan tanah genting Kra. Hal ini menandakan bahwa area persebaran alami dari spesies kadal ini sangatlah luas, yaitu hampir di seluruh Asia Tenggara. Di sisi lain, tanda adanya introduksi manusia terlihat pada area-area tepi/luar dari rentang persebaran alami tersebut, dan terjadi jauh lebih belakangan. Area tepi luar ini mencakup pulau-pulau Timur Indonesia, Taiwan, dan area-area tepi utara (Myanmar dan Pulau Hainan).

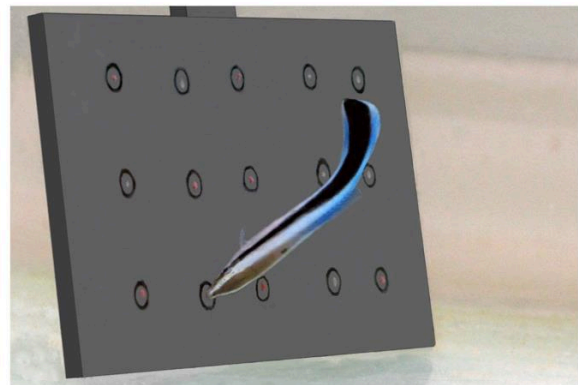
Berdasarkan informasi di atas, tentukan alasan yang bisa mendukung luasnya persebaran alami kadal kebun tersebut meskipun sering terbawa perpindahan manusia. Tandai pernyataan yang mendukung dengan (B) dan yang tidak mendukung dengan (S).

- A. Adanya adaptasi lokal yang membuat populasi di suatu area lebih cocok dengan lingkungannya sehingga mampu menahan aliran gen dari populasi lain yang dibawa manusia dari berbagai area lainnya.
- B. Kepadatan populasi yang tinggi di suatu area menyebabkan perbedaan frekuensi alel yang terlalu tinggi antara lokal dan pendatang, sehingga sulit bagi individu-individu pendatang untuk bisa mengubah struktur genetik lokal.
- C. Adanya banyak pulau-pulau di Timur Indonesia yang belum ditempati oleh spesies kadal tersebut sebelumnya.
- D. Adanya hambatan geografis besar yang membuat percampuran antar garis keturunan tetap terjadi secara bebas di seluruh Asia Tenggara.

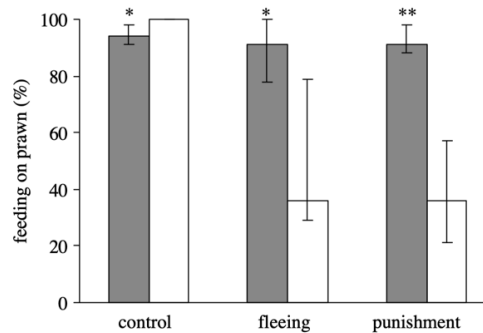
ETOLOGI

41. Di ekosistem laut, terdapat kooperasi antara ikan pembersih dengan ikan berukuran lebih besar (klien) yang banyak ditempeli oleh ektoparasit. *Labroides dimidiatus* adalah ikan pembersih yang paling dipelajari secara ekstensif. Namun, eksperimen preferensi makanan mengungkapkan bahwa *L. dimidiatus* sebenarnya lebih memilih mengonsumsi lapisan mukus yang bermanfaat untuk klien mereka dibanding ektoparasit. Beberapa ikan pembersih yang benar-benar mengonsumsi mukus selama melakukan pembersihan disebut menyalahi kooperasi (*cheating*). Bshary dan koleganya meneliti apakah respons oleh klien non-predator berupa mengejar (*punishment*) ikan pembersih dan pergi (*fleeing*) meninggalkan stasiun pembersihan dapat secara efektif menekan perilaku *cheating* tersebut.

Eksperimen terdiri dari fase belajar dan fase *foraging*. Pada fase belajar, kelompok kontrol dapat mengonsumsi seluruh jenis makanan tanpa gangguan, sedangkan kelompok *fleeing* akan ditarik seluruh makanannya dan kelompok *punishment* akan dikejar apabila mengonsumsi jenis makanan yang lebih disukai. Setelah fase belajar, pada fase *foraging* seluruh kelompok dipaparkan terhadap berbagai jenis makanan dan jumlah konsumsi makanan favorit *L. dimidiatus* dihitung.



Gambar 1. Kiri menunjukkan *L. dimidiatus* yang sedang membersihkan kliennya. Kanan menunjukkan *setup* eksperimen, yaitu ikan dipaparkan ke pelat berisi makanan kesukaan mereka (warna merah, *prawn*) dan makanan yang tidak terlalu disukai (warna putih).

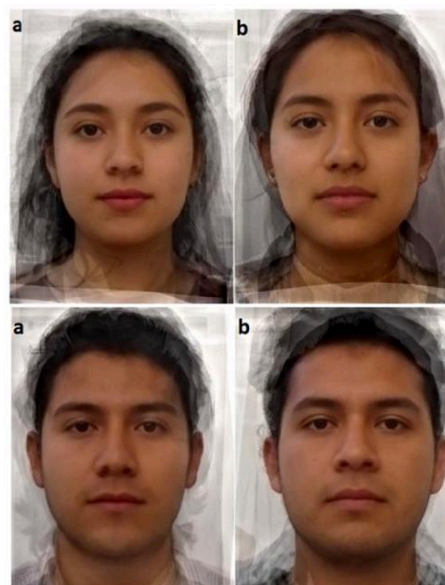


Gambar 2. Persentase makanan favorit yang dikonsumsi oleh setiap kelompok pada fase belajar (abu-abu) dan fase *foraging* (putih).

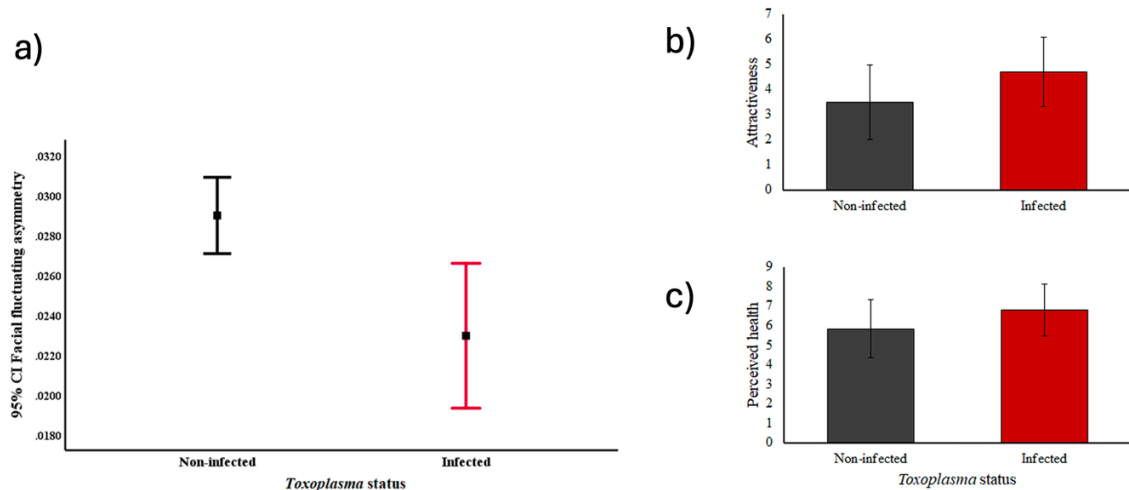
Tentukan apakah pernyataan berikut Benar (B) atau Salah (S)!

- A. *Proximate causation* yang mungkin mendorong kemunculan perilaku *cheating* adalah klien mampu mengamati performa ikan pembersih sebelum memutuskan untuk mendatangi stasiun pembersihan.
- B. Seleksi alam umumnya akan mendukung perilaku yang paling menguntungkan untuk bertahan di populasi seperti mengonsumsi mukus, tapi aturan Hamilton mampu menjelaskan mengapa kooperasi *L. dimidiatus* dengan kliennya justru lebih sering teramati.
- C. *Ultimate causation* dari perilaku kooperatif *L. dimidiatus* adalah ektoparasit tetap bernutrisi dan tidak membahayakan untuk dikonsumsi.
- D. Frekuensi *cheating* *L. dimidiatus* kemungkinan akan berbeda apabila kliennya merupakan predator.

42. Setelah menonton film Ada Apa dengan Cinta?, seorang siswa OSN Biologi terinspirasi untuk memiliki kisah cinta semasa SMA seperti Rangga dan Cinta. Namun, karena OSN sudah semakin dekat, siswa tersebut memutuskan untuk belajar saja tentang konsep *mating choice* di etologi. Seleksi seksual biasanya mengunggulkan individu dengan genotip yang baik serta fenotip kuat dan sehat. Maka dari itu, individu yang terinfeksi parasit biasanya tidak menampilkan karakter yang menarik secara seksual. Sebuah penelitian mengungkapkan bagaimana infeksi *Toxoplasma gondii* mempengaruhi beberapa pengukuran terkait *attractiveness*, baik di pria maupun wanita.



Gambar 1. Composite images dari 10 wanita dan pria yang terinfeksi *T. gondii* (a) dan tidak (b).



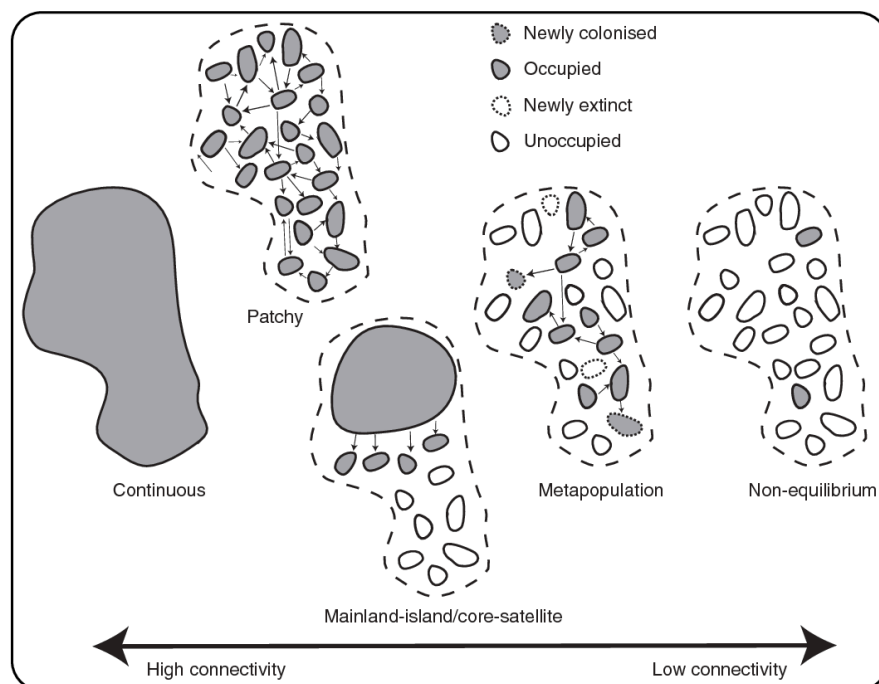
Gambar 2. a) Level fluktuasi asimetri wajah ($p = 0,006$), b) level *attractiveness* ($p < 0,001$), dan c) level kesehatan ($p < 0,001$) dari individu yang terinfeksi dan tidak terinfeksi.

Tentukan apakah pernyataan berikut Benar (B) atau Salah (S)!

- A. Terinfeksi oleh parasit menurunkan potensi suatu individu mendapatkan pasangan.
- B. Kesimpulan penelitian ini dapat diperkuat oleh temuan dari penelitian lain yang mengungkapkan bahwa tikus terinfeksi oleh *T. gondii* menjadi tertarik ke bau kucing.
- C. Wajah yang simetris adalah sinyal untuk genotip yang berkualitas.
- D. Strategi parasitisme seperti milik *T. gondii* sulit ditemukan pada parasit yang ditransmisikan secara seksual.

EKOLOGI

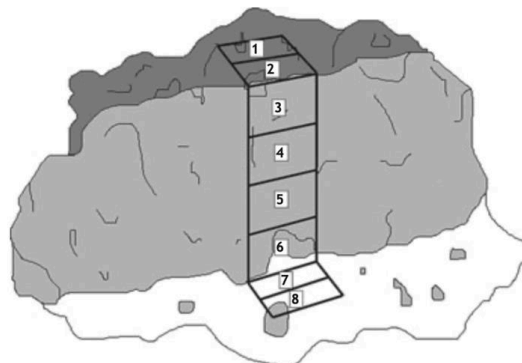
43. Fragmentasi bentang alam menciptakan populasi yang terfragmentasi, tetapi migrasi masih dapat memindahkan individu dan menciptakan populasi yang saling terhubung, secara kolektif disebut sebagai metapopulasi. Gambar berikut ini menggambarkan beberapa tipe metapopulasi dan populasi yang mungkin terjadi, ditentukan oleh level konektivitas antar *patch* penyusunnya.



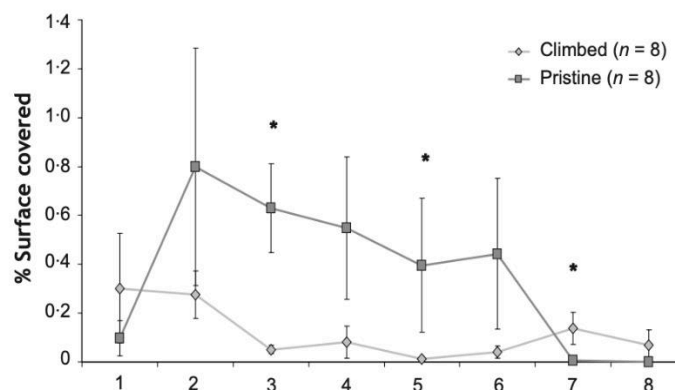
No.	Contoh Metapopulasi
1.	Suatu sungai besar menyuplai ikan ke sungai-sungai lebih kecil di sekitarnya setelah kejadian kepunahan lokal di sungai-sungai tersebut.
2.	Suatu kolam berisi populasi amfibi yang dikelilingi oleh pembangunan properti oleh manusia. Kolam lain yang terdekat tidak akan bisa dicapai oleh amfibi tersebut.
3.	Habitat lahan basah yang tersebar serupa mozaik, namun populasi burung masih bisa berpindah dengan bebas di dalamnya.

Tentukan apakah pernyataan berikut Benar (B) atau Salah (S) terkait contoh metapopulasi di atas!

- Kolonisasi asimetris yang ditunjukkan oleh contoh 1 mendasari keputusan konservasi untuk memprioritaskan jalur dispersi yang menghubungkan beberapa *islands*.
 - Laju rekolonisasi dan kepunahan yang tinggi di contoh 3 merupakan karakteristik dari metapopulasi dengan tipe *patchy*.
 - Strategi konservasi yang tepat untuk contoh 2 adalah reintroduksi individu baru ke populasi untuk mencegah kepunahan.
 - Meningkatkan konektivitas akan menghomogenisasi *genetic make up* individu-individu di dalamnya.
44. Ekosistem tebing biasanya adalah ekosistem yang terlindungi dari gangguan manusia. Namun, kegiatan *rock climbing* mulai populer dan dapat mempengaruhi vegetasi yang biasanya tumbuh di sepanjang tebing. Vogler dan Reisch meneliti bagaimana pengaruh kegiatan itu terhadap struktur populasi dan variasi genetik *Draba azoides*.



Gambar 1. Kiri menunjukkan *D. azoides* yang biasa tumbuh di celah-celah tebing. Kanan adalah transek vertikal yang dibangun peneliti dan terbagi menjadi 8 bagian. Bagian 1-2 berada di puncak tebing, bagian 3-6 di wajah tebing, dan bagian 7-8 di dasar tebing.



Gambar 2. Distribusi densitas populasi *D. azoides* pada tebing yang dipanjat (*climbed*) dan yang tidak (*pristine*) di sepanjang transek vertikal.

Level of variation	d.f.	SS	MS	%	P
Populations from climbed vs. populations from pristine cliffs					
Among climbed/pristine cliffs	1	118.26	118.26	0.00	n.s.
Among populations	8	1058.56	132.32	46.26	0.001***
Within populations	189	1379.62	7.30	53.74	0.001***
Individuals of the upper half vs. individuals from lower half of climbed cliffs					
Among groups	8	470.40	58.80	43.00	0.001***
Within groups	90	627.80	6.98	57.00	0.001***
Individuals of the upper half vs. individuals from lower half of pristine cliffs					
Among groups	8	625.68	78.21	50.00	0.001***
Within groups	89	644.60	7.24	50.00	0.001***

Gambar 3. Hasil analisis variansi molekuler (AMOVA) antara populasi *climbed* dan *pristine*, serta antara subpopulasi *upper* dan *lower* dari kedua tebing. % adalah proporsi variasi genetik yang disebabkan oleh level variasi tersebut.

Tentukan apakah pernyataan berikut Benar (B) atau Salah (S)!

- Climber* kemungkinan membantu dispersi biji *D. azoides* dari subpopulasi bagian atas ke subpopulasi bagian bawah tebing.
- Climbing* menurunkan variasi genetik populasi *D. azoides*.
- Sesuai dengan hipotesis *intermediate disturbance*, penelitian ini membuktikan bahwa gangguan dapat memberikan kesempatan genotip baru menyebar di populasi.
- Beberapa tahun kemudian, studi lanjutan terkait variasi genetik *D. azoides* mungkin saja menunjukkan penurunan variasi di tebing *climbed* karena berkurangnya ukuran populasi.

45. Gangguan (*disturbance*) bisa jadi memiliki dampak signifikan terhadap pertumbuhan. salah satu bentuk gangguan tersebut adalah herbivori. Data di bawah merupakan perbandingan tinggi kecambah beberapa pohon yang menjadi potensi sumber makanan bagi rusa di daerah setempat. Pengamatan berfokus pada area yang terhalang pagar dan tidak (kontrol).

Spesies	Kontrol	Terhalang pagar
<i>Acer rubrum</i>	55,55 ± 8,70 ^{bc}	104,25 ± 8,96 ^a
<i>Acer saccharum</i>	44,53 ± 11,30 ^c	93,14 ± 10,08 ^a
<i>Fagus grandifolia</i>	42,64 ± 9,29 ^c	50,94 ± 8,98 ^c
<i>Prunus serotina</i>	88,10 ± 16,40 ^{ab}	81,43 ± 12,02 ^{ab}

Keterangan: perbedaan huruf antara kedua perlakuan menandakan perbedaan yang signifikan.

Tentukan apakah pernyataan berikut Benar (B) atau Salah (S)!

- Penelitian tersebut memperlihatkan efek *top-down* yang mampu mencegah suksesi sekunder.
- Rusa yang teramati pada lokasi penelitian bersifat monofagus.
- Pertumbuhan yang optimal dari kecambah genus *Fagus* dan *Prunus* mampu menjadi indikator efek rusa terhadap hutan.
- Dibandingkan *A. rubrum*, *P. serotina* bersifat lebih *stress tolerant*.

46. Pak Husna mengamati pola kesintasan suatu spesies berang-berang, *Castor canadensis*, di Newfoundland, Kanada. Setelah melakukan pengamatan ukuran populasi dari berbagai kelompok usia x , beliau menabulasikan data-data penemuannya ke dalam tabel. Sayangnya si Alfred, kucing peliharaan Pak Husna, menggigit sebagian kertas berisi data jumlah populasi.

Kelompok umur (x)	Jumlah mortalitas kelompok umur (d_x)	Fertilitas kelompok umur (m_x)	Jumlah populasi (n_x)	Proporsi kesintasan (l_x)
0 – 1	1.995	0,000	3.695	1,000
1 – 2	684	0,315	1.700	0,460
2 – 3	359	0,400	1.016	0,275
3 – 4	286	0,895	657	
4 – 5	98	1,244		
5 – 6	68	1,440		
6 – 7	40	1,282		
7 – 8	38	1,280		
8 – 9	14	1,387		
9 – 10	26	1,080		
10 – 11	37	1,800		
11 – 12	4	1,080		
12 – 13	17	1,440		
13 – 14	7	0,720		
14+	22	0,720		

Sekalipun demikian, Pak Husna yakin masih bisa menganalisis populasi ini lebih lanjut menggunakan data yang tersisa. Salah satu yang ingin diketahui adalah laju reproduksi bersih (R_0) yang dapat dicari dengan rumus berikut ini.

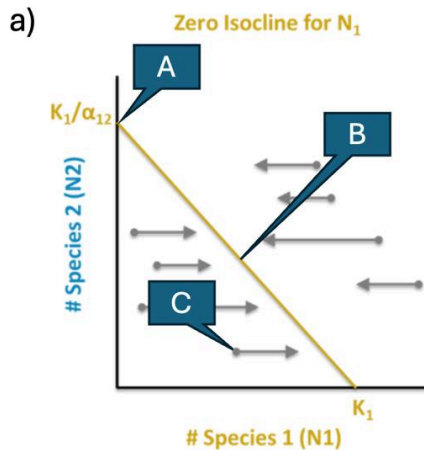
$$R_0 = \sum l_x m_x$$

Bantu Pak Husna melakukan analisis tersebut dengan menentukan apakah pernyataan berikut Benar (B) atau Salah (S)!

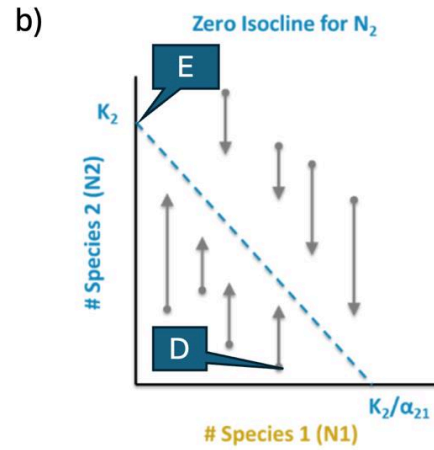
- A. Jumlah populasi kelompok umur 12-13, 13-14, dan 14+ secara berturut-turut adalah 29, 22, dan 0.
- B. Berdasarkan plot jumlah populasi *C. canadensis* terhadap usianya, dapat disimpulkan bahwa spesies ini menunjukkan kesintasan tipe III karena kebanyakan individu mati di usia muda.
- C. Laju reproduksi bersih populasi ini lebih dari 0,500.
- D. Dalam melakukan penelitian ini, Pak Husna mengikuti suatu kohort *C. canadensis* dari kelahiran hingga kematian mereka.

47. Di alam, populasi suatu spesies hidup berdampingan dengan populasi spesies lain, sehingga dinamika populasi tersebut akan dipengaruhi baik oleh kompetisi intraspesifik maupun interspesifik. Model Lotka-Volterra memprediksi bagaimana populasi merespons kedua jenis kompetisi dalam usaha mendapatkan sumber daya yang cukup. Dua grafik berikut ini menggambarkan garis isoklin, yaitu kondisi di mana suatu spesies berhenti bertambah banyak.

- N = jumlah individu dalam suatu populasi
- K = *carrying capacity*
- α = efek per kapita satu spesies terhadap spesies lainnya



$$N_1 = K_1 - a_{12}N_2$$



$$N_2 = K_2 - a_{21}N_1$$

Tentukan apakah pernyataan berikut Benar (B) atau Salah (S)!

- Titik E menunjukkan apabila tidak ada spesies 1 sama sekali, jumlah spesies 2 hanya akan ditentukan oleh *carrying capacity* spesies tersebut.
- Pergerakan dari titik B ke titik A menggambarkan bahwa seiring meningkatnya jumlah spesies 2, tekanan kompetisi terhadap spesies tersebut semakin tinggi, hingga seluruh sumber daya spesies 2 dihabiskan oleh spesies 1.
- Titik C dan D sama-sama menunjukkan kelimpahan awal spesies 1 yang akan bertambah sampai mencapai garis isoklin.
- Model pertumbuhan populasi secara logistik tidak dapat menggantikan kedua grafik di atas.

BIOSISTEMATIKA

48. Berikut merupakan urutan basa gen sitokrom oksidase yang telah disejajarkan dari beberapa spesies belangkas (*horseshoe crab*); masing-masing dua individu (A dan B). Titik menandakan kesamaan nukleotida dengan *T. tridentatus*.

Spesies	1									30
T. tridentatus A, B	ggc	cac	cct	gaa	gtt	tat	att	tta	att	ctc
T. Gigas A, B	.. t	...	...	...	...	...	...	c . t	.. c	.. t
C. rotundicauda A,B	.. a	...	...	...	.. C	...	...	c ..	.. C	...
L. polyphemus A	.. g	.. t	...	...	.. C	.. C	...	...	...	.. t
L. polyphemus B	.. g	...	...	...	.. C	.. C	...	...	g ..	.. t

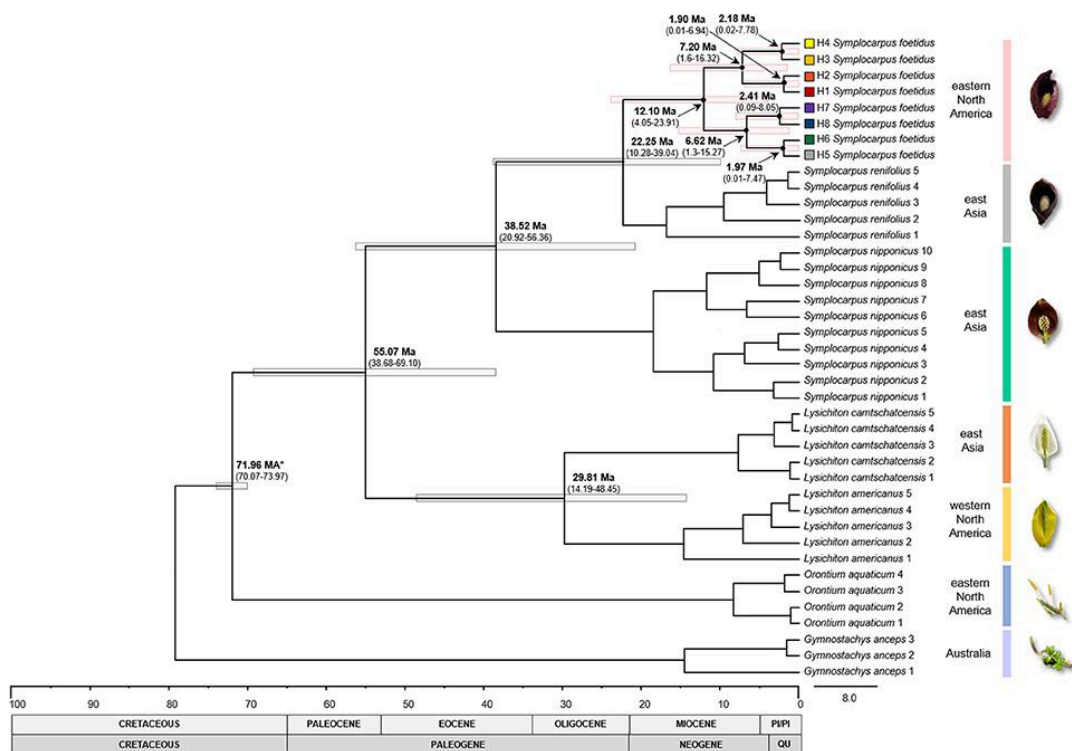
Tentukan apakah pernyataan berikut benar (B) atau salah (S)!

- Variasi intraspesifik *L. polyphemus* lebih rendah dibandingkan variasi interspesifiknya.
- Berdasarkan tabel, terdapat 21 situs konservatif.
- Terdapat 6 situs polimorfik antara *L. polyphemus* A dan *L. polyphemus* B.
- Jika dibuat pohon UPGMA dari 8 individu di atas, unit taksonomi operasional (OTU) yang pertama kali terbentuk adalah *L. polyphemus* A dan *L. polyphemus* B

49. Zazensou (ザゼンソウ) merupakan salah satu tumbuhan yang berada dalam genus *Symplocarpus* dengan ilustrasi seperti Gambar berikut.



Genus *Symplocarpus* berada di dalam subfamili Orontioideae dengan genus lain berupa *Lysichiton* dan *Orontium*. Gambar di bawah memperlihatkan kronogram dari subfamili tersebut berbasis data molekuler. Sumbu X menandakan waktu dalam satuan juta tahun lalu (Ma).

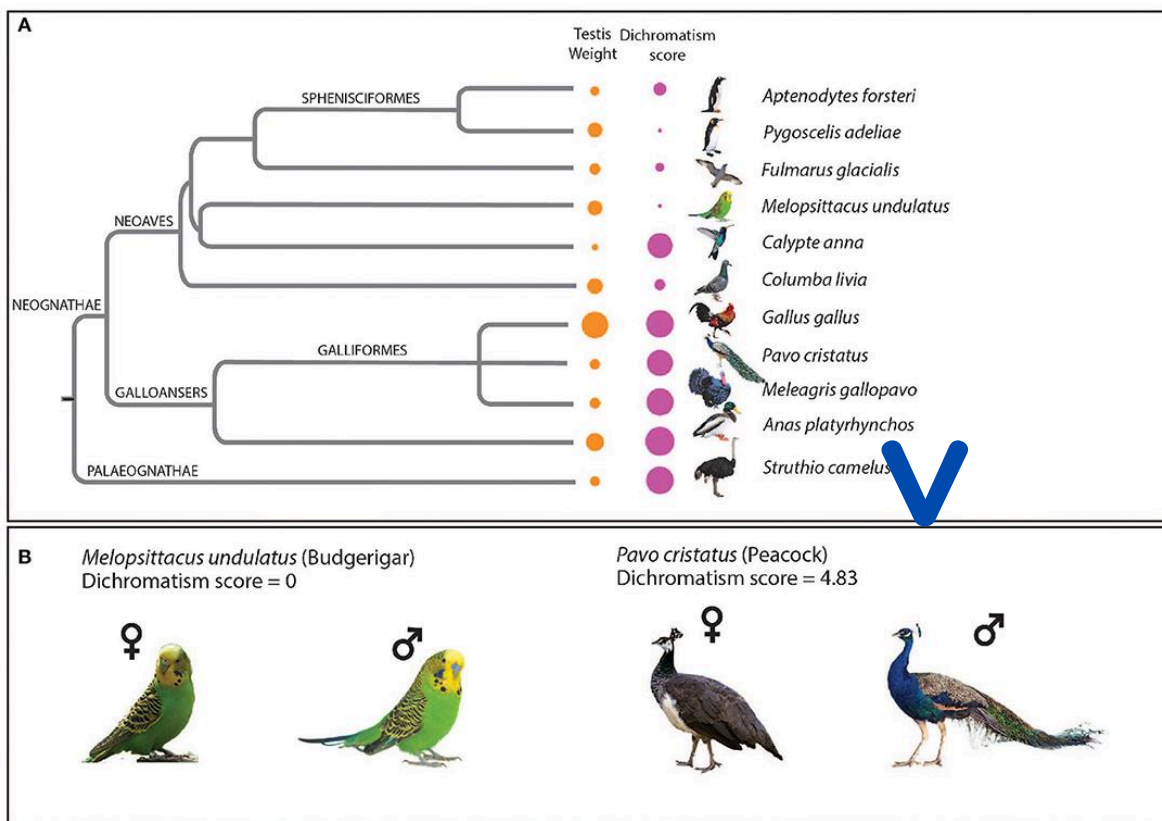


Tentukan apakah pernyataan berikut Benar (B) atau Salah (S)!

- Pengelompokan *Symplocarpus* berdasarkan lokasi menghasilkan dua klad monofiletik.
- Jika radiasi adaptif burung terjadi tepat pada perbatasan Kretaseus-Paleogen (K-Pg), maka *Orontium* terpisah dari taksa saudaranya sebelum radiasi adaptif burung.
- Spesiasi pertama dari genus *Symplocarpus* dan *Lysichiton* terjadi pada periode yang sama.
- Data molekuler yang digunakan lebih mungkin berasal dari gen pengode ribosom dibandingkan gen pengode protein fotosintetik.

50. Di dalam sebuah penelitian mengenai seleksi seksual, dilakukan analisis perbandingan urutan genom burung merak dengan 10 genom burung lainnya yang memiliki strategi seleksi seksual yang beragam.

Gambar A menunjukkan klad-klad dari pohon kekerabatan burung yang dihasilkan. Diperlihatkan juga berat testis relatif dan derajat dikromatisme (perbedaan warna bulu antar jantan dan betina) dalam bentuk lingkaran berwarna. Ukuran lingkaran tersebut menunjukkan besarnya nilai parameter tersebut. Spesies yang dipakai dalam analisis adalah burung kolibri (*Calypte anna*), penguin raja (*Aptenodytes forsteri*), fulmar utara (*Fulmaris glacialis*), penguin adelia (*Pygoscelis adeliae*), budgerigar (*Melopsittacus undulatus*), merpati batu (*Columba livia*), merak (*Pavo cristatus*), ayam (*Gallus gallus*), turki (*Meleagris gallopavo*), bebek mallard (*Anas platyrhynchos*), dan burung unta (*Struthio camelus*). Gambar B menunjukkan jantan dan betina dari merak (*Pavo cristatus*) dan budgerigar (*Melopsittacus undulatus*), bersama dengan nilai rata-rata derajat dikromatisme mereka.



Berdasarkan informasi di atas, tentukan apakah pernyataan di bawah ini benar (B) atau salah (S)!

- Gallus gallus* merupakan spesies dengan tingkat kompetisi intra dan interseksual yang tinggi, baik sebelum maupun sesudah kopulasi terjadi.
- Klad Neoaves berisi burung-burung yang monogami, minimal dalam satu musim kawin.
- Berdasarkan prinsip parsimoni, leluhur bersama paling muda dari burung-burung ini kemungkinan memiliki betina dengan preferensi seksual yang kuat terhadap fenotipe warna bulu jantan.
- Penggunaan parameter berat testis dan derajat dikromatisme berguna untuk melihat pola seleksi seksual pra-kawin (*pre-copulatory sexual selection*).



EKONOMI

SOAL OSN FINAL EKONOMI

1. A small town has only one bakery selling bread. At a price of \$2, the bakery sells 200 loaves per day, while at \$3, it sells 150 loaves. Assume the marginal cost of producing bread is constant at \$1.50. If the bakery behaves as a monopolist, what is the profit-maximizing output?
 - a) 100 loaves
 - b) 113 loaves**
 - c) 150 loaves
 - d) 175 loaves
 - e) 200 loaves
2. Suppose a consumer spends all her income on two goods: tea and biscuits. Tea costs \$2 per cup, biscuits cost \$1 per pack. If her income is \$20, and her marginal rate of substitution (MRS) of tea for biscuits is 2, which consumption bundle is optimal?
 - a) 5 teas and 10 biscuits**
 - b) 4 teas and 12 biscuits
 - c) 6 teas and 8 biscuits
 - d) 8 teas and 4 biscuits
 - e) 10 teas and 0 biscuits
3. Suppose a new labor-saving technology is introduced which, at first, displaces workers in some industries (it is capital augmenting). In the long run, given free entry of firms and competition, what is the most plausible effect on the wage share of output and unemployment (holding preferences and institutions constant) in the CORE model's long-run price-setting framework?
 - a) Wage share falls permanently, and unemployment increases permanently
 - b) Wage share rises permanently, and unemployment falls permanently.
 - c) Wage share remains unchanged, and unemployment returns to its original level (or lower)**
 - d) Wage share falls temporarily but permanently, while unemployment eventually returns to its original level.
 - e) Wage share returns to its original value, but unemployment remains permanently higher.
4. A perfectly competitive firm faces a market price of \$50. At its current output, the firm's marginal cost is \$55, average fix cost is \$20, and average total cost is \$60. What should the firm do in the short run?
 - a) Increase output to reduce average cost.
 - b) Shut down immediately.
 - c) Continue producing but incur a loss.**
 - d) Raise its selling price above \$55.
 - e) Produce at minimum AVC.

5. Consider a policy reform that strengthens competition in the product markets (for example, reducing barriers to entry, antitrust policies) so that firms must accept lower markups on prices. In the WS PS model, what is the most plausible long run effect on unemployment and real wages (holding labour productivity fixed)?
 - a) Unemployment increases, real wages fall.
 - b) Unemployment falls, real wages fall (in nominal terms).
 - c) **Unemployment falls, real wages rise.**
 - d) Unemployment unchanged, real wages rise.
 - e) Unemployment increases, real wages remain unchanged.
6. Suppose there are two identical firms in a Cournot duopoly producing identical products. Market demand is $P = 100 - Q$, where $Q = q_1 + q_2$. Each firm has constant marginal cost of 20. What will be the equilibrium output of each firm?
 - a) 23,3
 - b) **26,7**
 - c) 40
 - d) 46,7
 - e) 53,3
7. In a labour market with segmentation, there is a primary sector with good wages, job security, and union protection, and a secondary sector with precarious contracts, low wages, and limited job security.
 Suppose a union succeeds in narrowing the wage gap by increasing wages in the secondary sector (while primary sector wages stay constant). Holding everything else constant, which of the following is most likely?
 - a) **The Lorenz curve becomes more equal and the Gini coefficient falls.**
 - b) Inequality increases because the primary sector earns relatively more.
 - c) The Gini coefficient is unchanged (because aggregate shares are unchanged).
 - d) The Gini coefficient may rise if unemployment in the secondary sector increases.
 - e) The Gini coefficient must rise, because unions always favor insiders.
8. A consumer's demand function for ice cream is $Q = 50 - 5P$. At $P=6$, what is the price elasticity of demand?
 - a) -0.5
 - b) -1
 - c) **-1.5**
 - d) -2
 - e) -2.5

9. Imagine two economies, A and B. Initially both are at their supply–side equilibrium. Economy A is hit by a positive technology shock (AS shifts outward), while Economy B experiences a positive aggregate demand shock of equal magnitude in output terms. Assume no immediate change in monetary policy in both cases. Which of the following differences would you expect in the short run between Economy A and Economy B (holding all else equal)?
- a) **In A, output rises and inflation falls; in B, output rises and inflation rises.**
 - b) In A, output falls and inflation rises; in B, output rises and inflation rises.
 - c) In A, output rises and inflation rises; in B, output rises and inflation falls.
 - d) In A, output rises and inflation is unchanged; in B, output rises and inflation rises.
 - e) In A, output rises and inflation rises; in B, output rises and inflation is unchanged.
10. *Cost push inflation* bisa disebabkan oleh variabel-variabel di bawah ini, kecuali:
- a) Mata uang suatu negara mengalami depresiasi terhadap mata uang asing, harga impor akan naik.
 - b) **Output riil yang melebihi output potensialnya atau permintaan total lebih besar dari pada kapasitas perekonomian.**
 - c) Inflasi di negara mitra dagang atau di pasar global dapat berdampak pada harga-harga impor.
 - d) Peningkatan harga komoditas yang diatur Pemerintah
 - e) *Negative supply shocks* (Bencana alam atau gangguan dalam distribusi barang dan jasa).
11. Berdasarkan the Classification of Individual Consumption by Purpose (COICOP) 2018, IHK dikelompokkan ke dalam kelompok pengeluaran di bawah ini kecuali,...
- a) Kelompok perumahan, air, listrik, dan bahan bakar rumah tangga
 - b) Kelompok perlengkapan, peralatan, dan pemeliharaan rutin rumah tangga
 - c) **Kelompok komponen bahan impor**
 - d) Kelompok kesehatan
 - e) Kelompok transportasi

12. Dealer Utama PUVA adalah bank dan/atau pihak lain yang memperoleh persetujuan dari Bank Indonesia untuk melaksanakan kewajiban dan melakukan aktivitas tertentu di Pasar Uang dan Pasar Valuta Asing. Untuk mendukung transmisi kebijakan moneter melalui implementasi strategi operasi moneter serta pengembangan Pasar Uang dan Pasar Valuta Asing yang modern dan maju, diperlukan penguatan peran dealer utama. Kriteria khusus dari dealer utama PUVA adalah..., kecuali:
- transaksi yang diukur melalui transaksi dengan Bank Indonesia, transaksi dengan sektor riil, dan transaksi lintas batas (cross-border)
 - interkoneksi yang diukur melalui interkoneksi dengan Bank Indonesia, interkoneksi dengan sektor riil, dan interkoneksi lintas batas (cross-border)
 - kompetensi yang diukur melalui pemenuhan persyaratan kompetensi sumber daya manusia dan sumber daya permodalan dari perusahaan**
 - manajemen risiko yang diukur melalui manajemen risiko pasar, manajemen risiko likuiditas, dan/atau manajemen risiko operasional
 - infrastruktur yang diukur melalui kesiapan infrastruktur teknologi, tata kelola infrastruktur di Pasar Uang dan Pasar Valuta Asing, serta ketahanan dan keamanan siber
13. PT DAM Crue, a city's water utility company, is a natural monopolist. The government considers two policies for this company: marginal cost pricing or average cost pricing. Which statement is correct?
- Marginal cost pricing leads to output below the efficient level.
 - Average cost pricing always maximizes social welfare.
 - Both pricing policies ensure zero economic profits.
 - Marginal cost pricing eliminates deadweight loss but may require subsidies.**
 - Average cost pricing leads to higher output than perfect competition.
14. Some recent growth research explores how production networks can amplify technological improvements as they propagate through interconnected industries. Suppose a technological improvement reduces the cost of producing an intermediate good used widely upstream and downstream in the network. Which of the following is a plausible implication of such network amplification for long-run growth?
- The technological improvement yields only local gains in the sector where it occurs and does not affect aggregate growth.
 - More complex production networks (longer chains) dampen the impact of a cost reduction because distortions accumulate.
 - The ripple effects of cost reductions in intermediate industries can lead to higher aggregate growth than the original innovation alone would suggest.**
 - Network amplification works only in the short run and vanishes in the long run equilibrium.
 - Amplification implies that countries with shorter production chains grow faster, because they avoid propagation losses.

15. The city government of Danatirata imposes a tax of \$2 per unit on bottled water. Before the tax, the market equilibrium was at a price of \$5 with 1,000 bottles sold daily. After the tax, consumers pay \$6 while producers receive \$4 per bottle. Based on this outcome, which side of the market bears a greater burden of the tax?
- a) **Consumers, because the demand is relatively inelastic.**
 - b) Producers, because the demand is relatively elastic.
 - c) Consumers, because the supply curve is steeper.
 - d) Producers, because the supply curve is perfectly elastic.
 - e) The burden is equally shared.
16. The city considers building a new public park. A survey reveals that residents value the park at different amounts: Resident A at \$50, Resident B at \$30, and Resident C at \$20. The cost of the park is \$80. Should the park be built, and how should it be financed under the Lindahl equilibrium framework?
- a) Yes, with each resident paying an equal share.
 - b) **Yes, with each resident paying in proportion to their willingness to pay.**
 - c) No, because the cost exceeds the highest individual valuation.
 - d) No, because the government cannot determine willingness to pay.
 - e) Yes, financed through general taxation only.
17. When a commercial bank grants a new loan, it simultaneously creates a deposit (new money). Which of the following best describes that process?
- a) The bank must first receive new reserves from the central bank, and only then can it lend and create a deposit.
 - b) The bank lends by converting its existing reserves into a loan, reducing reserves.
 - c) **The bank creates a new deposit in the borrower's account, and simultaneously creates a corresponding loan asset, reserves may adjust later via reserve-markets.**
 - d) The bank lends only from prior savings (deposits by savers) and cannot create deposits artificially.
 - e) The bank must first issue bonds and then use bond proceeds to lend.
18. Consider a banking system that is highly leveraged and interconnected. A moderate shock to one bank's assets leads to a wave of insolvencies. Which feature most aggravates such a propagation through the banking system?
- a) Large holdings of currency relative to reserves.
 - b) High capital buffers (equity).
 - c) Strong regulatory oversight ensuring full transparency.
 - d) **High leverage and mutual interbank exposures.**
 - e) Complete separation between banking and other financial institutions.

19. Bank Indonesia menetapkan dan melaksanakan kebijakan untuk menjaga stabilitas system keuangan melalui upaya mendorong intermediasi yang seimbang, berkualitas, dan berkelanjutan; memitigasi dan mengelola risiko sistemik; serta meningkatkan inklusi ekonomi, inklusi keuangan, dan keuangan berkelanjutan. Dalam pelaksanaan tugas tersebut, UU memberikan kewenangan kepada Bank Indonesia untuk melakukan..., kecuali...
- Pengaturan makroprudensial;
 - Pengawasan mikroprudensial, termasuk pemeriksaan dan pengenaan sanksi;**
 - Pengaturan dan pengembangan pembiayaan inklusif dan keuangan berkelanjutan;
 - Penyediaan dana untuk Bank dalam rangka menjalankan fungsi lender of the last resort;
 - Reverse repo (repurchase agreement)
20. Berikut adalah kebijakan makroprudensial untuk mendukung pertumbuhan pembiayaan berkelanjutan kecuali
- LTV untuk pembiayaan properti berwawasan lingkungan (green building) dapat diberikan hingga sebesar 100%,
 - UM untuk kendaraan bermotor listrik berbasis baterai dapat ditetapkan hingga 0%,
 - bank dapat membeli instrumen keuangan berkelanjutan dalam rangka pemenuhan target rasio pembiayaan inklusif makroprudensial
 - bank mendapatkan insentif apabila bank menyalurkan kredit hijau
 - Bank Indonesia dapat menerbitkan surat berharga untuk modal pembangunan berkelanjutan yang ramah lingkungan**
21. Two airlines, Air Nusantara and SkyJet, compete on the Jakarta–Singapore route. Each can choose “Low Fare” or “High Fare.” If both choose low fare, they earn \$2 million each. If both choose high fare, they earn \$4 million each. If one chooses low fare and the other high fare, the low-fare airline earns \$6 million and the high-fare airline earns \$1 million. What is the Nash equilibrium?
- Both choose High Fare.
 - Both choose Low Fare.**
 - Air Nusantara chooses Low, SkyJet chooses High.
 - Air Nusantara chooses High, SkyJet chooses Low.
 - Both randomize between Low and High.
22. Which of the following best describes a “liquidity run” in the banking sector?
- A situation where banks run out of equity and become insolvent permanently.
 - A situation where depositors or short-term creditors withdraw funds in mass, forcing a solvent bank into illiquidity.**
 - A scenario in which the central bank seizes reserves from commercial banks.
 - An extended, controlled decline in the money supply by the central bank.
 - A process where banks refuse to lend to each other, but accept deposits normally.

23. A movie theater charges \$10 for adult tickets and \$6 for student tickets. Suppose both groups have different elasticities of demand. Adults have inelastic demand ($E_d = -0.5$), while students have elastic demand ($E_s = -2$). What is the economic rationale for this pricing?
- The theater is applying first-degree price discrimination.
 - The theater wants to maximize efficiency.
 - The theater is using third-degree price discrimination.**
 - The theater wants to reduce total revenue.
 - The theater wants to equalize demand elasticity across groups.
24. In a society with extreme inequality and weak institutions, a shock is more likely to produce long-lasting damage to growth and social welfare. Which mechanism is least likely to magnify the damage under weak institutions?
- Elite capture of rescue funds, so bailout money doesn't help small firms.
 - Weaker support for social safety nets, making inequality worse.
 - Gradual rollback of financial regulation, exacerbating instability.
 - Transparent, fair redistribution aiding balanced recovery.**
 - Loss of public trust in institutions leading to capital flight.
25. In a two-good economy, rice and fish are produced using labor and capital. Suppose the production of rice is labor-intensive while the production of fish is capital-intensive. An earthquake destroys part of the capital stock in the economy. What is the likely effect on the relative prices of rice and fish?
- The relative price of rice increases.
 - The relative price of fish increases.**
 - Both rice and fish prices remain unchanged.
 - The relative price of rice decreases while fish decreases.
 - Prices adjust but the ratio is indeterminate.
26. Consider a simple two-sector endogenous growth model in which human capital H and physical capital K are accumulable, and technological innovation is driven by the stock of knowledge. Suppose the government subsidizes R&D such that the effective rate of technological progress is higher. Which of the following is a likely long-run consequence in such a model (holding population growth and depreciation constant)?
- Output per capita grows at a higher constant rate indefinitely, with no effect on factor shares.**
 - The return on physical capital falls to zero in the long run.
 - The effect of the R&D subsidy dissipates and the economy returns to its original growth rate.
 - Factor shares shift permanently toward capital and away from labour.
 - The long-run growth rate becomes independent of the level of human capital.

27. Many firms face labour market power (monopsony or oligopsony power) because workers take time to find jobs and have imperfect outside options. If search frictions diminish (for example, via better job matching services, lower search costs), which of the following is the most likely long-run effect in the labour market (all else equal)?
- Firms will reduce wages further, increasing unemployment.
 - Workers' reservation wages fall, shifting WS downward, reducing wages.
 - Firms' monopsony power falls, so equilibrium wages rise and employment rises.**
 - The PS curve shifts down, lowering wages but increasing employment.
 - No effect on wages or employment, because the PS curve is independent of search frictions.
28. Seorang petani di Jawa Tengah memiliki lahan subur yang dapat menghasilkan 10 ton padi per hektar, jauh di atas rata-rata lahan di daerah tersebut yang hanya 5 ton per hektar. Harga gabah adalah Rp5.000/kg. Jika biaya produksi sama untuk semua lahan, berapa nilai sewa ekonomi per hektar yang diperoleh petani tersebut?
- Rp25 juta**
 - Rp30 juta
 - Rp50 juta
 - Rp75 juta
 - Rp100 juta
29. Which of the following institutional reforms is most likely to reduce long-run inequality and support inclusive growth?
- Stronger property rights for the elite only.
 - Policies that improve access to education and affordable credit for the poor.**
 - Removing all social transfers and subsidies.
 - Strengthening monopolies in industries.
 - Discriminatory allocation of public resources to elites.
30. Suppose an economy is at full employment. The government decides to increase infrastructure spending financed by taxes (balanced budget) temporarily. What is the likely impact on output, interest rates, and private investment in the short run?
- Output increases, interest rates fall, private investment rises.
 - Output unchanged (crowded out), interest rates fall, investment unchanged.
 - Output increases, interest rates rise, private investment falls (crowded out).**
 - Output increases and interest rates unchanged; investment rises.
 - Output falls (because resources diverted), interest rates rise, investment falls.

31. The production of cement generates air pollution. In the graph, the private marginal cost (PMC) is below the social marginal cost (SMC), while demand (D) represents marginal benefit. If the market produces 500 tons at $PMC=MB$ but the socially optimal output is 300 tons, what is the welfare implication?
- Consumer surplus is maximized.
 - Producer surplus is maximized without external costs.
 - Social welfare is maximized at 500 tons.
 - Deadweight loss arises due to overproduction**
 - There is no externality since demand equals PMC.
32. The domestic market price for imported electric vehicles (EVs) is \$40,000 before any trade restrictions. If the government imposes an import quota that significantly limits supply, which outcome is most likely?
- The domestic price of EVs will fall below \$40,000, and consumer surplus will increase.
 - Government tariff revenue will increase significantly.
 - The domestic price of EVs will rise above \$40,000, and domestic EV producers will benefit.**
 - The quantity of EVs imported will increase, benefiting domestic consumers.
 - The price of EVs will remain at \$40,000, but domestic employment will fall.
33. A mining company is the sole employer in a small town. The labor supply curve is upward-sloping: $W = 5 + 0.1L$. The firm's labor demand is given by $VMPL = 20 - 0.05L$. What will be the equilibrium employment level chosen by the firm?
- 60**
 - 75
 - 100
 - 125
 - 150
34. Which of the following justifications for imposing a trade barrier, like an anti-dumping duty, is generally considered a valid economic protection against unfair trade practices?
- To protect jobs in inefficient sunset industries.
 - To penalize a foreign country for selling goods at a price below its cost of production in the domestic market.**
 - To prevent consumers from buying cheaper, foreign-made goods.
 - To raise revenue for the domestic government.
 - To ensure the domestic economy achieves an absolute advantage in the protected good.

35. Country X requires 10 hours to produce a ton of rice and 5 hours to produce a computer. Country Y requires 15 hours to produce a ton of rice and 8 hours to produce a computer. If both countries trade based on absolute advantage, and Country X gives up producing 30 hours' worth of its less efficient good to specialize, how many additional units of the specialized good can X produce?
- 3 tons of rice.
 - 6 tons of rice.
 - 6 computers.**
 - 4 computers.
 - 3 computers.
36. Dua nelayan di Sulawesi memiliki akses ke daerah tangkapan ikan yang sama. Jika keduanya menangkap sedikit ikan, stok ikan akan terjaga dan masing-masing mendapat keuntungan Rp50 juta per tahun. Jika salah satu menangkap banyak sementara yang lain sedikit, yang banyak mendapat Rp80 juta dan yang sedikit hanya Rp20 juta. Jika keduanya menangkap banyak, stok ikan menurun dan masing-masing hanya mendapat Rp30 juta. Apa prediksi hasil jangka panjang menurut teori permainan?
- Keduanya akan menangkap sedikit ikan dan mempertahankan sumber daya.
 - Salah satu akan selalu menangkap banyak, sementara yang lain sedikit.
 - Keduanya cenderung menangkap banyak ikan meskipun hasilnya kurang menguntungkan.**
 - Hasil akan selalu berganti-ganti antara strategi sedikit dan banyak.
 - Tidak ada keseimbangan karena stok ikan akan selalu pulih.
37. In exposition, the slope (steepness) of the AD curve depends on how sensitive planned expenditure is to income (the multiplier) and the sensitivity of investment to interest rates. Which of the following policy or structural changes would make the AD curve flatter (more responsive in output for a given shift in autonomous demand)?
- Increase in the marginal propensity to consume (c_1).**
 - Increase in taxes (t).
 - Increase in the propensity to import (m).
 - Reduced sensitivity of investment to the interest rate (investment becomes interest inelastic).
 - Increase in the interest rate sensitivity of investment (investment is more responsive to changes in r).
38. An economy with perfectly competitive markets and no externalities satisfies the conditions of the First Welfare Theorem. Which statement is correct under this theorem?
- Any competitive equilibrium is Pareto efficient.**
 - Any competitive equilibrium maximizes producer surplus only.
 - Any allocation is efficient regardless of preferences.
 - Government intervention is always necessary to reach efficiency.
 - The theorem does not apply when preferences are convex.

39. A small island nation considers building a seawall to protect against flooding. Three residents have marginal benefits (MB) given by $MB_1=100-Q$, $MB_2=60-0.5Q$, $MB_3=40-0.25Q$, where Q is the length of the seawall in meters. The marginal cost (MC) is constant at 50. According to the Samuelson condition, what is the efficient length of the seawall?
- 20 meters
 - 40 meters
 - 50 meters
 - 60 meters**
 - 80 meters
40. Which of the following policy tools is least effective during a liquidity trap (i.e. when interest rates are at or near zero)?
- Conventional monetary policy (lowering interest rates further).**
 - Quantitative easing (central bank asset purchases).
 - Forward guidance (commitment to keep rates low).
 - Direct lending to financial institutions (credit easing).
 - Fiscal stimulus (government spending).
41. Teori populasi Thomas Robert Malthus menyatakan bahwa pertumbuhan populasi cenderung bersifat eksponensial, sementara pertumbuhan sumber daya pangan bersifat aritmetika. Kritik terpenting terhadap teori Malthus yang terbukti oleh sejarah ekonomi modern adalah:
- Malthus gagal memperhitungkan The Stationary State yang diperkenalkan oleh John Stuart Mill.
 - Malthus meremehkan dampak moral restraint (kendali moral) sebagai satu-satunya rem preventif yang efektif.
 - Malthus tidak memasukkan efek dari kemajuan teknologi dan hukum pertambahan hasil yang menunda titik pengembalian hasil yang menurun (diminishing returns).**
 - Malthus tidak mengakui bahwa kelaparan hanyalah konsekuensi dari distribusi kekayaan yang tidak merata, bukan karena kelangkaan absolut.
 - Malthus hanya fokus pada kemiskinan di perkotaan dan mengabaikan kapasitas produksi di pedesaan.
42. Teori Keunggulan Komparatif David Ricardo menekankan bahwa perdagangan internasional selalu menguntungkan kedua belah pihak, bahkan jika satu negara memiliki Keunggulan Absolut (KA) dalam semua barang. Kondisi penting agar pertukaran menguntungkan terjadi adalah:
- Rasio biaya tenaga kerja harus identik antara kedua negara.
 - Biaya peluang (opportunity cost) untuk memproduksi barang harus berbeda antara kedua negara.**
 - Negara harus memiliki cadangan emas dan devisa yang setara sebelum melakukan perdagangan.
 - Negara yang lebih efisien (memiliki KA) harus mensubsidi barang yang diekspornya.

- e) Syarat perdagangan (Terms of Trade) harus sama dengan rasio nilai tukar tenaga kerja internal negara yang paling tidak efisien.
43. Eugen von Böhm-Bawerk, ekonom Mazhab Austria, dikenal dengan teori modalnya yang inovatif. Menurut Böhm-Bawerk, bunga (interest) muncul karena tiga alasan, salah satunya adalah keunggulan teknis produksi tidak langsung (technical superiority of present goods). Konsep ini mengacu pada gagasan bahwa:
- a) Modal yang diinvestasikan dalam produksi hari ini akan menghasilkan keuntungan yang lebih besar di masa depan daripada modal yang diinvestasikan di masa lalu.
 - b) **Melakukan proses produksi yang lebih lama dan berliku (roundabout production) cenderung lebih produktif daripada produksi langsung, sehingga hasil di masa depan harus dihargai lebih tinggi.**
 - c) Para pekerja lebih memilih menerima upah di masa depan karena adanya inflasi yang menyebabkan bunga modal meningkat.
 - d) Individu secara universal memiliki kecenderungan psikologis untuk menghargai barang saat ini (present goods) lebih rendah daripada barang di masa depan (future goods).
 - e) Tingkat bunga murni ditentukan oleh interaksi antara penawaran tenaga kerja dan permintaan akan modal produktif.
44. Perbedaan mendasar dalam kerangka kebijakan moneter antara John Maynard Keynes (melalui Neo-Keynesianisme) dan Milton Friedman (melalui Monetarisme) terletak pada pandangan mereka terhadap efektivitas kebijakan fiskal dan moneter dalam mengatasi resesi, khususnya mengenai kecepatan uang (velocity of money).
- a) Keynesians percaya kecepatan uang stabil, sehingga kebijakan moneter efektif; sementara Monetarists percaya kecepatan uang tidak stabil, membuat kebijakan moneter tidak efektif.
 - b) Friedman menekankan bahwa kecepatan uang sangat tidak stabil, yang membuat kebijakan moneter diskresioner berbahaya; sementara Keynesians berfokus pada stabilitas kecepatan uang.
 - c) **Keynesians melihat kecepatan uang sangat dipengaruhi oleh ekspektasi dan sangat volatil, yang membuat kebijakan fiskal (pengeluaran pemerintah) lebih efektif.**
 - d) Friedman berpendapat bahwa kebijakan moneter tidak berdampak pada inflasi, sementara Keynesians berpendapat sebaliknya.
 - e) Keduanya sepakat bahwa kurva penawaran agregat vertikal, tetapi berbeda pada peran ekspektasi rasional.

45. Milton Friedman, tokoh utama Mazhab Chicago, adalah seorang advokat kuat pasar bebas. Dalam karyanya *A Monetary History of the United States*, Friedman dan Anna Schwartz berargumen bahwa penyebab utama Depresi Besar (*The Great Depression*) adalah:
- a) Kegagalan kebijakan fiskal pemerintah dalam menjalankan program pengeluaran besar-besaran (yang bertentangan dengan pandangan Keynes).
 - b) Kegagalan Bank Sentral (Federal Reserve) dalam mempertahankan suplai uang, menyebabkan kontraksi moneter yang parah.**
 - c) Regulasi perbankan yang terlalu ketat oleh pemerintah yang menghambat likuiditas.
 - d) Tingkat bunga alami (*natural rate of interest*) yang terus meningkat melebihi tingkat bunga pasar.
 - e) Ketidakmampuan pasar tenaga kerja untuk menyesuaikan upah secara cepat terhadap perubahan permintaan agregat.
46. Alfred Marshall dikenal karena sintesisnya yang menyatukan teori nilai yang didasarkan pada biaya produksi (*Sisi Penawaran*) dan utilitas (*Sisi Permintaan*). Dalam karyanya *Principles of Economics*, ia memperkenalkan konsep periode waktu untuk menganalisis bagaimana faktor-faktor ini menentukan harga pasar. Dalam periode pasar jangka pendek (*short period* atau *short run*) menurut Marshall, faktor apa yang menjadi penentu harga utama, dan mengapa?
- a) Biaya produksi marjinal, karena perusahaan memiliki waktu untuk mengubah semua input variabelnya.
 - b) Utilitas marjinal (*Sisi Permintaan*), karena penawaran dianggap relatif tetap (*fixed*) dan perubahan permintaan memiliki dampak harga yang dominan.**
 - c) Utilitas total, karena dalam jangka pendek, hanya barang yang paling diinginkan yang dijual.
 - d) Biaya total rata-rata, karena harga harus selalu menutupi semua biaya agar perusahaan tetap beroperasi.
 - e) Biaya sewa (*quasi-rent*) yang dibayarkan untuk faktor produksi yang tetap, karena ini adalah satu-satunya biaya yang dapat disesuaikan.

SOAL OSN FINANCE LITERACY FINAL

1. Wulan invests \$10,000 in stock today, and another \$10,000 in five years. If the investment account earns an average of 8% per year for the first five years and an average of 10% per year for the following five years, how much will be in the account at the end of ten years?
 - a) **39.768, 77**
 - b) 28.786, 77
 - c) 54.882, 77
 - d) 61.222,77
 - e) 27.788,77
2. For her 5th birthday, Qiana's grandparents buy her a \$100 savings bond earning an interest rate of 5%. When Qiana cashes in the bond at age 20, how much will she receive?
 - a) 208,89
 - b) **207,89**
 - c) 209, 89
 - d) 312, 89
 - e) 228, 89
3. Wulan is an avid corporate bond buyer and is looking to purchase some bonds in the secondary market through her broker. She's currently considering an issue from Axa that promises to pay quarterly coupons of 8% for the next ten years. Interest rates in the economy have fallen since the issue, but the demand for Axa's products has fallen recently and Wulan considers them to now be at a higher risk of defaulting. On net, Wulan, requires a return of 12% on the bond issue. If the bond is selling at \$850 per \$1,000 par, will Wulan buy the bond?
 - a) Yes because Wulan will price the bond at \$768.85 per \$1,000 par
 - b) **No because Wulan will price the bond at \$768.85 per \$1,000 par**
 - c) Yes because Wulan will price the bond at \$867.85 per \$1,000 par
 - d) No because Wulan will price the bond at \$867.85 per \$1,000 par
 - e) It depends on her risk profile so it can't be concluded
4. Pengawasan yang dilakukan OJK terhadap bank secara individu dan pengawasan oleh Bank Indonesia (BI) terhadap sistem keuangan secara keseluruhan sangat erat kaitannya. Manakah pernyataan berikut yang paling tepat menjelaskan interaksi dan koordinasi peran OJK dan BI dalam konteks manajemen risiko sistemik?
 - a) OJK memberikan rekomendasi risiko sistemik kepada Komite Stabilitas Sistem Keuangan (KSSK), sementara BI hanya fokus pada instrumen moneter.
 - b) OJK berwenang mengeluarkan kebijakan Loan to Value (LTV) dan Debt to Income (DTI) secara sektoral, sementara BI fokus pada pengawasan rasio kecukupan modal bank.
 - c) BI berhak membatalkan keputusan OJK terkait izin bank jika dinilai mengancam stabilitas moneter, sesuai UU OJK dan UU BI.
 - d) **OJK dan BI wajib saling berkoordinasi dan bertukar informasi, di mana OJK bertugas mengidentifikasi risiko bank individu yang berpotensi menjadi risiko sistemik, yang kemudian ditindaklanjuti dengan kebijakan makroprudensial oleh BI.**

- e) OJK bertanggung jawab penuh atas seluruh kebijakan makroprudensial karena pengawasan bank adalah domain tunggal OJK.
5. Seorang calon debitur memiliki catatan yang sangat baik dalam Sistem Layanan Informasi Keuangan (SLIK) OJK (kolektibilitas 1). Namun, ia mengajukan kredit konsumtif di tengah kondisi ekonomi yang diperkirakan akan memburuk, sementara rasio *Debt to Income* (DTI) nya sudah mencapai ambang batas 35%. Meskipun kolektibilitasnya baik, bank menolak permohonan kredit tersebut. Berdasarkan regulasi kredit dan fungsi OJK, alasan utama penolakan ini adalah:
- OJK telah mengeluarkan kebijakan yang melarang bank menyalurkan kredit konsumtif jika DTI melebihi 30%, terlepas dari kualitas SLIK.
 - Meskipun SLIK mencerminkan masa lalu, bank wajib menerapkan prinsip kehati-hatian (Prudent Banking) dengan mempertimbangkan analisis kapasitas membayar prospektif dan risiko makro.**
 - Bank menduga data SLIK tersebut tidak akurat karena kredit konsumtif selalu berisiko tinggi di tengah perlambatan ekonomi.
 - SLIK hanya wajib digunakan untuk pinjaman produktif, sedangkan untuk pinjaman konsumtif, bank harus menggunakan sistem credit scoring internal.
 - Catatan kolektibilitas 1 hanya berlaku selama 6 bulan sejak pelaporan, sehingga tidak relevan untuk pinjaman jangka panjang.
6. OJK menghadapi tantangan unik dalam mengawasi *Peer-to-Peer* (P2P) *Lending* (*fintech lending*), terutama terkait isu penagihan yang agresif dan perlindungan data pribadi. Berdasarkan regulasi OJK (POJK P2P *Lending*), sanksi terberat yang dapat dikenakan OJK terhadap penyelenggara *fintech lending* yang terbukti melanggar kode etik penagihan dan perlindungan data adalah:
- Denda administratif maksimum Rp 100 juta dan teguran tertulis.
 - Pembekuan kegiatan usaha selama 6 bulan, diikuti dengan kewajiban ganti rugi data nasabah.
 - OJK akan mengumumkan pelanggaran tersebut kepada publik (hukuman reputasi) dan melarang penyelenggara menerima pendanaan baru.
 - Pencabutan izin usaha dan pelarangan direksi/komisaris terkait untuk menduduki jabatan pada lembaga jasa keuangan mana pun.**
 - Pembatasan akses SLIK dan pelaporan kasus ke pihak kepolisian.
7. An insurance company offers health insurance. Healthy individuals value insurance at \$500, while sick individuals value it at \$1,500. If the company sets the premium at \$1,000, only sick individuals buy the policy. What problem does this illustrate?
- Moral hazard.
 - Adverse selection.**
 - Market power.
 - Price discrimination.
 - Principal-agent problem
8. OJK menerapkan prinsip pengawasan konglomerasi keuangan (pengawasan konsolidasi) terhadap kelompok perusahaan jasa keuangan yang saling terkait, seperti grup yang memiliki Bank Umum, Perusahaan Asuransi, dan Perusahaan Sekuritas. Tujuan utama dari pengawasan konsolidasi ini adalah:

- a) Memastikan setiap entitas anggota konglomerasi mencapai Keunggulan Absolut (Absolute Advantage) dalam sektornya masing-masing.
 - b) Mengawasi dan membatasi interlocking directorate antar entitas untuk menghindari konflik kepentingan.
 - c) **Mencegah risiko penularan (contagion risk) dan risiko konsentrasi yang timbul akibat transaksi internal yang dapat mengancam kesehatan seluruh konglomerasi dan sistem keuangan.**
 - d) Memaksa entitas non-bank (asuransi dan sekuritas) untuk memiliki rasio kecukupan modal (CAR) yang sama dengan bank.
 - e) Memberikan insentif pajak khusus bagi konglomerasi yang berhasil mempertahankan tingkat solvabilitas yang tinggi.
9. Berdasarkan UU Nomor 21 Tahun 2011 tentang OJK, salah satu kewenangan khusus OJK yang membedakannya dari regulator sektor keuangan sebelumnya (seperti Bapepam-LK) adalah Kewenangan penyidikan. Kewenangan ini memungkinkan OJK untuk:
- a) **Melakukan penyidikan atas tindak pidana di sektor perbankan, pasar modal, perasuransian, dan dana pensiun, di mana penyidik OJK berstatus sebagai Penyidik Pegawai Negeri Sipil (PPNS).**
 - b) Mengambil alih semua kasus tindak pidana perbankan dari Kepolisian dan Kejaksaan Agung demi efisiensi proses hukum.
 - c) Menjatuhkan hukuman pidana kurungan dan denda langsung kepada direksi bank yang terbukti melakukan fraud.
 - d) Mengatur secara spesifik sanksi perdata yang harus dibayarkan oleh perusahaan fintech kepada konsumen.
 - e) Mengeluarkan Surat Perintah Penghentian Penyidikan (SP3) untuk kasus-kasus yang tidak cukup bukti.
10. Sebuah perusahaan energi, PT Sumber Cahaya, menerbitkan obligasi 5 tahun dengan nilai nominal Rp1.000.000 dan kupon tahunan 9% yang dibayarkan setiap akhir tahun. Investor mempertimbangkan untuk membeli obligasi ini pada pasar sekunder, di mana tingkat diskonto yang relevan di pasar adalah 11%. Selain itu, investor juga mencatat bahwa ada risiko pasar yang cukup tinggi akibat fluktuasi harga minyak, yang membuat yield obligasi di industri energi rata-rata lebih volatil dibanding sektor konsumsi.
1. Hitung harga wajar obligasi PT Sumber Cahaya berdasarkan kondisi pasar.
 2. Jika investor membeli pada harga pasar Rp960.000, apakah obligasi ini undervalued atau overvalued?
 3. Jelaskan implikasi risiko pasar pada valuasi obligasi, meskipun hasil perhitungan PV sudah diperoleh.
- a) **Harga wajar Rp927.900; undervalued; risiko pasar membuat yield naik menyebabkan harga turun.**
 - b) Harga wajar Rp927.900; overvalued; risiko pasar tidak mempengaruhi valuasi.
 - c) Harga wajar Rp975.600; undervalued; risiko pasar memperkuat ketidakpastian harga.

- d) Harga wajar Rp960.000; fairly valued; risiko pasar tetap stabil.
- e) Harga wajar Rp975.600; overvalued; risiko pasar memperkuat tren harga naik
11. Ady adalah seorang fresh graduate yang baru saja bekerja di perusahaan teknologi dengan gaji bulanan Rp7.000.000. Ia berkomitmen untuk menyisihkan Rp2.000.000 setiap awal bulan ke dalam rekening tabungan investasi yang memberikan bunga majemuk bulanan sebesar 1%. Ady memiliki tujuan keuangan yaitu menyiapkan dana pendidikan untuk kuliah S2 yang rencananya akan ia tempuh tiga tahun ke depan. Ady ingin memastikan apakah jumlah yang ia tabung tersebut cukup untuk menutupi biaya kuliah S2 yang diperkirakan sekitar Rp90.000.000. Berapa total dana yang akan terkumpul setelah 3 tahun, dan apakah target Rp90.000.000 tersebut dapat tercapai?
- a) Rp88 juta, target tidak tercapai
- b) Rp89 juta, target tidak tercapai
- c) Rp90 juta, target tercapai pas**
- d) Rp92 juta, target tercapai lebih
- e) Rp95 juta, target tercapai berlebih
12. PT Energi Jaya adalah perusahaan yang bergerak di bidang migas. Untuk membiayai proyek pengeboran baru, perusahaan menerbitkan obligasi dengan tenor 10 tahun dan kupon tetap 8% per tahun yang dibayarkan setiap akhir tahun. Nilai nominal setiap obligasi adalah Rp1.000.000. Namun, kondisi industri energi sedang tidak stabil. Harga minyak dunia turun drastis dalam dua tahun terakhir, membuat banyak investor ragu untuk menaruh dana pada instrumen energi. Akibat meningkatnya risiko industri, tingkat yield obligasi di pasar untuk sektor energi naik menjadi 10%. Seorang investor yang tertarik membeli obligasi PT Energi Jaya ingin mengetahui harga wajarnya berdasarkan kondisi pasar saat ini, serta mempertimbangkan apakah risiko tambahan yang ada sepadan dengan imbal hasil yang ditawarkan. Berapa harga wajar obligasi tersebut, dan bagaimana keputusan investasi sebaiknya diambil?
- a) Rp876.000; obligasi undervalued; risiko pasar memperbesar potensi return**
- b) Rp876.000; obligasi fair value; risiko pasar menurunkan minat investor
- c) Rp884.000; obligasi undervalued; risiko pasar tidak signifikan
- d) Rp900.000; obligasi overvalued; risiko pasar membuat return lebih rendah
- e) Rp920.000; obligasi fairly valued; risiko pasar tidak relevan
13. Seorang investor ritel membeli Obligasi Negara Ritel (ORI) dengan rincian sebagai berikut:
- Nilai Nominal (Par Value) = Rp 100.000.000
 - Tingkat Kupon (Coupon Rate) = 6,0% per tahun (dibayarkan semesteran)
 - Sisa Jangka Waktu = 5 tahun
 - Tingkat Imbal Hasil Pasar yang Diminta (Required Yield to Maturity/YTM) saat ini = 8,0% per tahun (didasarkan pada harga pasar obligasi sejenis)
- Berapa harga jual obligasi tersebut di pasar sekunder per Rp 100 juta nominal (dibulatkan ke angka terdekat), dan jenis obligasi apakah ini dilihat dari hubungan antara kupon dan YTM?
- a) Rp 92.200.000; Obligasi at Par

- b) Rp 92.015.000; Obligasi Discount
 - c) Rp 100.000.000; Obligasi at Par
 - d) Rp 108.500.000; Obligasi Premium
 - e) **Rp 92.515.000; Obligasi Discount**
14. Surat Utang Negara (SUN) seperti Obligasi Negara (ON) dan Surat Perbendaharaan Negara (SPN) diterbitkan melalui lelang yang melibatkan Dealer Utama yang ditunjuk oleh Menteri Keuangan. Apa implikasi risiko utama bagi Dealer Utama yang wajib mengikuti lelang SUN, dan mengapa risiko ini relevan bagi Stabilitas Sistem Keuangan?
- a) Risiko kredit, karena Dealer Utama harus menanggung potensi gagal bayar Pemerintah (risiko yang sangat rendah).
 - b) Risiko likuiditas pasar, karena Dealer Utama terikat pada kewajiban market maker yang menuntut mereka menjaga ketersediaan jual/beli di pasar sekunder, terutama saat kondisi pasar buruk.
 - c) **Risiko inflasi, karena hasil lelang yang dibeli Dealer Utama akan tergerus nilainya jika inflasi naik tajam sebelum obligasi dijual.**
 - d) Risiko Reinvestment, karena mereka mungkin tidak dapat menginvestasikan kembali kupon yang diterima dengan tingkat hasil yang sama.
 - e) Risiko regulasi, karena OJK dapat sewaktu-waktu mencabut izin Dealer Utama tanpa alasan yang jelas.
15. Pemerintah menerbitkan SBN Ritel dalam dua format utama: Obligasi Negara Ritel (ORI) dan Sukuk Ritel (SR). Kedua instrumen ini memiliki karakteristik yang berbeda dalam hal dasar hukum penerbitan dan struktur imbal hasil. Perbedaan mendasar apa yang paling tepat memisahkan ORI dari SR dari sudut pandang mekanisme imbal hasil dan jaminan investasi?
- a) ORI dijamin penuh oleh UU APBN, sedangkan SR hanya dijamin oleh aset dasar (underlying asset).
 - b) ORI menawarkan kupon tetap (fixed), sedangkan SR selalu menawarkan imbal hasil mengambang (floating).
 - c) **ORI menggunakan prinsip utang-piutang dengan pembayaran kupon, sedangkan SR menggunakan akad syariah (sewa atau bagi hasil) dan imbal hasilnya disebut ujarah atau nisbah.**
 - d) ORI diperdagangkan di pasar sekunder dan memiliki risiko suku bunga, sedangkan SR tidak dapat diperdagangkan (non-tradable) dan tidak memiliki risiko pasar.
 - e) ORI dijamin OJK, sedangkan SR dijamin oleh Bank Indonesia.
16. Beberapa bentuk Penipuan Efek yang dapat terjadi dalam perdagangan karbon adalah sebagai berikut, kecuali:
- a) Manipulasi harga dan/atau perdagangan kredit karbon
 - b) **Adverse Selection**
 - c) Penggelapan efek (embezzlement of securities)
 - d) Penipuan terkait prospektus atau informasi publik
 - e) Skema ponzi atau penipuan investasi

17. Program penjaminan simpanan oleh Lembaga Penjamin Simpanan (LPS) di Indonesia bertujuan menjaga kepercayaan masyarakat terhadap sistem perbankan. Namun, penjaminan ini secara inheren dapat memicu moral hazard di kalangan bankir. Moral hazard yang paling spesifik dan sulit dideteksi akibat adanya penjaminan simpanan adalah:
- a) Bank cenderung menolak kredit kepada sektor UMKM karena risiko kredit yang tinggi.
 - b) Bank-bank kecil akan secara agresif menawarkan suku bunga deposito yang sangat tinggi untuk menarik dana tanpa memedulikan risiko investasi.
 - c) Bank-bank besar akan mengalihkan sebagian besar asetnya ke instrumen pasar modal yang sangat likuid untuk menghindari pengawasan OJK.
 - d) Bank akan mengurangi modal inti dan meningkatkan leverage secara berlebihan, karena biaya risiko ditanggung oleh penjamin (LPS) dan bukan sepenuhnya oleh pemegang saham.**
 - e) Bank akan mengurangi investasi pada teknologi keamanan siber karena mereka mengandalkan bantuan pemerintah jika terjadi fraud.
18. Dalam konteks penyaluran kredit perbankan, adverse selection (seleksi merugikan) terjadi sebelum transaksi kredit disepakati. Situasi manakah di bawah ini yang paling mencerminkan terjadinya adverse selection dalam konteks peminjaman di Indonesia, dan bagaimana OJK atau Bank Sentral dapat memitigasinya?
- a) Bank menolak kredit karena nasabah terbukti menggunakan dana pinjaman sebelumnya untuk tujuan di luar yang disepakati. Mitigasi: OJK mewajibkan penggunaan covenant kredit yang ketat.
 - b) Setelah pinjaman cair, debitur berinvestasi pada proyek yang jauh lebih berisiko daripada yang ia presentasikan dalam proposal awal. Mitigasi: Pengawasan berkelanjutan oleh OJK.
 - c) Calon debitur dengan profil risiko kegagalan tertinggi adalah yang paling proaktif dan bersedia menerima suku bunga tinggi yang ditawarkan bank. Mitigasi: BI/OJK membatasi suku bunga kredit maksimum.**
 - d) Bank A yang sehat tiba-tiba mengalami penarikan dana massal (bank run) karena isu hoax yang beredar di media sosial. Mitigasi: Intervensi likuiditas oleh LPS.
 - e) Perusahaan asuransi menolak klaim nasabah dengan alasan polis yang dibeli tidak sesuai dengan kondisi kesehatan yang sebenarnya. Mitigasi: Regulasi unit-linked yang lebih ketat dari OJK.
19. Fenomena Lemon Problem, yang dipopulerkan oleh George Akerlof, terjadi ketika asimetri informasi menyebabkan barang berkualitas rendah (the 'lemons') mendominasi pasar, menekan harga, dan mengusir barang berkualitas tinggi. Dalam konteks pasar saham Indonesia, Lemon Problem paling mungkin termanifestasi sebagai:
- a) Kejatuhan harga saham perusahaan publik secara massal karena investor tidak dapat membedakan antara laporan keuangan yang jujur dan laporan keuangan yang dimanipulasi (earnings management).

- b) Investor ritel selalu memilih saham 'blue chip' yang mahal, sementara investor institusional cenderung membeli saham 'second liner'.
 - c) Harga saham perusahaan yang going concern cenderung undervalued di pasar, sedangkan harga saham perusahaan 'zombie' cenderung overvalued.
 - d) Regulator (OJK) menetapkan batas atas dan batas bawah (auto rejection) untuk harga saham untuk mencegah fluktuasi yang ekstrem.
 - e) **Keengganan perusahaan swasta yang dikelola dengan baik untuk melakukan penawaran umum perdana (Initial Public Offering – IPO) karena khawatir harga penawaran akan terlalu rendah karena ketidakpercayaan pasar.**
20. Isu Too Big To Fail (TBTF) dalam sistem perbankan Indonesia mengacu pada bank yang kegagalannya dapat memicu keruntuhan sistem keuangan secara keseluruhan. OJK menerapkan pengawasan yang lebih ketat terhadap bank-bank yang masuk kategori Bank Sistemik (D-SIBs) untuk mitigasi risiko TBTF. Tindakan regulasi manakah yang paling efektif dan secara spesifik diarahkan untuk mengatasi Moral Hazard TBTF, yaitu keyakinan bahwa bank sistemik akan selalu diselamatkan?
- a) Kewajiban bank sistemik untuk mempertahankan Rasio Kecukupan Modal (CAR) yang lebih tinggi dibandingkan bank non-sistemik (capital surcharge).
 - b) OJK mewajibkan bank TBTF untuk membatasi transaksi inter-bank lending (pinjam-meminjam antar bank).
 - c) Pelarangan total bagi bank sistemik untuk menyalurkan kredit ke sektor properti yang berisiko tinggi.
 - d) **Kebijakan bail-in (mengikutsertakan pemegang saham dan kreditur senior dalam menanggung kerugian) alih-alih bail-out (dana talangan pemerintah).**
 - e) Pengetatan aturan Fit and Proper Test untuk direksi dan komisaris bank sistemik
21. Andi has a health insurance policy with these terms, Annual premium: Rp12 million, Coverage limit per year: Rp200 million, Deductible per claim: Rp5 million, Coinsurance: After deductible, insurer covers 80% and Andi covers 20% of medical expenses. During one year, Andi makes two claims. First hospitalization costs Rp50 million. Second hospitalization costs Rp100 million. How much does the insurer pay in total, and how much does Andi pay out-of-pocket (excluding premiums)?
- a) Insurer Rp104m; Andi Rp46m
 - b) **Insurer Rp108m; Andi Rp42m**
 - c) Insurer Rp110m; Andi Rp40m
 - d) Insurer Rp112m; Andi Rp38m
 - e) Insurer Rp115m; Andi Rp35m
22. A three-month (91-day) Treasury Bill (T-Bill) with a face value of \$10,000 is sold today for \$9,900. The bank calculates its quoted yield based on the actual number of days (91) but uses a 360-day year (discount basis), while the equivalent bond equivalent yield (BEY) uses a 365-day year. Which of the following statements regarding the yield of this T-Bill is accurate?
- a) The Discount Yield is approximately 4.00%, and the Bond Equivalent Yield is exactly 4.04%.

- b) The Bond Equivalent Yield is approximately 4.09%, and the Discount Yield is 3.96%.
- c) **The Discount Yield is approximately 3.96%, and the Bond Equivalent Yield is 4.09%.**
- d) The Discount Yield is exactly 4.00%, and the Bond Equivalent Yield is 4.04%.
- e) Both the Discount Yield and the Bond Equivalent Yield are equal at 4.04%.
23. Oki berencana mengambil pinjaman multiguna dengan tenor 5 tahun untuk mendanai renovasi rumah. Lembaga keuangan menawarkan dua opsi suku bunga:
- Suku Bunga Tetap (Fixed Rate) 8,5% per tahun selama 5 tahun penuh.
 - Suku Bunga Mengambang (Floating Rate) 7,0% per tahun, di mana suku bunga dapat disesuaikan naik atau turun setiap 6 bulan sesuai suku bunga acuan pasar.
- Oki mengetahui bahwa ekonomi global saat ini berada dalam fase ekspansi yang disertai ekspektasi inflasi yang tinggi. Berdasarkan prinsip manajemen risiko pinjaman, opsi manakah yang sebaiknya dipilih Oki, dan mengapa?
- a) Pilih Opsi 2 (Floating Rate 7,0%) karena cicilan awal yang lebih rendah akan memaksimalkan nilai sekarang dari penghematan biaya pinjaman.
- b) Pilih Opsi 2 (Floating Rate 7,0%) karena suku bunga acuan pasar cenderung menurun selama periode ekonomi ekspansif.
- c) **Pilih Opsi 1 (Fixed Rate 8,5%) karena kondisi ekonomi dengan ekspektasi inflasi tinggi meningkatkan risiko suku bunga, yang berarti suku bunga acuan kemungkinan besar akan naik melampaui 8,5% dalam tenor 5 tahun.**
- d) Pilih Opsi 1 (Fixed Rate 8,5%) karena pinjaman dengan suku bunga tetap menawarkan fleksibilitas yang lebih besar dalam pembayaran cicilan.
- e) Pilih Opsi 2 (Floating Rate 7,0%) karena OJK akan menjamin bahwa kenaikan suku bunga mengambang tidak akan melebihi 1,5% dari suku bunga awal.
24. Clara, needs to borrow \$50,000 for a business expansion project with a five-year repayment term. She receives two loan offers:
- Secured Loan: 7.5% interest rate, fixed for 5 years, requiring her to pledge her home equity as collateral.
 - Unsecured Loan: 11.0% interest rate, fixed for 5 years, requiring no collateral.
- Clara has significant cash flow volatility month-to-month but otherwise has strong long-term business prospects. From a strict personal financial risk management perspective, which option should Clara choose, and why?
- a) Choose Option 1 (Secured Loan) because the substantial interest savings (3.5% difference) outweighs the low probability of default.
- b) **Choose Option 2 (Unsecured Loan) because, given her high cash flow volatility, she must prioritize retaining the liquidity and security of her primary personal asset (home equity) against potential short-term business downturns.**
- c) Choose Option 1 (Secured Loan) because collateralizing the loan signals confidence to the lender, potentially leading to better terms in the future.

- d) Choose Option 2 (Unsecured Loan) because the higher interest rate ensures that the loan principal is paid off faster, reducing the overall term risk.
- e) The choice is irrelevant as the fixed nature of both interest rates eliminates all risk associated with the loan term.

25. PT Nusantara Digital adalah perusahaan startup edukasi yang sedang berkembang pesat. Mereka mempertimbangkan untuk mengembangkan sebuah platform baru berbasis artificial intelligence yang dapat mempersonalisasi materi pembelajaran untuk siswa. Proyek ini membutuhkan investasi awal sebesar Rp1.200 juta.

Manajemen memperkirakan bahwa proyek ini akan menghasilkan arus kas masuk bersih berturut-turut Rp300 juta, Rp350 juta, Rp400 juta, Rp450 juta, dan Rp500 juta selama lima tahun ke depan. Tingkat diskonto yang dianggap relevan adalah 12%, sesuai dengan biaya modal perusahaan.

Di sisi lain, manajemen juga khawatir bahwa jika suku bunga acuan Bank Indonesia meningkat, maka biaya modal perusahaan dapat naik hingga 15%. Hal ini akan mempengaruhi kelayakan proyek secara signifikan.

Hitung NPV proyek ini pada tingkat diskonto 12%. Apakah proyek layak dijalankan? Bagaimana jika tingkat diskonto naik menjadi 15%?

a) **NPV Rp121 juta; proyek layak; jika diskonto naik maka NPV turun**

b) NPV Rp95 juta; proyek tidak layak; jika diskonto naik maka NPV naik

c) NPV Rp121 juta; proyek layak; jika diskonto naik maka NPV tetap

d) NPV Rp150 juta; proyek layak; jika diskonto naik maka NPV naik

e) NPV Rp121 juta; proyek tidak layak; jika diskonto naik maka NPV turun

26. PT Teknologi Hijau adalah sebuah perusahaan rintisan di bidang energi terbarukan yang didirikan enam tahun lalu. Pada saat awal IPO, perusahaan menjual sahamnya di harga Rp1.500 per lembar. Banyak investor ragu karena bisnis energi terbarukan masih dianggap baru dan penuh ketidakpastian di Indonesia.

Namun, dalam perjalanannya, PT Teknologi Hijau berhasil membuktikan diri dengan melakukan ekspansi agresif, memperluas proyek tenaga surya, dan menjalin kerja sama dengan pemerintah untuk mendukung program transisi energi nasional. Seiring meningkatnya kesadaran publik terhadap pentingnya energi ramah lingkungan, kinerja keuangan perusahaan membaik secara konsisten dari tahun ke tahun.

Investor yang sabar dan tetap memegang saham sejak IPO kini merasakan kenaikan signifikan. Enam tahun setelah IPO, harga saham perusahaan tersebut mencapai Rp3.000 per lembar, tepat dua kali lipat dari harga awal. Salah satu investor yang bernama Rudi ingin menghitung tingkat pertumbuhan tahunan majemuk (Compound Annual Growth Rate, CAGR) dari investasinya, agar ia dapat membandingkan kinerja saham ini dengan instrumen investasi lain seperti obligasi dan reksa dana.

Berapa tingkat pertumbuhan tahunan majemuk (CAGR) dari harga saham PT Teknologi Hijau selama periode 6 tahun tersebut?

a) 10%

b) 11%

c) **12%**

d) 13%

e) 14%

27. PT Industri Baja adalah salah satu produsen baja terbesar di Indonesia yang banyak digunakan untuk sektor konstruksi dan otomotif. Dalam lima tahun terakhir, perusahaan melakukan ekspansi pabrik baru serta memperluas kapasitas produksi guna memenuhi permintaan dalam negeri yang terus meningkat. Untuk membiayai ekspansi tersebut, manajemen perusahaan menggunakan kombinasi antara modal sendiri (ekuitas) dan pinjaman dari bank maupun penerbitan obligasi (utang).

Struktur pendanaan perusahaan saat ini terdiri dari 60% ekuitas dan 40% utang. Investor ekuitas menuntut tingkat keuntungan (cost of equity) sebesar 14%, sementara biaya utang setelah pajak yang harus ditanggung perusahaan hanya 8% karena adanya pengurang pajak atas bunga.

Direktur keuangan PT Industri Baja ingin mengetahui berapa biaya modal rata-rata tertimbang (Weighted Average Cost of Capital / WACC) yang menjadi acuan dalam menilai proyek investasi baru. Dengan mengetahui WACC, perusahaan dapat memastikan bahwa proyek yang dijalankan menghasilkan tingkat pengembalian di atas biaya modal tersebut agar menciptakan nilai tambah bagi pemegang saham.

Berapakah nilai WACC PT Industri Baja berdasarkan struktur modal dan biaya modal yang ada?

a) 10,4%

b) 10,8%

c) 11,2%

d) 11,6%

e) 12,0%

28. Ady is a young employee who just got married and wants to buy his first home with his wife. The house they are interested in costs Rp600 million. Since they only have Rp100 million in savings, Ady applies for a mortgage loan of Rp500 million from a bank with a 20-year term. The bank offers a fixed interest rate of 10% per year, to be repaid in equal monthly installments. At the beginning of the loan, Ady feels that the monthly payments are quite heavy because most of the installment goes toward paying interest, while only a small portion reduces the principal. However, after several years, he notices that the composition changes: the portion applied to the principal gradually increases while the interest portion decreases.

This phenomenon is common in long-term mortgage loans, where the purchased house serves as collateral. If Ady fails to make consistent payments, the bank has the right to seize the property through foreclosure. Which of the following statements best describes the characteristics of a mortgage loan like Ady's case?

a) Monthly payments go entirely to the principal first, and interest is paid at the end of the loan term.

b) Each monthly payment consists of principal and interest; initially more goes to interest, and over time more goes to principal.

c) Monthly payments cover interest only, while the principal is paid off in full at the end of the term.

- d) Monthly payments fluctuate according to inflation and market interest rates, with no fixed schedule.
 - e) Monthly payments are determined solely by the current value of the house, not by the initial loan amount.
29. The Subprime Mortgage Crisis was fundamentally driven by a shift from the traditional "Originate-to-Hold" banking model to the "Originate-to-Distribute" (OTD) model, enabled by securitization (creating Mortgage-Backed Securities or MBS). Which statement best explains how the OTD model amplified the systemic risk of the subprime market?
- a) It ensured efficient allocation of capital by transferring risk directly from banks to retail investors, stabilizing the housing market.
 - b) It created an inherent moral hazard where mortgage originators had reduced incentive to screen borrowers rigorously, as they immediately sold the loans and did not bear the default risk.**
 - c) It lowered the average interest rate on subprime loans, making housing more affordable and masking the true default risk.
 - d) It concentrated the counterparty risk within a few large investment banks, making them Too Big To Fail but preventing risk from spreading globally.
 - e) The OTD model forced borrowers into Adjustable-Rate Mortgages (ARMs), which were inherently riskier than fixed-rate products.
30. A key characteristic of a subprime mortgage is the high probability of borrower default, which is compensated for by a higher interest rate and often predatory lending practices (e.g., low introductory "teaser" rates that reset sharply higher). Which statement most accurately describes the relationship between the adverse selection problem and the structure of subprime lending pre-2008?
- a) The adverse selection problem was mitigated because high interest rates automatically drove away all low-risk borrowers, ensuring the lender knew the risk profile of its remaining clientele.
 - b) Adverse selection occurred as the attractive "teaser rates" primarily drew in the highest-risk borrowers, who were the only ones willing to accept the hidden, escalating future payment risk.**
 - c) The adverse selection was not related to the borrowers, but to the investors who failed to adequately screen the quality of the Mortgage-Backed Securities (MBS) they purchased.
 - d) The problem was primarily one of moral hazard, not adverse selection, as borrowers intended to pay, but deliberately took on excessive risk after receiving the loan.
 - e) Subprime lending eliminated adverse selection because government guarantees provided full insurance, ensuring lenders were indifferent to borrower risk.
31. Raka plans to buy a house using a mortgage loan of Rp480 million to be repaid over 20 years (240 months). Two banks offer him different fixed interest rates:
Bank A offers 5% annual interest, compounded monthly.
Bank B offers 6% annual interest, compounded monthly.

At first, Raka only compared the monthly installments and noticed Bank B's loan was slightly more expensive each month. But a financial advisor reminded him that the real difference lies in the total interest paid over the full 20 years. By the end of the loan term, how much more interest will Raka pay if he chooses Bank B's 6% loan compared to Bank A's 5% loan?

- a) Around Rp50 million more
- b) Around Rp70 million more
- c) Around Rp80 million more
- d) Around Rp100 million more**
- e) Around Rp120 million more

32. Amira has just received a Rp200 million inheritance from her late grandfather. She wants to invest the money to generate long-term wealth. She is considering three options:

Option 1, Put all the money into a single technology stock with an expected return of 15% but very high volatility.

Option 2, Invest everything in government bonds with a guaranteed annual return of 6%.

Option 3, Create a diversified portfolio by allocating 50% into bonds (6% return), 40% into a stock index fund (expected return 10%), and 10% into cash savings (2% return).

Her financial advisor explains that while the first option has the highest potential return, it comes with significant risk. The second option is safe but provides low returns that may not beat inflation. The third option balances risk and return through diversification. What is the expected return of Amira's diversified portfolio, and why might this be the most reasonable choice?

- a) 7.5% – because it balances risk and return through diversification
- b) 7.2% – because diversification reduces volatility compared to a single stock**
- c) 7.6% – because combining bonds and cash lowers the expected risk premium
- d) 7.8% – because the weighted return of the portfolio provides stability
- e) 8.0% – because adding cash savings always improves the expected return

33. Leo is interested in investing in Bitcoin. He learns that cryptocurrencies are secured by cryptography and operate on decentralized blockchain technology, meaning no single bank or government controls them. However, he also discovers that Bitcoin prices can swing wildly: a 30% increase in one week can be followed by a 40% drop the next. Which statement best explains the main risk of investing in cryptocurrencies?

- a) They are illiquid assets with no buyers or sellers.
- b) They are backed by central banks and are very stable.
- c) They are highly volatile due to speculation and lack of regulation.**
- d) They guarantee fixed annual returns for long-term investors.
- e) They eliminate all forms of financial risk through decentralization.

34. Michael is approached by a company promising “guaranteed” 20% monthly returns if he invests Rp50 million. They show testimonials from other “investors” who claim

to have doubled their money quickly. The scheme works by paying old investors using money from new investors. Six months later, the company disappears with all funds, leaving Michael and many others with huge losses. What fraudulent scheme best describes Michael's situation?

- a) Phishing scam
- b) Pyramid scheme
- c) Ponzi scheme**
- d) Insider trading
- e) Pump-and-dump scheme

35. PT Sumber Alam owns several plots of land recorded in its balance sheet at a historical purchase price of Rp200 billion. The land was purchased 25 years ago when prices were still low. Today, due to rapid urban development, independent appraisers estimate the land's current market value at Rp2 trillion. Some analysts argue that the company looks "small" because its balance sheet shows only Rp200 billion in assets. Others insist that looking only at book values is misleading and that the market value of assets provides a more realistic picture of the company's economic worth. Based on this case, what is the best interpretation of PT Sumber Alam's asset value?

- a) Rp200 billion – because financial statements always show the most accurate values
- b) Rp200 billion – because market fluctuations are irrelevant in asset measurement
- c) Rp2 trillion – because market value reflects the true current economic worth of the assets**
- d) Rp2 trillion – but only if the company sells the land today, otherwise irrelevant
- e) Both Rp200 billion and Rp2 trillion are equally valid, investors can choose either

36. Maria is a 30-year-old employee who earns Rp600 million annually. She decides to contribute Rp60 million each year into a Traditional IRA. Under this plan, her contributions are tax-deductible, investments grow tax-deferred, and withdrawals during retirement will be taxed as ordinary income. Maria is in a 25% tax bracket today. She expects to retire at age 60 and believes her income in retirement will put her in a lower tax bracket of 15%. Why might a Traditional IRA be particularly advantageous for Maria?

- a) Because she pays taxes now at 25%, avoiding all taxes in retirement
- b) Because she defers paying taxes, and will pay at a lower 15% rate in retirement**
- c) Because she pays both taxes now and again in retirement, reducing her overall wealth
- d) Because her withdrawals will be completely tax-free regardless of future income
- e) Because Traditional IRAs guarantee a fixed return with no investment risk

37. A homeowner, Mr. Davies, holds a 30-year fixed-rate mortgage at 6.5%. After five years, interest rates drop significantly, making 4.0% fixed-rate mortgages available. However, Mr. Davies' current loan agreement includes a yield maintenance penalty clause. From a sophisticated financial perspective, what is the primary risk presented

by the yield maintenance clause that should heavily influence Mr. Davies' decision to refinance?

- a) The penalty might be so high that it completely erases the potential savings gained by reducing the principal amount.
- b) The penalty amount is calculated based on the difference between the current market interest rate and the original loan rate, and is designed to make the lender indifferent to the loss of future interest income.**
- c) The penalty ensures the lender is compensated for the opportunity cost of having to reinvest the prepaid principal at the new, lower prevailing market rate of 4.0%.
- d) The penalty only applies if the refinancing is done with a different lender, thereby limiting competition and maintaining the original lender's portfolio yield.
- e) The penalty acts as a tax deduction for the borrower, offsetting the closing costs of the new loan.

38. Consider two homeowners, Alice and Bob, who secure identical 30-year mortgages. Alice chooses an Adjustable-Rate Mortgage (ARM) with a low initial rate, while Bob chooses a Fixed-Rate Mortgage (FRM) with a higher rate. Assuming the economy enters a period of unexpected and sustained disinflation (a slowing of the inflation rate) shortly after they secure their loans, which statement most accurately describes the financial outcome for Alice and Bob?

- a) Alice will likely fare better than Bob because the disinflationary environment typically forces the Fed to raise interest rates, causing Alice's mortgage rate to decline relative to Bob's fixed rate.
- b) Bob will fare better than Alice because disinflation increases the real value of Bob's fixed future payments, minimizing the lender's interest rate risk.
- c) Alice will likely fare better than Bob because the disinflationary environment generally leads to a sustained fall in market interest rates, reducing the interest payments on her ARM.**
- d) Both homeowners will be negatively affected equally, as disinflation reduces the underlying value of their homes, increasing their Loan-to-Value (LTV) ratio.
- e) Alice's effective interest rate will be lower than Bob's, but she will experience higher refinancing costs due to the structure of the ARM.

39. A recent graduate, Alex, holds \$50,000 in federal student loans at a fixed interest rate of 6.0% and has secured a stable job. Alex is contemplating two strategies:

1. Standard Repayment: Pay the minimum amount required for 10 years.
2. Aggressive Repayment: Pay an extra \$500 per month, intending to pay off the loan in approximately 5 years.

Alex's primary long-term financial goal is achieving optimal investment returns and long-term wealth accumulation. If Alex believes they can consistently achieve an average annual after-tax investment return of 9.0% by investing the discretionary \$500, which financial strategy is most consistent with maximizing their lifetime wealth?

- a) Strategy 2 (Aggressive Repayment), because the guaranteed return from eliminating the 6.0% debt risk is higher than any expected investment return.

- b) **Strategy 1 (Standard Repayment), because the 9.0% expected investment return exceeds the 6.0% loan interest rate, leveraging the principle of arbitrage for net positive wealth gain.**
 - c) Strategy 2 (Aggressive Repayment), because student loans are typically non-dischargeable in bankruptcy, making the reduction of principal the paramount financial priority.
 - d) The strategies are functionally identical because the opportunity cost of the invested money perfectly cancels out the interest saved on the loan over the long run.
 - e) Strategy 1 (Standard Repayment), but only if Alex utilizes an Income-Driven Repayment (IDR) plan to minimize payments and maximize investment capital.
40. Ibu Siti, seorang karyawan berusia 28 tahun, memiliki tujuan keuangan untuk mengumpulkan dana pensiun dalam 25 tahun ke depan. Ia memiliki toleransi risiko yang tinggi dan siap menghadapi potensi kerugian jangka pendek demi potensi return yang maksimal. Berdasarkan profil risiko dan jangka waktu investasi Ibu Siti, manakah jenis reksadana yang paling tepat untuk mencapai tujuan tersebut?
- a) Reksadana Pasar Uang, karena menawarkan tingkat return yang stabil dan tidak terpengaruh fluktuasi pasar saham.
 - b) Reksadana Pendapatan Tetap, karena menawarkan return yang lebih tinggi dari deposito dengan risiko yang relatif moderat.
 - c) Reksadana Campuran, karena memberikan diversifikasi yang sempurna antara saham dan obligasi.
 - d) **Reksadana Saham, karena memiliki potensi return tertinggi dalam jangka panjang, yang sesuai untuk menutupi risiko inflasi selama 25 tahun.**
 - e) Reksadana Terproteksi, karena memberikan jaminan atas pokok investasi, sehingga menghilangkan semua risiko pasar.
41. Reksadana Pasar Uang (RDPU) dianggap sebagai instrumen reksadana yang paling rendah risikonya karena berinvestasi pada instrumen pasar uang dengan jatuh tempo kurang dari satu tahun. Meskipun demikian, RDPU tetap memiliki risiko. Apa risiko utama yang paling mungkin dihadapi oleh investor RDPU dalam periode 12 bulan, dan bagaimana dampaknya?
- a) Risiko Likuiditas: Investor tidak dapat mencairkan dananya kapan pun mereka mau karena asetnya bersifat tidak likuid.
 - b) Risiko Pasar (Suku Bunga): Kenaikan suku bunga acuan secara signifikan dapat menyebabkan kerugian modal (capital loss) kecil pada aset utang jangka pendek.
 - c) Risiko Kredit/Gagal Bayar: Risiko default obligasi atau Sertifikat Bank Indonesia (SBI) menyebabkan kerugian besar pada pokok investasi.
 - d) **Risiko Inflasi: Return RDPU (yang setara dengan deposito) mungkin lebih rendah daripada tingkat inflasi, menyebabkan daya beli riil investor menurun.**
 - e) Risiko Nilai Tukar: Fluktuasi kurs mata uang asing memengaruhi nilai return RDPU.

42. Riko urgently needs money to repair his motorcycle so he can keep working as an online driver. Since he doesn't have savings and his credit card is maxed out, he decides to take a payday loan of Rp2,000,000 with a two-week term. The lender charges a fee of Rp300,000 for this short loan. At first, Riko thinks it's a good solution because he will repay it once his salary arrives. But at the end of the two weeks, he can't pay in full and decides to roll over the loan for another two weeks, paying the same fee again. This cycle repeats for 3 months. What is the approximate Annual Percentage Rate (APR) of Riko's payday loan, showing how costly it actually is compared to conventional loans?
- Around 36% APR – similar to a credit card
 - Around 72% APR – twice the cost of a credit card
 - Around 150% APR – far more expensive than normal loans
 - Around 300% APR – extremely high cost
 - Around 600% APR – showing why payday loans are predatory**
43. Instrumen berikut bisa digunakan sebagai instrumen manajemen risiko keuangan perusahaan, KECUALI
- Spot**
 - Forward
 - Future
 - Swap
 - Option
44. Kurs nilai tukar antara Rupiah Indonesia (IDR) dan Dolar Amerika Serikat (USD) berubah dari IDR 14.000 per USD menjadi IDR 15.000 per USD. Berapa persentase depresiasi nilai Rupiah terhadap Dolar Amerika Serikat, dan bagaimana perubahan ini memengaruhi eksportir dan importir Indonesia?
- Rupiah terdepresiasi sebesar 6,67%. Perubahan ini menguntungkan importir dan merugikan eksportir.
 - Rupiah terdepresiasi sebesar 6,67%. Perubahan ini merugikan importir dan menguntungkan eksportir.
 - Rupiah terdepresiasi sebesar 7,14%. Perubahan ini menguntungkan importir dan merugikan eksportir.
 - Rupiah terdepresiasi sebesar 7,14%. Perubahan ini merugikan importir dan menguntungkan eksportir.**
 - Dolar terapresiasi sebesar 7,14%, sementara Rupiah terdepresiasi sebesar 6,67%
45. Rani bekerja di sebuah perusahaan multinasional dengan gaji bersih Rp8.000.000 per bulan. Ia menyusun anggaran bulanan dengan rincian: Rp3.000.000 untuk biaya hidup, Rp2.000.000 untuk cicilan KPR, Rp1.000.000 untuk transportasi, dan sisanya ditabung. Setelah berjalan 1 tahun, ia ingin menilai efektivitas tabungannya. Jika bunga tabungan majemuk bulanan 0,5%, berapa saldo tabungan Rani setelah 12 bulan?
- Rp24,600,000
 - Rp24,800,000
 - Rp25,200,000

- d) **Rp25,600,000**
e) Rp26,000,000
46. Adi invests Rp100 million in PT Alpha. If he buys stocks, he becomes a part-owner entitled to dividends and voting rights. If he buys bonds, he becomes a lender entitled to fixed interest regardless of company profit. Which statement best describes the difference between Adi's stock and bond investment?
- a) **Stocks give ownership and potential capital gains; bonds give fixed returns without ownership**
b) Stocks guarantee fixed dividends; bonds guarantee variable interest
c) Stocks and bonds both represent ownership but with different rights
d) Stocks are risk-free while bonds are highly risky
e) Stocks provide fixed cash flow, bonds provide uncertain returns
47. PT Gamma goes bankrupt. It owes Rp500 billion to bondholders and has Rp600 billion in assets. After liquidation, bondholders are fully repaid, but only some value remains for stockholders. Why are stockholders at greater risk than bondholders in this scenario?
- a) Because stockholders must repay bondholders personally
b) **Because stockholders are last in priority after bondholders are paid**
c) Because bondholders share dividends before stockholders
d) Because bondholders also own equity in the company
e) Because stockholders are required to pay off company loans
48. Yang bisa kita lakukan terhadap risiko adalah dengan hal berikut, KECUALI
- a) mengurangi
b) menghindari
c) menambah
d) **menghilangkan**
e) membagi
49. Seorang pengusaha start-up makanan, Bpk. Jaya, membutuhkan dana IDR 500 juta untuk membuka cabang baru. Ia memilih menggunakan platform crowdfunding. Ia mempertimbangkan dua jenis crowdfunding:
1. Equity Crowdfunding (ECF): Investor mendapatkan kepemilikan saham/ekuitas perusahaan.
 2. Reward Crowdfunding: Investor mendapatkan produk atau layanan perusahaan (misalnya, voucher makan gratis atau produk edisi terbatas).
- Apa perbedaan fundamental antara ECF dan Reward Crowdfunding dari sudut pandang risiko investor dan kewajiban pengembalian dana oleh Bpk. Jaya?
- a) Risiko Investor: Pada ECF, risiko investor adalah kehilangan modal dan tidak mendapatkan produk; pada Reward Crowdfunding, risiko investor adalah tidak mendapatkan return dari penjualan saham.
b) Kewajiban Pengembalian: Pada ECF, Bpk. Jaya wajib mengembalikan dana pokok investor dalam jangka waktu tertentu; pada Reward Crowdfunding, tidak ada kewajiban pengembalian.

- c) **Risiko Investor: Pada ECF, risiko investor adalah kehilangan modal secara total; pada Reward Crowdfunding, risiko investor terbatas pada kegagalan menerima produk atau layanan yang dijanjikan.**
 - d) Kewajiban Pengembalian: Baik ECF maupun Reward Crowdfunding sama-sama mewajibkan Bpk. Jaya membayar dividen tahunan kepada investor.
 - e) ECF cocok untuk usaha yang sudah mapan (established), sementara Reward Crowdfunding cocok untuk usaha yang baru memulai tahap ide.
50. The Fraud Triangle is a framework widely used in auditing and forensics to explain the necessary conditions for ordinary people to commit non-violent occupational fraud. The three elements of the triangle are Pressure, Opportunity, and Rationalization. Which scenario below best illustrates the element of Rationalization in the context of an employee committing asset misappropriation?
- a) A senior executive faces imminent personal bankruptcy due to crippling gambling debts.
 - b) A cashier notices that the company's internal controls are weak and that cash deposits are rarely counted by a second person.
 - c) **An employee steals inventory, justifying the action by thinking, "The company makes massive profits, and I deserve this for my years of being underpaid."**
 - d) A manager creates a complex dummy vendor system to siphon funds, relying on their technical knowledge of the accounting system.
 - e) A financial analyst colludes with a supervisor to manipulate revenue figures to meet quarterly earnings targets.



FISIKA

PETUNJUK TES TERTULIS FISIKA TEORI:

1. Tuliskan Nomor Peserta Anda pada tempat yang telah disediakan di setiap lembar jawaban.
2. Soal terdiri dari 5 soal esay. Waktu total untuk mengerjakan tes adalah 5 jam tanpa istirahat.
3. Skore nilai total 70, dan untuk setiap nomornya berbeda sebagaimana tertulis pada setiap soal.
4. Peserta diharuskan menuliskan jawabannya pada lembar jawaban yang terpisah untuk setiap nomor soal yang berbeda. Jangan menuliskan dua nomor jawaban atau lebih pada satu lembar jawaban yang sama.
5. Gunakan **ballpoint** untuk menulis jawaban Anda dan jangan gunakan pensil. Jawaban yang menggunakan pensil tidak akan dinilai, kecuali untuk gambar/kurva jika diperlukan.
6. Peserta tidak diperbolehkan menggunakan kalkulator.
7. Peserta dilarang saling meminjamkan alat tulis apapun.
8. Matikan HP dan simpan didalam tas masing-masing selama tes berlangsung.
9. Peserta dilarang meninggalkan ruangan hingga waktu tes selesai.
10. Beberapa formula berikut, mungkin bermanfaat:

$$\bullet \int \frac{x dx}{\sqrt{ax^2 + bx + c}} = \frac{\sqrt{ax^2 + bx + c}}{a} - \frac{b}{2a} \int \frac{dx}{\sqrt{ax^2 + bx + c}} + \text{konstanta}$$

$$\bullet \int \frac{dx}{\sqrt{ax^2 + bx + c}} = \begin{cases} \frac{1}{\sqrt{a}} \operatorname{arcsinh} \left(\frac{2ax + b}{\sqrt{-D}} \right) & a > 0; D = b^2 - 4ac < 0 \\ \frac{\ln|2ax + b|}{\sqrt{a}} & a > 0; D = 0 \\ -\frac{1}{\sqrt{-a}} \arcsin \left(\frac{2ax + b}{\sqrt{D}} \right) & a < 0; D > 0 \end{cases}$$

$$\bullet \int \sqrt{x^2 - 1} dx = \frac{1}{2} \left[x\sqrt{x^2 - 1} - \ln \left(x + \sqrt{x^2 - 1} \right) \right] + C$$

$$\bullet \int_a^x \exp \left(-\frac{x-a}{b} \right) dx = b \left[1 - \exp \left(-\frac{x-a}{b} \right) \right]$$

$$\bullet \cos(x) \approx 1 - \frac{x^2}{2} \quad \text{dan} \quad \sin(x) \approx x - \frac{x^3}{6}$$

$$\bullet \text{Perkalian silang antara dua vektor } \mathbf{A} = (A_r, A_\phi, A_z) \text{ dan } \mathbf{B} = (B_r, B_\phi, B_z) \text{ adalah:}$$

$$\mathbf{A} \times \mathbf{B} = (A_\phi B_z - B_\phi A_z) \hat{r} - (A_r B_z - B_r A_z) \hat{\phi} + (A_r B_\phi - B_r A_\phi) \hat{z}$$

- $\ln 2 = 0,693$; $\ln 3 = 1,099$; dan $\ln 5 = 1,609$
- Persamaan diferensial orde dua yang berbentuk

$$\frac{d^2 y}{dx^2} + \omega^2 y = 0$$

mempunyai solusi berbentuk

$$y(x) = A \cos(\omega x + \phi)$$

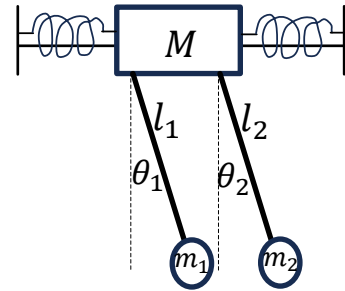
dengan A dan ϕ adalah konstanta.

Soal-Jawab Fisika Teori

OSN 2025

Malang, 9 Oktober 2025

1. **[16 poin]** Tinjau sistem osilator sebagaimana gambar di samping! Kedua pegas yang terhubung dengan massa M memiliki koefisien pegas sebesar $k/2$. Massa bandul di sebelah kiri adalah m_1 dan massa bandul di kanan adalah m_2 . Keduanya terhubung dengan massa M melalui batang kaku yang dapat mengayun tanpa gesekan, dengan panjang l_1 dan l_2 seperti pada gambar. Seluruh massa bergerak bebas tanpa mengalami gesekan, massa M berada di atas rel sehingga hanya dapat bergerak secara horizontal, dan kedua bandul mengalami gaya gravitasi dengan percepatan gravitasi sebesar g . Posisi M dinyatakan sebagai x .



- [3,2 poin]** Tuliskan persamaan gerak ketiga benda dalam x , θ_1 dan θ_2 dan besaran-besaran yang diketahui! Asumsikan bahwa θ_1 dan θ_2 bernilai kecil sehingga aproksimasi sudut kecil dapat digunakan.
- [1,6 poin]** Selanjutnya, asumsikan panjang kedua bandul identik sehingga $l_1 = l_2 = l$. Tentukan persamaan diferensial yang dipenuhi oleh x , θ_1 dan θ_2 . Anda dapat menggunakan notasi $\omega_M^2 = k/M$ dan $\omega_l^2 = g/l$ untuk menyederhanakan persamaan.
- [2,0 poin]** Tentukan frekuensi mode-mode normal dari sistem di atas!
- [0,8 poin]** Apa yang terjadi jika M sangat besar, sehingga m_1 dan m_2 dapat diabaikan? (Asumsi tersebut hanya digunakan pada poin ini dan tidak digunakan di poin-poin selanjutnya.)

Selanjutnya, kita akan memodifikasi sistem umum ideal di atas dengan mengambil limit tertentu atau menambahkan pengaruh lingkungan.

- [3,6 poin]** Tinjau kasus dimana pegas dihilangkan ($k = 0$) dan kedua bandul identik ($m_1 = m_2 = m$). Tuliskan persamaan gerak sistem baru ini dalam posisi relatif $\eta_- = l(\theta_2 - \theta_1)/2$ dan $\eta_+ = l(\theta_2 + \theta_1)/2$! Bagaimana gerak yang terjadi dalam sistem? Bagaimana pengaruh besar M terhadap gerak bandul?
- [2,0 poin]** Tinjau kasus yang sama seperti bagian (e), tetapi massa M mengalami gaya gesek udara sebesar $F_d = -b\dot{x}$. Tuliskan persamaan diferensial untuk sistem ini dalam x , η_- dan η_+ !
- [2,0 poin]** Sistem persamaan yang didapat pada bagian sebelumnya dapat direduksi menjadi

$$\ddot{\eta}_+ + r_2^+ \dot{\eta}_+ + r_1^+ \dot{\eta}_+ + r_0^+ \eta_+ = 0, \quad r_2^- \ddot{\eta}_- + r_1^- \dot{\eta}_- + r_0^- \eta_- = 0.$$

Tentukanlah konstanta r_2^+ , r_1^+ , r_0^+ , r_2^- , r_1^- , dan r_0^- !

- h. [0,8 poin] Pada keadaan tunak $\ddot{\eta}_+$ dapat diabaikan. Bagaimana solusi η_+ dan η_- pada keadaan tunak?

Jawab:

Untuk mengerjakan soal ini, perlu pengetahuan tentang osilasi terkopel. Pengetahuan tentang determinan matriks dapat mempermudah analisis, namun sistem persamaan yang dihasilkan dapat diselesaikan melalui metode eliminasi biasa.

- a. Menggunakan hukum Newton kedua, didapat sistem persamaan gerak berikut (asumsi $\dot{\theta}^2 \approx 0$)

$$M\ddot{x} = -kx + T_1 \sin \theta_1 + T_2 \sin \theta_2, \quad [0,4 \text{ poin}]$$

$$m_1\ddot{x} + m_1 \cos \theta_1 l_1 \ddot{\theta}_1 = -T_1 \sin \theta_1, \quad [0,4 \text{ poin}]$$

$$m_2\ddot{x} + m_2 \cos \theta_2 l_2 \ddot{\theta}_2 = -T_2 \sin \theta_2, \quad [0,4 \text{ poin}]$$

$$m_1 \sin \theta_1 l_1 \ddot{\theta}_1 = T_1 \cos \theta_1 - m_1 g, \quad [0,4 \text{ poin}]$$

$$m_2 \sin \theta_2 l_2 \ddot{\theta}_2 = T_2 \cos \theta_2 - m_2 g. \quad [0,4 \text{ poin}]$$

Selanjutnya, dengan kembali menerapkan aproksimasi sudut kecil, didapat

$$M\ddot{x} = -kx + m_1 g \theta_1 + m_2 g \theta_2, \quad [0,4 \text{ poin}]$$

$$m_1\ddot{x} + m_1 l_1 \ddot{\theta}_1 = -m_1 g \theta_1, \quad [0,4 \text{ poin}]$$

$$m_2\ddot{x} + m_2 l_2 \ddot{\theta}_2 = -m_2 g \theta_2. \quad [0,4 \text{ poin}]$$

- b. Dengan menggunakan notasi yang diberikan di soal, persamaan gerak di atas dapat dituliskan menjadi

$$\ddot{x} = -\omega_M^2 x + \omega_l^2 \frac{(m_1 l \theta_1 + m_2 l \theta_2)}{M}, \quad [0,4 \text{ poin}]$$

$$\ddot{x} + l \ddot{\theta}_1 = -\omega_l^2 l \theta_1, \quad [0,4 \text{ poin}]$$

$$\ddot{x} + l \ddot{\theta}_2 = -\omega_l^2 l \theta_2. \quad [0,4 \text{ poin}]$$

Dalam bentuk matriks, persamaan di atas dapat dituliskan menjadi

$$\begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \ddot{x} \\ l \ddot{\theta}_1 \\ l \ddot{\theta}_2 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \omega_M^2 & -\frac{m_1}{M} \omega_l^2 & -\frac{m_2}{M} \omega_l^2 \\ 0 & \omega_l^2 & 0 \\ 0 & 0 & \omega_l^2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ l \theta_1 \\ l \theta_2 \end{bmatrix} = 0 \quad [0,4 \text{ poin}]$$

- c. Dengan menggunakan ansatz harmonik sederhana $\ddot{y} = -\omega^2 y$, persamaan diferensial di atas ekuivalen dengan permasalahan matriks trivial berikut

$$\det \begin{bmatrix} \omega_M^2 - \omega^2 & -\frac{m_1}{M} \omega_l^2 & -\frac{m_2}{M} \omega_l^2 \\ -\omega^2 & \omega_l^2 - \omega^2 & 0 \\ -\omega^2 & 0 & \omega_l^2 - \omega^2 \end{bmatrix} = 0. \quad [0,4 \text{ poin}]$$

Persamaan di atas menghasilkan persamaan karakteristik

$$(\omega_M^2 - \omega^2)(\omega_l^2 - \omega^2)^2 - \frac{m_1}{M} \omega_l^2 \omega^2 (\omega_l^2 - \omega^2) - \frac{m_2}{M} \omega_l^2 \omega^2 (\omega_l^2 - \omega^2) = 0, \quad [0,4 \text{ poin}]$$

yang dapat difaktorkan menjadi

$$(\omega_l^2 - \omega^2) \left[(\omega_M^2 - \omega^2)(\omega_l^2 - \omega^2) - \frac{m_1 + m_2}{M} \omega_l^2 \omega^2 \right] = 0. \quad [0,4 \text{ poin}]$$

Persamaan karakteristik di atas memiliki solusi

$$\omega^2 = \omega_l^2, \quad [0,4 \text{ poin}]$$

$$\omega^2 = \left(\frac{\omega_M^2 + \omega_l^2 \left(1 + \frac{m_1 + m_2}{M}\right)}{2} \right) \left[1 \pm \sqrt{1 - \left(\frac{2\omega_M\omega_l}{\omega_M^2 + \omega_l^2 \left(1 + \frac{m_1 + m_2}{M}\right)} \right)^2} \right] \cdot [0,4 \text{ poin}]$$

Tampak bahwa terdapat tiga mode gerak dalam sistem ini.

- d. Jika M sangat besar sehingga $m_1 + m_2$ dapat diabaikan [0,4 poin], persamaan karakteristik sistem adalah

$$(\omega_M^2 - \omega^2)(\omega_l^2 - \omega^2)^2 = 0. [0,4 \text{ poin}]$$

Solusi dari persamaan tersebut mengindikasikan bahwa kedua bandul berosilasi saling bebas dengan frekuensi ω_l dan osilasi massa M hampir tidak terpengaruh oleh osilasi kedua bandul.

- e. Persamaan gerak untuk sistem baru ini adalah

$$\ddot{x} = \omega_l^2 \frac{2m}{M} \eta_+, [0,4 \text{ poin}]$$

$$\ddot{x} + \ddot{\eta}_+ = -\omega_l^2 \eta_+, [0,4 \text{ poin}]$$

$$\ddot{\eta}_- = -\omega_l^2 \eta_-. [0,4 \text{ poin}]$$

Persamaan tersebut memiliki solusi

$$\eta_- = A_- \cos(\omega_l t + \varphi_-), [0,4 \text{ poin}]$$

$$\eta_+ = A_+ \cos\left(\omega_l \sqrt{1 + \frac{2m}{M}} t + \varphi_+\right), [0,4 \text{ poin}]$$

Sehingga solusi gerak masing-masing benda untuk sistem ini

$$\theta_1 = A_+ \cos\left(\omega_l \sqrt{1 + \frac{2m}{M}} t + \varphi_+\right) - A_- \cos(\omega_l t + \varphi_-), [0,4 \text{ poin}]$$

$$\theta_2 = A_+ \cos\left(\omega_l \sqrt{1 + \frac{2m}{M}} t + \varphi_+\right) + A_- \cos(\omega_l t + \varphi_-), [0,4 \text{ poin}]$$

$$x = x_0 + v_0 t - A_+ \frac{2m}{M + 2m} \cos\left(\omega_l \sqrt{1 + \frac{2m}{M}} t + \varphi_+\right). [0,4 \text{ poin}]$$

Solusi di atas menggambarkan gerak osilasi terkopel antara dua bandul. Gerak terdiri

dari 2 mode normal dengan frekuensi ω_l dan $\omega_l \sqrt{1 + \frac{2m}{M}}$. [0,4 poin] Tampak bahwa

kopling keduanya kuat (saling mempengaruhi gerak satu sama lain) pada limit M kecil, sedangkan pada limit M besar, kopling keduanya semakin lemah dan persamaan geraknya merepresentasikan dua bandul yang bergerak masing-masing (saling bebas).

Gerak M berupa gerak terdorong (*driven*) dengan gaya pendorong berasal dari kopling dua bandul.

- f. Persamaan gerak dengan adanya gesekan udara adalah

$$\ddot{x} + \frac{b}{M} \dot{x} = \omega_l^2 \frac{2m}{M} \eta_+, \text{ [0,4 poin]}$$

$$\ddot{x} + \ddot{\eta}_+ = -\omega_l^2 \eta_+, \text{ [0,4 poin]}$$

$$\ddot{\eta}_- = -\omega_l^2 \eta_-. \text{ [0,4 poin]}$$

Persamaan ketiga di atas tidak berubah dan terdekopel dengan 2 persamaan lainnya. Persamaan satu dan dua merupakan sistem persamaan terkopel dan dapat dituliskan ulang menjadi sistem,

$$\ddot{x} + \frac{b}{M} \dot{x} - \omega_l^2 \frac{2m}{M} \eta_+ = 0, \text{ [0,4 poin]}$$

$$\ddot{\eta}_+ - \frac{b}{M} \dot{x} + \omega_l^2 \left(1 + \frac{2m}{M}\right) \eta_+ = 0, \text{ [0,4 poin]}$$

namun langkah di atas bukan merupakan bagian penting dari jawaban poin (f). penulisan ulang dalam bentuk sistem di atas hanya digunakan untuk mempermudah pengerjaan poin selanjutnya.

- g. Dengan menerapkan turunan satu kali pada persamaan $\ddot{\eta}_+$ kita dapatkan $\ddot{\eta}_+ - \frac{b}{M} \dot{x} + \omega_l^2 \left(1 + \frac{2m}{M}\right) \dot{\eta}_+ = 0$. [0,4 poin] dari persamaan gerak, kita tahu bahwa $\ddot{x} = -\ddot{\eta}_+ - \omega_l^2 \eta_+$ [0,4 poin] sehingga

$$\ddot{\eta}_+ + \frac{b}{M} \ddot{\eta}_+ + \omega_l^2 \left(1 + \frac{2m}{M}\right) \dot{\eta}_+ + \frac{b}{M} \omega_l^2 \eta_+ = 0. \text{ [0,4 poin]}$$

Persamaan untuk η_- didapat dari persamaan gerak pada poin sebelumnya. Dengan demikian

$$r_2^+ = \frac{b}{M}, \quad r_1^+ = \omega_l^2 \left(1 + \frac{2m}{M}\right), \quad r_0^+ = \frac{b}{M} \omega_l^2, \text{ [0,4 poin]}$$

$$r_2^- = 1, \quad r_1^- = 0, \quad r_0^- = \omega_l^2. \text{ [0,4 poin]}$$

- h. Karena $\ddot{\eta}_+ \approx 0$, maka persamaan untuk η_+ berupa persamaan osilasi teredam

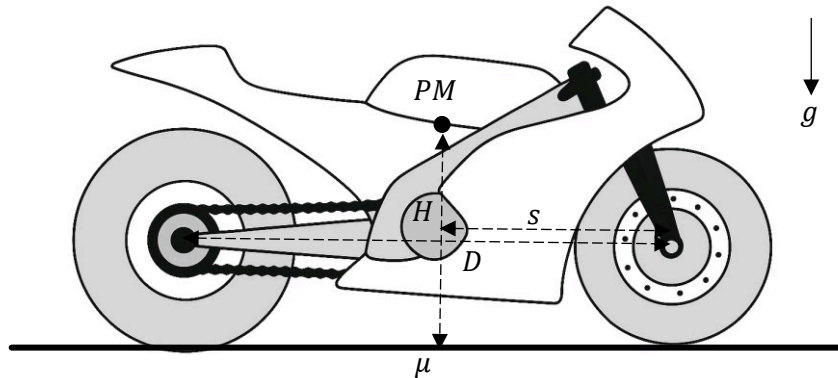
$$\ddot{\eta}_+ + \omega_l^2 \frac{M+2m}{b} \dot{\eta}_+ + \omega_l^2 \eta_+ = 0, \text{ [0,4 poin]}$$

Dengan solusi

$$\eta_+ = A_+ e^{-\omega_l^2 (M+2m)t/b} \cos \left(\sqrt{1 - \frac{\omega_l^2 (M+2m)^2}{4b^2}} \omega_l t + \varphi_+ \right). \text{ [0,4 poin]}$$

Dengan demikian, η_+ merupakan osilasi dengan amplitudo yang semakin mengecil terhadap waktu. Persamaan untuk η_- berupa persamaan osilasi biasa sehingga η_- merupakan osilasi dengan amplitudo kekal.

2. **[15 poin]** Soal ini meninjau mekanika dari sebuah motor yang digunakan pada ajang *motorsport*. Pada ajang balapan ini, penting untuk mendesain sebuah sepeda motor agar dapat melaju di sirkuit dengan waktu putaran seminimal mungkin. Gambar berikut merupakan ilustrasi sederhana dari sebuah prototipe sepeda motor balap.



Ban depan dan belakang dianggap identik dengan massa m dan jari-jari R , memiliki jarak antar sumbu sebesar D , dan masing-masing memiliki momen inersia $\frac{3}{4}mR^2$ terhadap sumbu. Massa total sepeda motor beserta pembalapnya adalah M , dengan pusat massa (PM) berada pada ketinggian H dari aspal dan jarak horizontal s dari sumbu ban depan. Diketahui koefisien gesek statik maupun kinetik antara permukaan aspal dan ban adalah μ dan percepatan gravitasi di sirkuit balap adalah g . Asumsikan torsi dari mesin motor disalurkan seluruhnya melalui rantai ke ban belakang.

Ketika melakukan *start*, pembalap sering kali menghindari 2 masalah, yaitu *wheelie* (ban depan terangkat dari aspal) dan slip pada ban belakang. Untuk mengatasi kedua masalah tersebut, para mekanik merancang sebuah sistem *anti-wheelie* dan *traction control*, yang bisa membatasi torsi dari mesin dalam waktu yang sangat singkat saat *start*. Abaikan gesekan udara saat *start*. Tentukan:

- [3,0 poin]** batas torsi maksimum agar tidak terjadi *wheelie*!
- [1,5 poin]** batas torsi maksimum agar tidak terjadi slip!

Untuk mengoptimalkan torsi melimpah yang dihasilkan mesin agar bisa melesat cepat saat *start*, mekanik merancang alat yang bernama *rear-height device*, yang berfungsi untuk mengatur ketinggian sepeda motor. Ketika alat ini diaktifkan, ketinggian pusat massa motor diatur secara otomatis agar saat *start*, sepeda motor berada di suatu kondisi batas sebelum tepat akan *wheelie* dan slip bersamaan. Khusus soal bagian c, gunakan nilai $M = 3m$, $D = 2s$, dan $\mu = 1$ untuk menyederhanakan perhitungan. Ketinggian pusat massa motor untuk kondisi di atas adalah $k_c s$. Tentukan:

- [1,875 poin]** nilai k_c ! Jika alat tersebut mengalami malfungsi sehingga ketinggian pusat massa adalah $\frac{6}{5}s$, mana yang lebih mudah terjadi pada sepeda motor, *wheelie* atau slip?

Saat akan memasuki tikungan, para pembalap dengan segera melepas gas dan melakukan *hard-brake* (pengereman dengan keras) sebelum berbelok, tujuannya agar dapat menurunkan kecepatan sesegera mungkin sehingga dapat berbelok dengan optimal. Pengereman ini dilakukan dengan menekan tuas yang terhubung ke cakram rem pada ban depan. Jika pembalap melakukan *hard-brake* terlalu keras, akan terjadi *stoppie* (ban belakang mengangkat dari aspal). Asumsikan ban depan selalu tidak slip, abaikan juga gesekan udara pada kasus ini. Tentukan:

- d. [1,875 poin] torsi pengereman maksimum pada ban depan agar tidak terjadi *stoppie*!

Saat pembalap memasuki lintasan lurus panjang, diinginkan agar sepeda motor memiliki kecepatan semaksimal mungkin. Pada kasus ini, gesekan udara tidak dapat diabaikan. Para mekanik berupaya mengurangi gesekan udara dengan merancang bodi sepeda motor dengan desain aerodinamika tertentu. Akibat desain tersebut, udara sebelum dan sesudah melewati sepeda motor masing-masing mengalir kecepatan v dan v' relatif terhadap sepeda motor. Vektor kecepatan v' membentuk sudut θ terhadap horizontal dan bernilai $\frac{1}{2}v$. Diketahui massa jenis udara sekitar adalah ρ , luas penampang motor yang menumbuk udara adalah A , asumsikan gaya gesek udara tidak terjadi pada ban dan tidak terjadi *wheelie* maupun slip pada sepeda motor, anggap juga sirkuit tidak berangin. Tentukan:

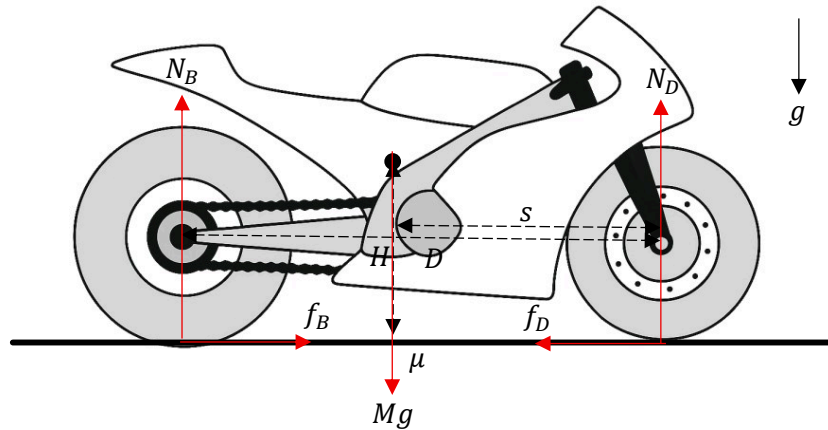
- e. [2,25 poin] kecepatan maksimal yang bisa dicapai pada lintasan lurus panjang!

Untuk menghasilkan daya, pada bagian dalam mesin motor terdapat pembakaran bensin yang melalui empat proses termodinamika: proses penaikkan tekanan isokhorik pada volume V_{min} , proses ekspansi adiabatik, proses penurunan tekanan isokhorik pada volume V_{maks} , dan proses kompresi adiabatik. Ke-empat proses ini membentuk siklus yang disebut dengan siklus *Otto*. Siklus ini berlangsung pada silinder di bagian dalam mesin dengan rasio kompresi sebesar $r = \frac{V_{maks}}{V_{min}}$. Anggap udara di sirkuit bertindak seperti gas ideal diatomik dan proses berlangsung secara kuasistatik.

- f. [2,625 poin] Tentukan efisiensi mesin ini!
- g. [1,875 poin] Jika diasumsikan gaya hambat total pada sepeda motor adalah konstan sebesar F_R dan kalor yang diterima mesin berasal dari pembakaran bahan bakar per satuan volumenya adalah Q' . Tentukan konsumsi bahan bakar sepeda motor (jarak yang dapat ditempuh untuk tiap satuan volume bahan bakar) saat bergerak dengan kecepatan konstan!

Jawab:

- a. [3,0 poin] Tinjau diagram gaya pada sepeda motor sebagai satu sistem



Berikut persamaan gaya arah horizontal, vertikal, serta torsi terhadap pusat massa sistem

$$f_B - f_D = Ma \quad [0,375 \text{ poin}]$$

$$N_B + N_D - Mg = 0 \quad [0,375 \text{ poin}]$$

$$N_D s - N_B (D - s) - f_D H + f_B H = 0 \quad [0,375 \text{ poin}]$$

Persamaan torsi pada ban belakang dan depan

$$\tau - f_B R = \left(\frac{3}{4}mR^2\right) \alpha_B \quad [0,375 \text{ poin}]$$

$$f_D R = \left(\frac{3}{4}mR^2\right) \alpha_D \quad [0,375 \text{ poin}]$$

Percepatan sudut ban belakang adalah $\alpha_B = a/R$, karena ban belakang tidak slip.
[0,375 poin]

Tepat saat akan terjadi *wheelie*, ban depan tidak bersentuhan dengan aspal, sehingga $N_D = 0$ dan $f_D = 0$. [0,375 poin] Torsi yang diteruskan mesin ke roda belakang maksimum harus sebesar $\tau = \tau_w$. Dari persamaan-persamaan di atas (selain persamaan torsi ban depan), didapatkan

$$\tau_w = \frac{(3m + 4M)gR(D - s)}{4H} \quad [0,375 \text{ poin}]$$

- b. [1,5 poin] Sekarang nilai N_D dan f_D tidak nol, ban depan tidak slip, maka $\alpha_D = a/R$.
[0,375 poin]

Ketika ban belakang tepat akan terjadi slip, gaya gesek statik pada ban belakang akan mencapai nilai maksimumnya, yaitu $f_{B_{maks}} = \mu N_B$ [0,375 poin] serta torsi maksimum sebesar $\tau = \tau_s$. [0,375 poin] Sehingga dari persamaan-persamaan sebelumnya akan didapatkan

$$\tau_s = \frac{2\mu MgsR(3m + 2M)}{(3m + 4M)D - 4\mu MH} \quad [0,375 \text{ poin}]$$

- c. [1,875 poin] Dengan nilai yang diberikan pada soal ($M = 3m$, $D = 2s$, dan $\mu = 1$), jawaban soal bagian a dan b dapat ditulis kembali dalam bentuk sebagai berikut:

$$\tau_W = \frac{15mgsR}{4H} \quad [0,375 \text{ poin}] \quad \text{dan} \quad \tau_S = \frac{9mgsR}{5s - 2H} \quad [0,375 \text{ poin}]$$

Kondisi agar sepeda motor tepat ada sebelum batas *wheelie* dan slip bersamaan adalah $\tau_W = \tau_S$. Kita harus memastikan tinggi pusat massa yang baru (H') memenuhi kondisi batas torsi di atas: $\frac{15mgsR}{4H'} = \frac{9mgsR}{5s - 2H'}$, sehingga ketinggian pusat massa yang baru adalah $H' = \frac{25}{22}s = ks$.
[0,375 poin] Maka didapatkan

$$k = \frac{25}{22} \quad [0,375 \text{ poin}]$$

Jika $H = \frac{6}{5}s$, terlihat bahwa $\tau_W < \tau_S$. [0,375 poin] Secara fisis berarti jika torsi dari mesin dinaikkan terus dari nol, maka batas yang terlewati terlebih dahulu adalah batas torsi maksimum agar tidak *wheelie*, maka **sepeda motor cenderung lebih mudah *wheelie***.

- d. [1,875 poin] Kondisi saat tepat akan terjadi *stoppie* adalah $N_B = 0$ dan $f_B = 0$, terdapat juga torsi tambahan (akibat pengereman) pada ban depan yang nilai maksimumnya τ_{rem} . Persamaan-persamaan pada soal bagian a menjadi

$$-f_D = Ma \quad [0,375 \text{ poin}]$$

$$N_D - Mg = 0 \quad [0,375 \text{ poin}]$$

$$N_D s - f_D H = 0 \quad [0,375 \text{ poin}]$$

$$f_D R - \tau_{rem} = \left(\frac{3}{4}mR^2\right)\alpha_D \quad [0,375 \text{ poin}]$$

Dengan ban depan tetap tidak slip, $\alpha_D = a/R$. Sehingga didapatkan

$$\tau_{rem} = \frac{(3m + 4M)gsR}{4H} \quad [0,375 \text{ poin}]$$

- e. [2,25 poin] Tinjau gerakan suatu paket udara (dengan massa m) relatif terhadap sepeda motor. Laju perubahan momentum arah horizontal paket ini sebelum dan sesudah melewati sepeda motor merupakan gaya yang dirasakan paket tersebut. Gaya reaksi yang sama timbul pada sepeda motor sebagai gaya gesek udara.

$$|f_g| = -\frac{d\Delta P}{dt} = -\frac{d(mv' \cos \theta - mv)}{dt} = -\frac{dm}{dt}(v' \cos \theta - v) \quad [0,375 \text{ poin}]$$

Dimana $v' = v/2$ dan $\frac{dm}{dt} = \rho \frac{dV}{dt} = \rho A \frac{dx}{dt} = \rho Av$, [0,375 poin] sehingga besar gaya gesek udaranya adalah $\frac{1}{2}\rho Av^2(2 - \cos \theta)$. Besar kecepatan maksimum dicapai saat torsi dari mesin maksimum dan percepatan sepeda motor sudah nol, sehingga persamaan gaya horizontal pada sistem, torsi ban belakang, dan torsi ban depan pada pusatnya menjadi

$$f_B - f_D - \frac{1}{2}\rho Av_{maks}^2(2 - \cos \theta) = 0 \quad [0,375 \text{ poin}]$$

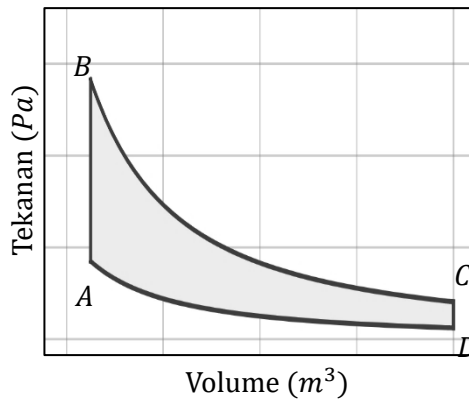
$$\tau_{maks} - f_B R = 0 \quad [0,375 \text{ poin}]$$

$$f_D R = \left(\frac{3}{4} m R^2\right) \alpha_D = 0 \quad [0,375 \text{ poin}]$$

Maka didapatkan

$$v_{maks} = \sqrt{\frac{2\tau_{maks}}{\rho A R (2 - \cos \theta)}} \quad [0,375 \text{ poin}]$$

f. [2,625 poin] Berikut grafik proses-proses pada mesin motor



Kalor yang masuk pada mesin akan diekstrak sebagian menjadi usaha, sisanya akan dibuang. Efisiensi mesin merupakan perbandingan usaha yang dihasilkan mesin terhadap kalor yang diberikan ke mesin.

$$\eta = \frac{W}{Q_{in}} = \frac{Q_{in} - Q_{out}}{Q_{in}} = 1 - \frac{Q_{out}}{Q_{in}} \quad [0,375 \text{ poin}]$$

Hukum I Termodinamika: $Q = \Delta U + W$. [0,375 poin] Kalor akan masuk (positif) pada proses isokhorik AB, karena pada volume konstan tersebut terjadi kenaikan tekanan begitu juga suhu (pada gas ideal isokhorik: $P \sim T$), sehingga walaupun $W_{AB} = 0$, $Q_{AB} = \Delta U_{AB} > 0$, maka

$$Q_{in} = Q_{AB} = n c_V (T_B - T_A) \quad [0,375 \text{ poin}]$$

Dengan alasan yang serupa, kalor akan keluar (negatif) pada proses isokhorik CD

$$Q_{out} = -Q_{CD} = -n c_V (T_D - T_C) = n c_V (T_C - T_D) \quad [0,375 \text{ poin}]$$

Pada proses BC berlaku persamaan adiabatik $T_B V_{min}^{\gamma-1} = T_C V_{maks}^{\gamma-1}$. [0,375 poin] Untuk gas ideal diatomik nilai konstanta Laplace $\gamma = \frac{7}{5}$, sehingga $T_B = T_C r^{\frac{2}{5}}$. Dengan cara yang sama, pada proses DA berlaku $T_D V_{maks}^{\gamma-1} = T_A V_{min}^{\gamma-1}$, sehingga $T_D = \frac{T_A}{r^{\frac{2}{5}}}$. Masukkan Q_{in} , Q_{out} , T_B , dan T_D ke persamaan efisiensi

$$\eta = 1 - \frac{n c_V (T_C - T_D)}{n c_V (T_B - T_A)} = 1 - \frac{T_C - \frac{T_A}{r^{\frac{2}{5}}}}{T_C r^{\frac{2}{5}} - T_A} \quad [0,375 \text{ poin}]$$

Maka didapatkan

$$\eta = 1 - r^{-\frac{2}{5}} \quad [0,375 \text{ poin}]$$

- g. [1,875 poin] Untuk melawan gaya hambat total F_R dengan kecepatan konstan v , diperlukan daya sebesar

$$P = F_R v \quad [0,375 \text{ poin}]$$

Daya ini didapatkan dari usaha oleh mesin

$$P = \frac{dW}{dt} = \frac{\eta dQ}{dt} = \eta \frac{dQ}{dV} \frac{dV}{dx} \frac{dx}{dt} = \eta \frac{dQ}{dV} \frac{dV}{dx} v \quad [0,375 \text{ poin}]$$

Dimana $\frac{dQ}{dV} = Q'$ merupakan kalor yang dihasilkan per satuan volume bahan bakar dan $\frac{dx}{dV}$ merupakan jarak yang dapat ditempuh mobil per satuan volume bakar bakar

$$F_R v = \eta \frac{dQ}{dV} \frac{dV}{dx} v \quad [0,375 \text{ poin}]$$

$$\frac{dx}{dV} = \frac{\eta Q'}{F_R} \quad [0,375 \text{ poin}]$$

Dengan efisiensi yang diperoleh sebelumnya, didapatkan

$$\frac{dx}{dV} = \left(1 - r^{-\frac{2}{5}}\right) \frac{Q'}{F_R} \quad [0,375 \text{ poin}]$$

3. **[14 poin]** Tinjau suatu wahana antariksa (*spacecraft*) seperti wahana *Genesis* yang mendarat di Bumi pada tahun 2004 atau wahana *Curiosity* yang mendarat di Mars pada tahun 2012. Untuk mendaratkan wahana antariksa dari luar angkasa menuju Bumi atau planet lain seperti Mars, ada tiga fase perlambatan yang harus dilalui agar wahana tersebut dapat mendarat dengan selamat.

Fase pertama: Wahana antariksa tersebut mengalami perlambatan yang disebabkan oleh gesekan dengan atmosfer.

- [0,7 poin]** Jika wahana antariksa tersebut memiliki luas penampang A dan bergerak dengan kecepatan v memasuki lapisan atmosfer dari planet, berapa massa udara yang ditumbuk oleh wahana tersebut selama periode waktu yang singkat Δt ? Massa jenis udara pada lapisan atmosfer tersebut adalah ρ .
- [1,4 poin]** Asumsikan bahwa partikel-partikel udara tersebut langsung memiliki kecepatan sebesar v setelah ditumbuk oleh wahana antariksa. Berapa gaya yang diterima oleh partikel-partikel udara tersebut dari wahana antariksa?
- [4,2 poin]** Pada fase pertama ini, kita dapat mengabaikan pengaruh dari gravitasi planet karena efeknya jauh lebih kecil dari hambatan udara. Kita dapat mengasumsikan pula bahwa udara pada lapisan atmosfer adalah gas ideal yang selalu mengalami proses isothermal, sehingga massa jenis udara sebanding dengan tekanan udara, yang memiliki ketergantungan terhadap ketinggian z dari permukaan planet $\rho = \rho_s \exp(-z/H)$, dimana ρ_s adalah massa jenis udara di permukaan planet dan H adalah ketinggian karakteristik dari lapisan atmosfer.

Untuk memperkirakan secara kasar nilai dari perlambatan yang dialami wahana antariksa, kita dapat menggunakan *pendekatan orde pertama*, yaitu mengasumsikan bahwa kecepatan v dari wahana antariksa tersebut secara efektif dapat dianggap konstan. Jika ϕ adalah sudut yang dibentuk oleh kecepatan v dan garis vertikal, tentukan perlambatan dari wahana antariksa tersebut. Nyatakan jawaban anda dalam ϕ , ρ_s , A , v , H , massa wahana antariksa m , ketinggian lapisan atmosfer terluar dari permukaan planet z_u , dan selang waktu sejak memasuki lapisan atmosfer terluar t .

Fase kedua: Wahana antariksa tersebut mengalami perlambatan yang disebabkan oleh parasut yang dikeluarkan dari sistem wahana, setelah kecepatan wahana mendekati nilai kecepatan yang aman agar tidak merusak parasut.

- [1,4 poin]** Pada fase ini, kita tidak dapat mengabaikan pengaruh dari gravitasi planet. Akibat parasut, wahana antariksa akan bergerak secara vertikal ($\phi = 0$). Cari *kecepatan terminal* dari wahana antariksa tersebut, yaitu kecepatan wahana ketika pengaruh gaya gravitasi adalah sama dengan pengaruh gaya hambat udara terhadap wahana dan parasut. Nyatakan jawaban kalian dalam m , percepatan gravitasi planet g , massa jenis udara ρ , dan luas penampang dari sistem wahana dan parasut A_p .
- [4,2 poin]** Massa jenis udara dapat kita asumsikan berbentuk $\rho = \rho_p \exp[-(z - z_p)/H]$, di mana ρ_p adalah nilai massa jenis udara pada ketinggian z_p dari permukaan planet ketika parasut diaktifkan. Menggunakan ekspresi kecepatan terminal yang didapat dari soal (d), tentukan durasi T yang dibutuhkan bagi sistem

wahana dan parasut tersebut untuk mencapai permukaan planet. Nyatakan jawaban kalian dalam m , g , H , ρ_p , A_p , dan z_p .

Fase ketiga: Karena kecepatan sistem wahana antariksa dan parasut tersebut bisa jadi belum mendekati nol ketika mencapai permukaan planet sehingga dikhawatirkan dapat merusak wahana antariksa akibat benturan dengan permukaan planet, maka kita perlu menggunakan *retrorockets* untuk lebih memperlambat sistem wahana dan parasut tersebut.

- f) [2,1 poin] Untuk menyalakan *retrorockets*, maka massa dari wahana antariksa m juga harus mencakup massa dari bahan bakar m_b yang dibutuhkan untuk memperlambat sistem wahana dan parasut tersebut. *Retrorockets* dinyalakan dalam waktu yang sangat singkat dan memiliki spesifik impuls I_{sp} , sehingga ia dapat memberikan impuls total sebesar $m_b I_{sp}$ kepada sistem wahana dan parasut. Menggunakan ekspresi kecepatan terminal pada permukaan planet $z = 0$, hitunglah perbandingan m_b/m antara massa bahan bakar dan massa total wahana antariksa. Nyatakan jawaban kalian dalam m , g , H , ρ_p , A_p , z_p , dan I_{sp} .

Jawab:

- (a) [0,7 poin] Selama periode waktu yang singkat Δt , volume yang disapu oleh wahana antariksa tersebut adalah $A v \Delta t$. Maka, massa udara yang ditumbuk oleh wahana tersebut adalah

$$\Delta m = \rho A v \Delta t \quad [0,7 \text{ poin}]$$

- (b) [1,4 poin] Karena partikel-partikel udara langsung memiliki kecepatan sebesar v setelah ditumbuk oleh wahana antariksa, maka partikel-partikel udara tersebut mengalami perubahan momentum sebesar

$$\Delta p = \Delta m v = \rho A v^2 \Delta t \quad [0,7 \text{ poin}]$$

Dengan kata lain, gaya yang diberikan oleh wahana antariksa kepada udara adalah

$$\frac{\Delta p}{\Delta t} = \rho A v^2 \quad [0,7 \text{ poin}]$$

- (c) [4,2 poin] Gaya hambat dari udara kepada wahana antariksa dapat dicari menggunakan hukum aksi-reaksi, yaitu $-\rho A v^2$. Maka, menggunakan hukum Newton dan mengabaikan gaya gravitasi, kita akan mendapatkan

$$ma = -\rho A v^2 \quad [1,4 \text{ poin}]$$

Karena massa jenis udara memiliki bentuk $\rho = \rho_s \exp(-z/H)$, kita akan mendapatkan

$$ma = -\rho_s A v^2 \exp(-z/H)$$

Karena kecepatan wahana v membentuk sudut ϕ terhadap vertikal, dan kecepatan v tersebut secara efektif dapat dianggap konstan, maka kita memiliki persamaan

$$\frac{dz}{dt} = -v \cos \phi$$

$$z = z_u - vt \cos \phi \quad [1,4 \text{ poin}]$$

Oleh karena itu, kita akan mendapatkan

$$a = -\frac{\rho_s A v^2}{m} \exp\left(-\frac{z_u}{H} + \frac{vt}{H} \cos \phi\right)$$

Kita bisa juga menuliskan dalam bentuk sebagai berikut,

$$a = -\left[\frac{\rho_s A v^2}{m} \exp\left(-\frac{z_u}{H}\right)\right] \exp\left(\frac{vt}{H} \cos \phi\right) \quad [1,4 \text{ poin}]$$

Perhatikan bahwa tanda $(-)$ menunjukkan bahwa wahana antariksa tersebut mengalami perlambatan.

(d) [1,4 poin] Menggunakan hukum Newton, kita akan mendapatkan

$$ma = mg - \rho A_p v^2$$

Sistem wahana dan parasut tersebut akan bergerak dengan kecepatan terminal v_T ketika gaya gravitasi sama dengan gaya hambat udara,

$$mg = \rho A_p v_T^2 \quad [0,7 \text{ poin}]$$

$$v_T = \sqrt{\frac{mg}{\rho A_p}} \quad [0,7 \text{ poin}]$$

(e) [4,2 poin] Dari ekspresi kecepatan terminal pada soal (d), kita dapat menuliskan

$$\frac{dz}{dt} = -\sqrt{\frac{mg}{\rho A_p}} \quad [0,7 \text{ poin}]$$

Perhatikan bahwa tanda $(-)$ di sini adalah penting sekali!

Menggunakan ekspresi untuk massa jenis udara $\rho = \rho_p \exp[-(z - z_p)/H]$, kita akan mendapatkan

$$\frac{dz}{dt} = -\sqrt{\frac{mg}{\rho_p A_p}} \exp\left(\frac{z - z_p}{2H}\right) \quad [0,7 \text{ poin}]$$

$$\exp\left(-\frac{z - z_p}{2H}\right) dz = -\sqrt{\frac{mg}{\rho_p A_p}} dt$$

$$\int_{z_p}^z \exp\left(-\frac{z - z_p}{2H}\right) dz = -\sqrt{\frac{mg}{\rho_p A_p}} \int_0^t dt$$

$$2H \left[1 - \exp\left(-\frac{z - z_p}{2H}\right)\right] = -\sqrt{\frac{mg}{\rho_p A_p}} t \quad [1,4 \text{ poin}]$$

$$t = 2H \sqrt{\frac{\rho_p A_p}{mg}} \left[\exp\left(-\frac{z - z_p}{2H}\right) - 1\right]$$

Jika T adalah selang waktu yang dibutuhkan bagi sistem wahana dan parasut untuk mencapai permukaan planet $z = 0$, kita akan mendapatkan

$$T = 2H \sqrt{\frac{\rho_p A_p}{mg}} \left[\exp\left(\frac{z_p}{2H}\right) - 1 \right] \quad [1,4 \text{ poin}]$$

- (f) [2,1 poin] Kecepatan terminal dari sistem wahana dan parasut pada ketinggian z dari permukaan planet adalah

$$v_T = \sqrt{\frac{mg}{\rho_p A_p}}$$

$$v_T = \sqrt{\frac{mg}{\rho_p A_p}} \exp\left(\frac{z - z_p}{2H}\right)$$

Oleh karena itu, kecepatan terminal pada permukaan planet adalah

$$v_T = \sqrt{\frac{mg}{\rho_p A_p}} \exp\left(-\frac{z_p}{2H}\right) \quad [0,7 \text{ poin}]$$

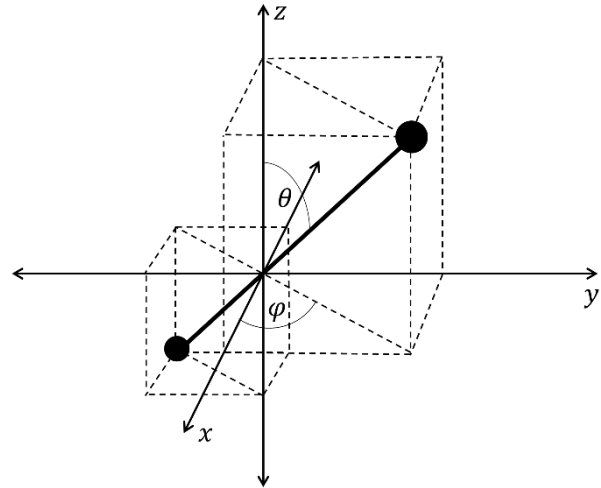
Impuls total dari *retro-rockets* digunakan untuk menghentikan sistem wahana dan parasut, yaitu untuk membuat sistem tersebut memiliki perubahan momentum dari yang awalnya bernilai mv_T menjadi nol. Maka,

$$m_b I_{sp} = mv_T \quad [0,7 \text{ poin}]$$

$$\frac{m_b}{m} = \frac{v_T}{I_{sp}}$$

$$\frac{m_b}{m} = \frac{1}{I_{sp}} \sqrt{\frac{mg}{\rho_p A_p}} \exp\left(-\frac{z_p}{2H}\right) \quad [0,7 \text{ poin}]$$

4. **[15 poin]** Perhatikan suatu dumbel/barbel dengan massa identik, m , di kedua ujungnya, yang pusat massanya diletakkan di pusat koordinat seperti terlihat pada gambar di samping! Jika kedua massa dianggap sebagai massa titik dan batang dumbel dengan panjang d dianggap tidak bermassa,



- [2,25 poin]** tentukan momen inersia dumbel terhadap sumbu rotasi $\hat{x}$, $\hat{y}$, dan $\hat{z}$, yaitu I_{xx} , I_{yy} dan I_{zz} !
- [2,25 poin]** Selain momen inersia pada sumbu-sumbu utama di atas. Momen inersia juga memiliki komponen campuran yang didefinisikan sebagai

$$I_{xy} = I_{yx} = -\sum_{k=1}^N m_k x_k y_k, \quad I_{yz} = I_{zy} = -\sum_{k=1}^N m_k y_k z_k$$

$$\text{dan } I_{zx} = I_{xz} = -\sum_{k=1}^N m_k z_k x_k.$$

Tentukanlah komponen-komponen campuran dari momen inersia untuk sistem dumbel di atas!

Tampak bahwa momen inersia total, I , merupakan kuantitas bernilai matriks yang berbentuk

$$I = \begin{bmatrix} I_{xx} & I_{xy} & I_{xz} \\ I_{yx} & I_{yy} & I_{yz} \\ I_{zx} & I_{zy} & I_{zz} \end{bmatrix}.$$

Selanjutnya, diketahui bahwa kedua massa pada dumbel di atas juga memiliki muatan listrik yang identic, yaitu q . Sistem dua muatan seperti gambar di atas dikenal sebagai dipol listrik. Selanjutnya, dumbel akan disebut sebagai dipol. Dipol tersebut berotasi dengan vektor momentum sudut $\boldsymbol{\omega} = \omega(-\cos \theta \cos \varphi, -\cos \theta \sin \varphi, \sin \theta)$.

- [3,75 poin]** Momentum sudut, $\boldsymbol{J}$, merupakan besaran vektor yang didefinisikan sebagai perkalian matriks $\boldsymbol{J} = I \cdot \boldsymbol{\omega}$. Tentukanlah momentum sudut dari sistem dipol di atas!
- [2,25 poin]** Sistem dipol tersebut dikenai medan Listrik homogen $\boldsymbol{E} = E_0 \hat{z}$. Tentukan gaya total dan momen gaya total yang dirasakan oleh dipol!
- [3,0 poin]** Momentum sudut yang diberikan di atas menggambarkan gerak presesi dengan sudut $\theta = \theta_p$ yang bernilai konstan. Tentukanlah frekuensi dari gerak presesi tersebut!
- [1,5 poin]** Gambarkan grafik θ_p terhadap E_0 !

Jawab:

Untuk mengerjakan soal ini, perlu pengetahuan tentang gerak presesi. Seluruh definisi besaran yang digunakan telah diberikan di soal.

- a. [2,25 poin] Karena batang dianggap tidak bermassa, maka momen inersia hanya berasal dari massa titik di ujung-ujungnya.

$$I_{xx} = \frac{md^2}{2} (1 - \sin^2 \theta \cos^2 \varphi), \quad [0,75 \text{ poin}]$$

$$I_{yy} = \frac{md^2}{2} (1 - \sin^2 \theta \sin^2 \varphi), \quad [0,75 \text{ poin}]$$

$$I_{zz} = \frac{md^2}{2} (1 - \cos^2 \theta) = \frac{md^2}{2} \sin^2 \theta. \quad [0,75 \text{ poin}]$$

- b. [2,25 poin] Dengan menggunakan definisi momen inersia komponen campuran di atas, didapat

$$I_{xy} = -\frac{md^2}{2} \sin^2 \theta \sin \varphi \cos \varphi, \quad [0,75 \text{ poin}]$$

$$I_{yz} = -\frac{md^2}{2} \sin \theta \cos \theta \sin \varphi, \quad [0,75 \text{ poin}]$$

$$I_{zx} = -\frac{md^2}{2} \sin \theta \cos \theta \cos \varphi. \quad [0,75 \text{ poin}]$$

- c. [3,75 poin] Melalui definisi momentum sudut umum, didapat bahwa,

$$\mathbf{J} = \begin{pmatrix} I_{xx}\omega_x + I_{xy}\omega_y + I_{xz}\omega_z \\ I_{yx}\omega_x + I_{yy}\omega_y + I_{yz}\omega_z \\ I_{zx}\omega_x + I_{zy}\omega_y + I_{zz}\omega_z \end{pmatrix}. \quad [1,5 \text{ poin}]$$

Dengan mensubstitusi vektor $\boldsymbol{\omega}$ dari soal dan I dari jawaban (a-b), didapat

$$J_x = -\frac{md^2\omega}{2} (\cos \theta \cos \varphi), \quad [0,75 \text{ poin}]$$

$$J_y = -\frac{md^2\omega}{2} (\cos \theta \sin \varphi), \quad [0,75 \text{ poin}]$$

$$J_z = \frac{md^2\omega}{2} \sin \theta. \quad [0,75 \text{ poin}]$$

- d. [2,25 poin] Momen gaya yang dirasakan oleh satu muatan Adalah

$$\boldsymbol{\tau}_1 = \mathbf{r} \times \mathbf{F} = \frac{d}{2} \begin{pmatrix} \sin \theta \cos \varphi \\ \sin \theta \sin \varphi \\ \cos \theta \end{pmatrix} \times qE_0 \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 1 \end{pmatrix} = \frac{dqE_0}{2} \begin{pmatrix} \sin \theta \sin \varphi \\ -\sin \theta \cos \varphi \\ 0 \end{pmatrix} \quad [1,5 \text{ poin}]$$

Sehingga momen gaya total pada dipol Adalah

$$\boldsymbol{\tau} = dqE_0 \begin{pmatrix} \sin \theta \sin \varphi \\ -\sin \theta \cos \varphi \\ 0 \end{pmatrix}. \quad [0,75 \text{ poin}]$$

- e. [3,0 poin] Momen gaya merupakan perubahan momentum sudut per waktu, $\boldsymbol{\tau} = d\mathbf{J}/dt$ [0,75 poin] sehingga

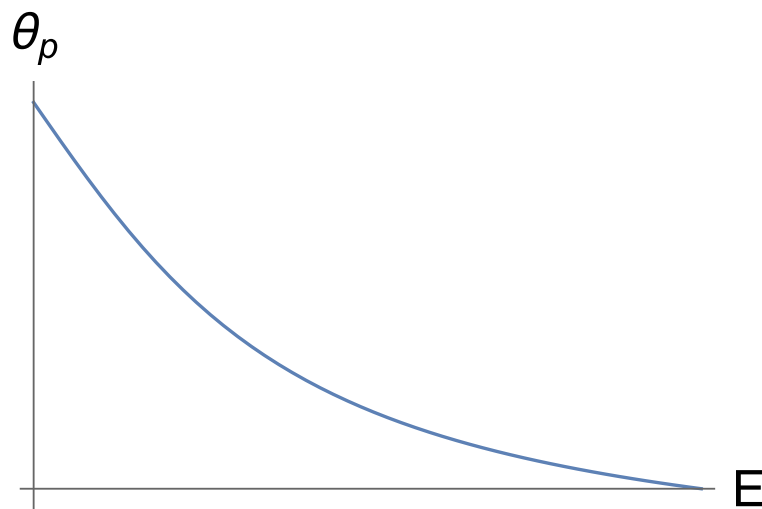
$$dqE_0 \begin{pmatrix} \sin \theta_p \sin \varphi \\ -\sin \theta_p \cos \varphi \\ 0 \end{pmatrix} = \frac{md^2\omega}{2} \begin{pmatrix} \cos \theta_p \sin \varphi \\ -\cos \theta_p \cos \varphi \\ 0 \end{pmatrix} \frac{d\varphi}{dt}. \quad [1,5 \text{ poin}]$$

Frekuensi sudut dari presesi dipol teresbut adalah $\Omega = \frac{d\varphi}{dt}$, yang dapat ditentukan dari persamaan di atas,

$$\Omega = \frac{2qE_0}{md\omega} \tan \theta_p. \quad [0,75 \text{ poin}]$$

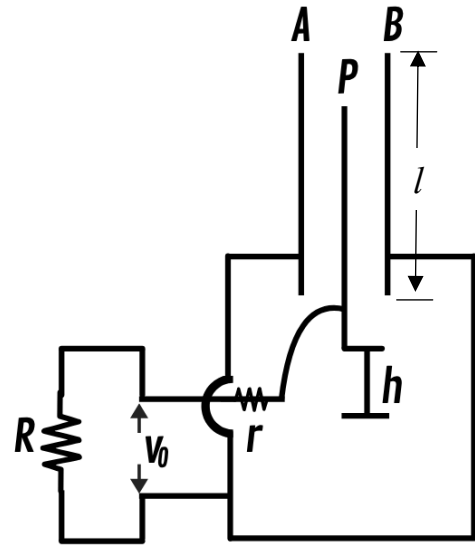
- f. [1,5 poin] Berikut adalah plot medan terhadap sudut

[1,5 poin]



Tampak bahwa apabila kuat medan semakin besar, maka dipol akan semakin searah dengan medan.

5. **[10 poin]** Pelat logam datar P, A, dan B memiliki dimensi yang sama $a \times l$, dimana l pada arah vertikal (lihat Gambar samping) diletakkan secara vertikal. Pelat P, bermassa M , dapat bebas bergerak vertikal diantara pelat A dan B. Jarak pelat P ke A dibanding P ke B adalah 1 : 2. Ketiga pelat tersebut membentuk kapasitor pelat sejajar ganda. Misalkan muatan total pada sistim kapasitor ini adalah q . Abaikan semua efek medan di ujung pelat. Asumsikan kapasitor ini mengalami pelepasan muatan melalui resistor beban eksternal R , dan resistansi internal, r . Asumsikan pelepasan muatan posesnya cukup lambat sehingga sistem selalu berada dalam kesetimbangan statis. Tentukan:



- [1,0 poin]** energi gravitasi sistem dari pelat P dinyatakan dalam h dan parameter lainnya yang diketahui.
- [3,0 poin]** energi elektrostatik sistem dinyatakan dalam h , muatan q , dan parameter lainnya yang diketahui.
- [3,0 poin]** nilai h dinyatakan dalam muatan q dan parameter lainnya.
- [3,0 poin]** Tegangan output saat kapasitor dikosongkan.

Jawab:

- (a) **[1,0 poin]** Dalam sistim kapasitor ini yang dapat bebas bergerak secara vertical hanya pelat P, pelat A dan B dibuat fiks stasioner. Jadi energi gravitasi sistem kapasitor adalah energi potensial sebesar (tidak ada energi kinetik):

$$W = M g h. \quad [1 \text{ poin}]$$

- (b) **[3,0 poin]** Diketahui jarak P ke A dan jarak P ke B sebagai PA : PB = 1 : 2. Dan dimensi ke-3 pelat sama yaitu lebar a dan panjang l , dan ketika $h = h_0$, puncak pelat P sama tinggi dengan puncak pelat A dan B.

Luas penampang pelat setiap saat: $S = a (l + h - h_0)$

Jadi kapasitansi ke-2 kapasitor:

$$C_1 = \frac{\epsilon_0 S}{x_1} = \frac{\epsilon_0 a (l + h - h_0)}{d/3} = \frac{3 \epsilon_0 a (l + h - h_0)}{d} \quad [0,5 \text{ poin}]$$

$$C_2 = \frac{\epsilon_0 S}{x_2} = \frac{\epsilon_0 a (l + h - h_0)}{2d/3} = \frac{3 \epsilon_0 a (l + h - h_0)}{2d} \quad [0,5 \text{ poin}]$$

Dari formula diatas diperoleh: $C_1 = 2C_2$

Dari gambar terlihat bahwa kedua kapasitor di susun **parallel**,

jadi C pengganti pada saat pelat P pada ketinggian h adalah:

$$C_t = C_1 + C_2 = 2C_2 + C_2 = 3C_2 = \frac{9\varepsilon_0 a(l+h-h_0)}{2d} \quad [0,5 \text{ poin}]$$

Karena parallel, maka tegangannya sama, $V_1 = V_2 = V$, sehingga:

Karena $C_1 : C_2 = 2 : 1$, maka $q_1 : q_2 = 2 : 1$ ($Q = CV$)

Jadi Muatan di kapasitor:

$$q = q_1 + q_2 = 2q_2 + q_2 = 3q_2 = \frac{3}{3} q = q \quad [0,5 \text{ poin}]$$

Energi elektrostatis yang tersimpan dalam sistem adalah

$$W_e = W_1 + W_2 = \frac{1}{2} q_1^2 \frac{1}{C_1} + \frac{1}{2} q_2^2 \frac{1}{C_2} \quad [0,5 \text{ poin}]$$

$$W_e = \frac{1}{2} \left(\frac{2q}{3} \right)^2 \frac{d}{3\varepsilon_0 a(l+h-h_0)} + \frac{1}{2} \left(\frac{q}{3} \right)^2 \frac{2d}{3\varepsilon_0 a(l+h-h_0)}$$

$$W_e = \frac{q^2 d}{9\varepsilon_0 a(l+h-h_0)} \quad [0,5 \text{ poin}]$$

(c) **[3,0 poin]** Energi total sistem adalah:

$$W = W_g + W_e = Mgh + \frac{q^2 d}{9\varepsilon_0 a(l+h-h_0)} \quad [0,5 \text{ poin}]$$

Karena proses pelepasan muatan lambat, pelat P untuk setiap pelepasan q akan menyesuaikan diri melalui posisi kesetimbangan h dimana **energi sistem minimum**.

Jadi untuk setiap pelepasan q ,

[0,5 poin]

berlaku $\partial W / \partial h = 0$, dan memberikan:

$$\frac{\partial W}{\partial h} = Mg - \frac{q^2 d}{9\varepsilon_0 a(l+h-h_0)^2} = 0 \quad [1 \text{ poin}]$$

$$(l+h-h_0)^2 = \frac{q^2 d}{9\varepsilon_0 aMg}$$

$$h = \frac{q}{3} \sqrt{\frac{d}{\varepsilon_0 aMg}} + h_0 - l \quad [1 \text{ poin}]$$

Tampak bahwa h bervariasi secara linear terhadap q .

(d) **[3,0 poin]** Saat sistem melepaskan muatan melalui R , q berkurang dan h berkurang juga. Oleh karena itu, tegangan outputnya:

$$V_0 = \frac{q_1}{C_1} = \frac{q_2}{C_2} = \frac{2qd}{9\varepsilon_0 a(l+h-h_0)} \quad [1 \text{ poin}]$$

Sementara dari jawaban (c) diperoleh:

$$\frac{q}{3} = \left((l + h - h_0) \sqrt{\frac{\epsilon_0 a M g}{d}} \right) \quad [1 \text{ poin}]$$

Substitusikan nilai $q/3$ ke pers. di atasnya, diperoleh:

$$V_0 = \frac{2}{3} \sqrt{\frac{M g d}{\epsilon_0 a}} \quad [1 \text{ poin}]$$

Terlihat bahwa nilai V_0 tidak berubah terhadap perubahan q , yaitu V_0 tetap konstan saat kapasitor dilepaskan muatannya secara perlahan.

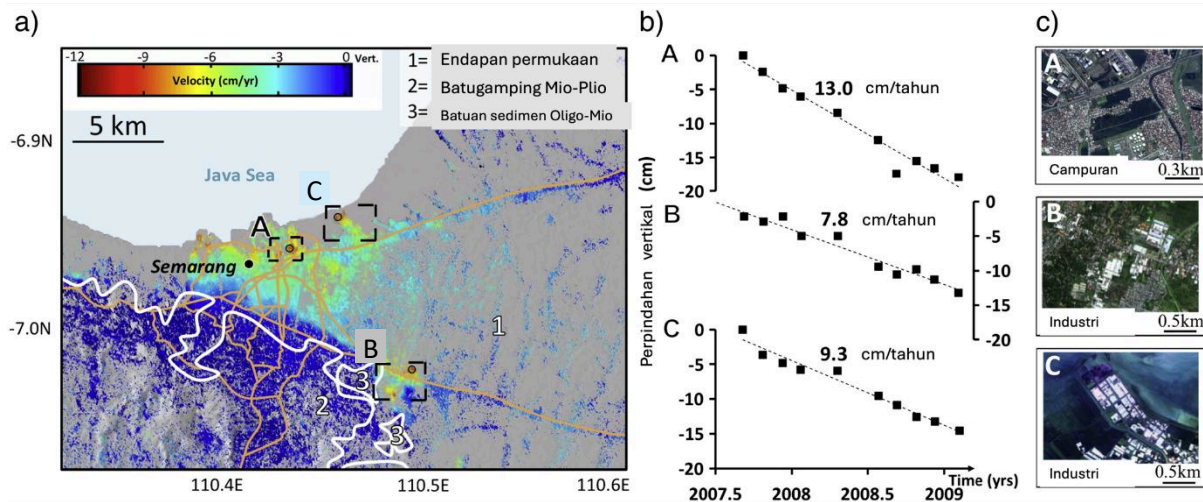


GEOGRAFI

TES TERTULIS

BAGIAN I KRISIS MULTIDIMENSI PANTURA JAWA

Referensi A1.



Kawasan Pesisir Utara (Pantura) Jawa merupakan urat nadi perekonomian nasional, pusat aglomerasi industri, dan rumah bagi puluhan juta penduduk. Namun, di balik dinamika pembangunannya, kawasan ini menyimpan sebuah "krisis sunyi" yang mengancam keberlanjutannya: amblesan tanah (*land subsidence*). Fenomena ini, yang diperparah oleh kenaikan muka air laut akibat perubahan iklim, menciptakan krisis multidimensi yang kompleks.

Kota Semarang, sebagai salah satu kota metropolitan terbesar di Pantura, menjadi laboratorium hidup dari krisis ini. Amblesan tanah di Semarang tidak hanya menyebabkan banjir rob yang semakin parah dan meluas, tetapi juga merusak infrastruktur vital, mengancam kawasan cagar budaya, dan meningkatkan kerentanan sosial-ekonomi masyarakat. Data geospasial dari citra satelit dan pemantauan di lapangan menjadi instrumen krusial untuk memahami laju, pola spasial, dan faktor pemicu dari bencana geologi ini. Dengan menganalisis data tersebut, kita dapat membedah hubungan kausal antara karakteristik geologi, tata guna lahan, dan aktivitas manusia dalam mengakselerasi amblesan, serta merumuskan strategi mitigasi dan adaptasi yang berbasis bukti ilmiah.

Amblesan (*subsidence*) yang diamati di Semarang dan sekitarnya ditinjau dari data-data spasial dan temporal ditunjukkan sebagai berikut:

Gambar a pada Referensi A1 menunjukkan peta kecepatan rata-rata periode 2007–2009. Jalan ditampilkan dalam warna coklat muda dan kota utama (Semarang) diberi label sebagai referensi. Sebaran amblesan dihubungkan dengan geologi permukaan (gabungan dari data batuan dasar, geologi permukaan, dan usia dari Peta Geologi Indonesia, 2008). Batas-batas unit geologi ditunjukkan oleh garis putih dan dirujuk menggunakan angka berwarna putih. Endapan permukaan berupa endapan aluvial. Kotak-kotak hitam menunjukkan lokasi dari citra optik Google Earth yang ditampilkan pada Gambar c) yang sesuai dengan area-area yang mengalami amblesan cepat, serta menunjukkan lokasi piksel yang time-series-nya ditampilkan pada Gambar b).

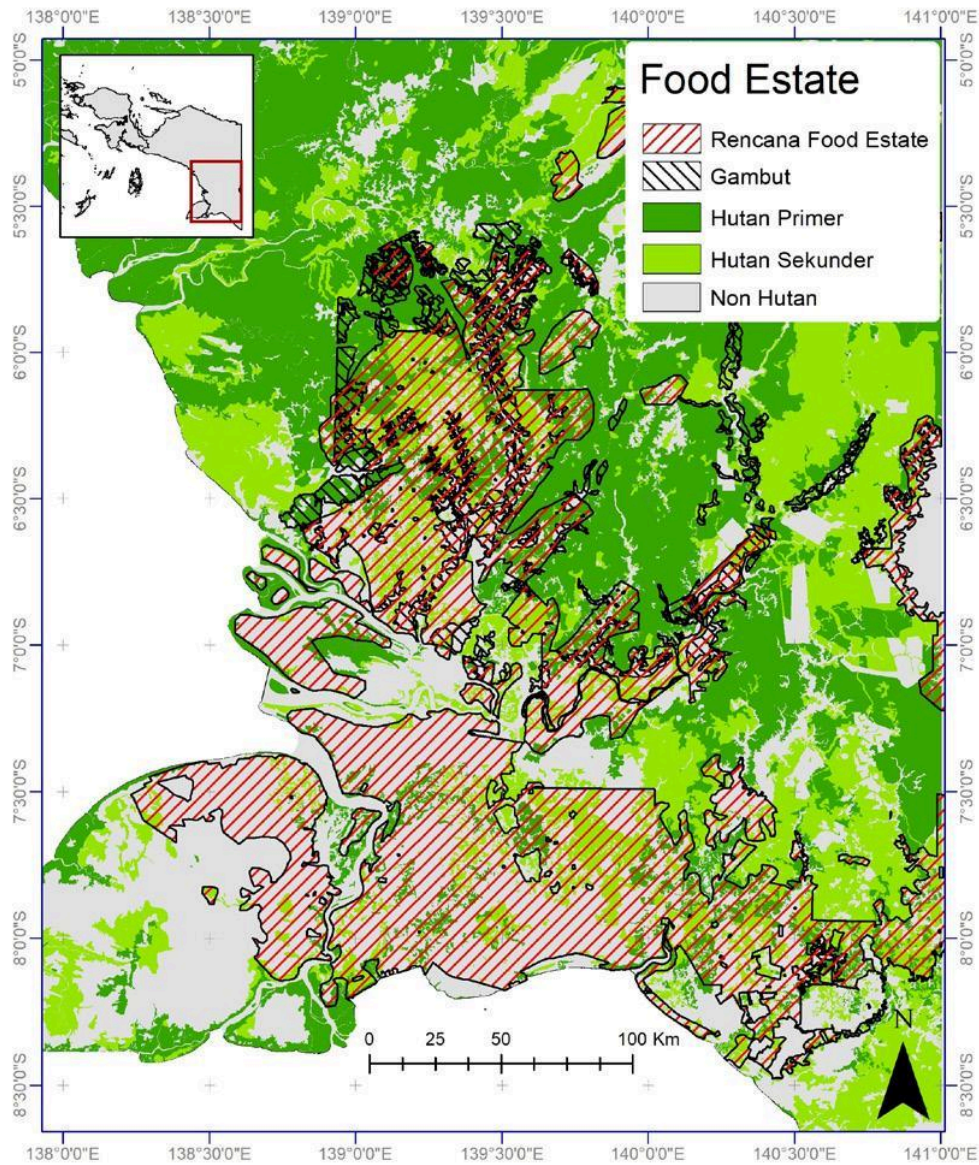
Gambar b pada Referensi A1 menunjukkan time-series perpindahan vertikal dan laju amblesan linier yang sesuai.

Gambar c pada Referensi A1 menunjukkan citra optik Google Earth yang menunjukkan jenis penggunaan lahan di area-area yang mengalami amblesan cepat. Penggunaan lahan dibedakan menjadi daerah industri dan campuran (permukiman dan industri).

1. Perhatikan Gambar a! Dapat diamati bahwa batas amblesan mengikuti batas batugamping dengan endapan permukaan. Jelaskan secara geologis mengapa pola spasial tersebut terjadi! Mengapa amblesan hampir tidak terjadi di wilayah batugamping dan hanya di endapan permukaan? [5]
2. Perhatikan plot di b dan gambar citra c! Terlihat bahwa laju amblesan di wilayah industri dan pemukiman sangat tinggi. Berikan dua contoh aktivitas manusia yang menjadi faktor utama pemicu amblesan, baik di wilayah pemukiman dan juga di kawasan industri! [4]
3. Buatlah dua rekomendasi kebijakan untuk mengatasi masalah ini!
4. Pemerintah berencana membangun sebuah Polder dan sistem tanggul laut baru pada awal tahun 2026 untuk melindungi kawasan industri vital di sekitar titik C (lihat Gambar a). Infrastruktur ini dirancang untuk memiliki masa pakai operasional (*operational lifespan*) selama 25 tahun. Berdasarkan standar keamanan, elevasi puncak tanggul di akhir masa pakainya harus berada minimal 2 meter di atas permukaan tanah saat itu untuk mencegah *overtopping* akibat gelombang dan pasang. Dengan mengasumsikan laju amblesan linier (konstan) seperti yang terukur pada data:
 - a) Hitunglah total penurunan tanah (amblesan) yang akan dialami oleh kawasan industri di titik C selama masa pakai operasional tanggul tersebut! (dari awal tahun 2026 hingga akhir tahun 2050) [3]
 - b) Berapakah ketinggian minimum tanggul yang harus dibangun pada awal tahun 2026 (diukur dari permukaan tanah saat itu) agar tanggul tersebut tetap fungsional hingga akhir masa pakainya? [2]

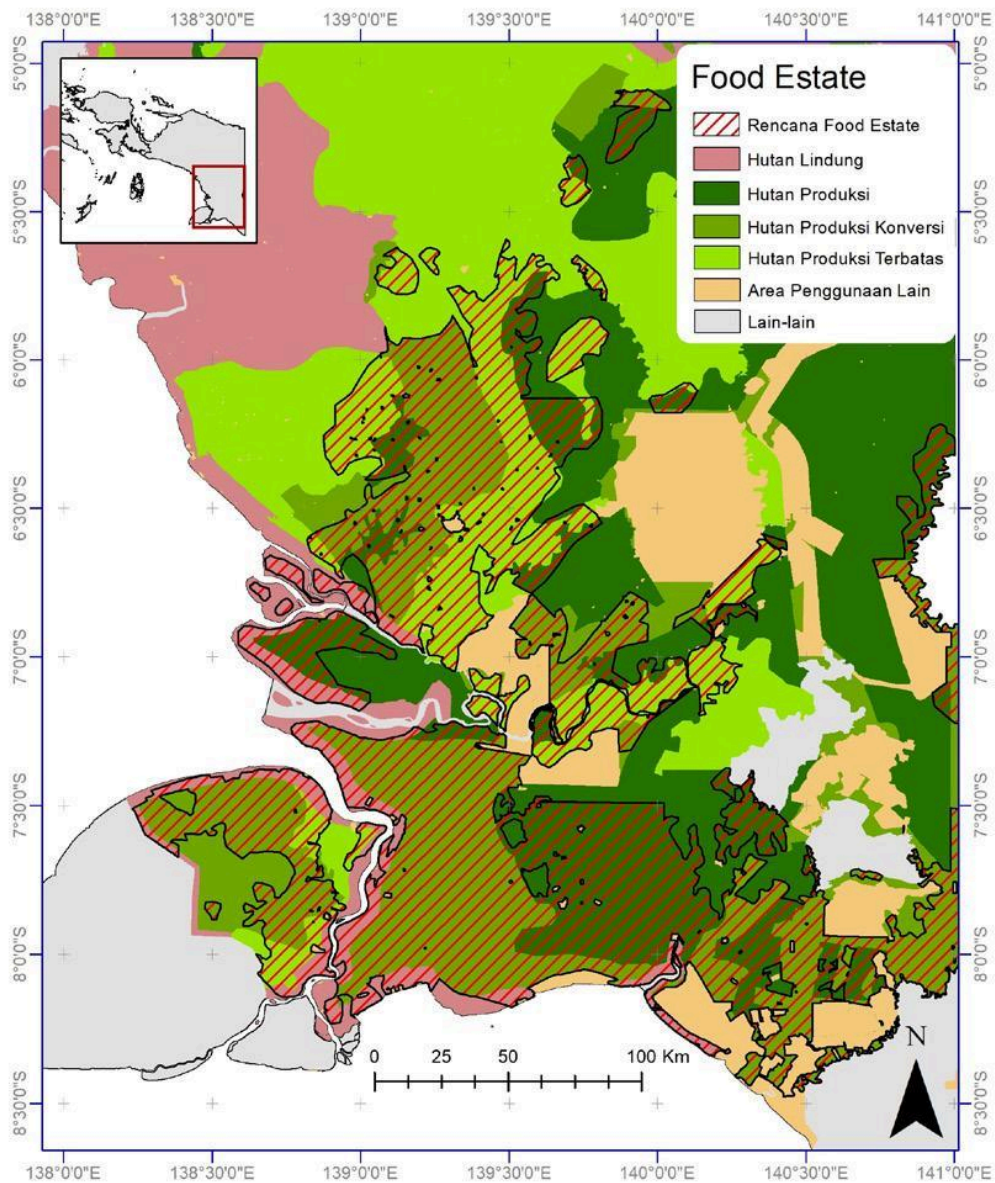
BAGIAN II DILEMA *FOOD ESTATE* PAPUA SELATAN

Referensi B1. Peta wilayah rencana *Food Estate*, serta tutupan eksisting lahan dan gambut.



Sumber: Kementerian Koordinator Bidang Pangan, 2025

Referensi B2. Peta wilayah rencana *Food Estate* dan kawasan hutan.



Sumber: Kementerian Koordinator Bidang Pangan, 2025

Pada tahun-tahun terakhir, pemerintah Indonesia menaruh perhatian besar pada penguatan ketahanan pangan nasional. Salah satu program yang digagas adalah *Food Estate* di Papua Selatan, khususnya di Kabupaten Merauke. Proyek ini menargetkan pembukaan lahan sawah seluas 1,18 juta hektar serta 1,11 juta hektar untuk perkebunan dan bioetanol, dengan lokasi utama di Distrik Ilwayab, Ngguti, Kaptel, dan Muting.

Dari perspektif geografi pertanian, *food estate* diharapkan menjadi lumbung pangan baru, meningkatkan produktivitas beras, menambah pasokan bioetanol, serta mengurangi ketergantungan Indonesia pada impor beras. Namun, dari perspektif geografi budaya, rencana ini memunculkan dilema besar. Lahan yang ditetapkan merupakan ruang hidup masyarakat adat Marind yang selama berabad-abad menggantungkan kehidupan pada sagu, rawa gambut, hutan, serta perburuan tradisional.

Peta tata rencana *food estate* (Gambar 1) memperlihatkan bahwa sebagian besar area *food estate* tumpang tindih dengan lahan gambut, serta bersinggungan dengan hutan lindung dan hutan produksi (Gambar 2). Hal ini berisiko menimbulkan kerusakan ekologis, emisi karbon, dan hilangnya ekosistem penting yang juga berfungsi sebagai penyangga budaya. Hutan sagu yang menjadi makanan pokok dan identitas budaya Marind juga terancam hilang jika lahan dialihkan untuk sawah dan perkebunan besar.

Selain persoalan lingkungan, program ini juga membuka pintu bagi masuknya tenaga kerja dan infrastruktur dari luar Papua. Hal ini dikhawatirkan menciptakan ketimpangan sosial-ekonomi antara pendatang dan masyarakat adat, serta menimbulkan konflik tanah ulayat yang selama ini dilindungi oleh aturan adat.

Berdasarkan data-data tersebut, jawablah pertanyaan-pertanyaan berikut:

1. Analisislah secara kritis dilema proyek *Food Estate* di Papua Selatan dari perspektif geografi pertanian dan geografi budaya! [3]
2. Berdasarkan data peta yang tersedia, jelaskan potensi konflik spasial antara rencana proyek *Food Estate* dengan kawasan hutan (hutan lindung dan hutan produksi) serta ekosistem gambut! Analisislah bagaimana potensi konflik tersebut dapat berimplikasi pada keberlanjutan produksi pangan di masa depan! [3]
3. Analisislah dampak ekologis (kerusakan gambut, emisi karbon, hilangnya biodiversitas) dan sosial-budaya (terbatasnya akses masyarakat adat, hilangnya sumber pangan sagu, potensi konflik hak ulayat) yang dapat timbul akibat konversi lahan untuk proyek *Food Estate* di Merauke! [3]
4. Dengan memanfaatkan data spasial dan prinsip-prinsip geografi, usulkan sebuah solusi komprehensif untuk menyelaraskan kepentingan ketahanan pangan nasional melalui proyek *Food Estate* dengan pelestarian ekosistem dan budaya masyarakat adat Papua. [5]
5. Data dari Referensi B1 menunjukkan bahwa sebagian besar rencana lokasi *Food Estate* berada di atas ekosistem gambut. Konversi lahan gambut menjadi lahan pertanian memerlukan drainase (pengeringan), yang memicu dekomposisi bahan organik dan pelepasan karbon ke atmosfer.

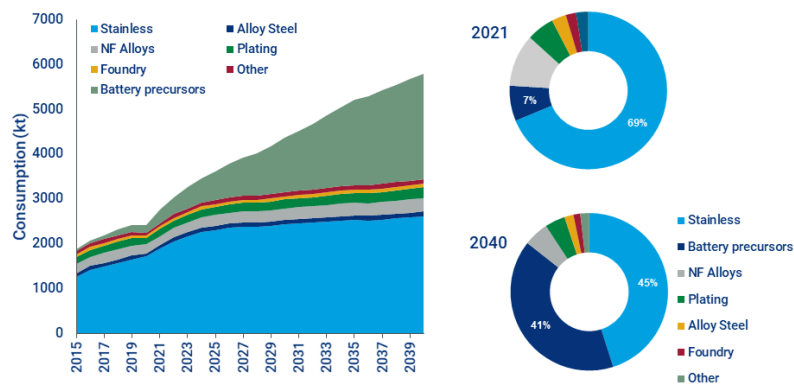
Asumsikan data hipotetik berikut untuk analisis Anda:

- Total target area proyek *Food Estate* adalah 1,18 juta hektar.
- Dari total area tersebut, 60% di antaranya merupakan lahan gambut yang akan dikonversi.

- Rata-rata kedalaman gambut di area tersebut adalah 4 meter.
 - Kepadatan karbon (*carbon density*) pada gambut tropis basah di Papua adalah 75 kg karbon/m³.
- a) Hitunglah total cadangan (stok) karbon dalam satuan ton yang tersimpan di dalam lahan gambut yang akan dikonversi untuk proyek tersebut! [3]
- b) Jika seluruh karbon tersebut terlepas ke atmosfer akibat dekomposisi, hitunglah total potensi emisi Karbon Dioksida (CO₂) dalam satuan Gigaton CO₂ ekuivalen (GtCO₂e)! (Massa atom relatif: C=12; O=16) [3]

BAGIAN III HILIRISASI NIKEL DI INDONESIA TIMUR

Referensi C1. Proyeksi Kebutuhan dan Pemanfaatan Nikel Global.

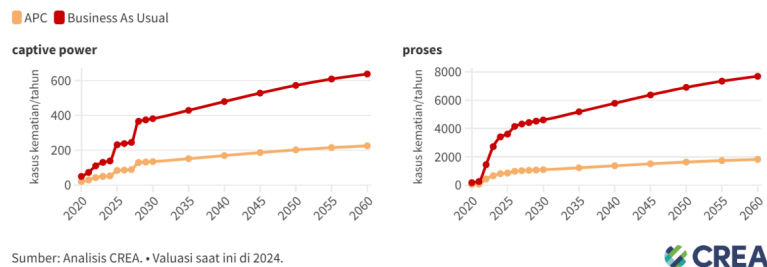


Sumber: Wood Mackenzie, 2021

Referensi C2. Kematian tahunan terkait polusi udara tanpa intervensi (basis) dan dengan instalasi APC (APC), terkait dengan pabrik peleburan dan pembangkit listrik *captive*.

Kematian akibat polusi udara terkait emisi smelter dan captive power, berdasarkan skenario (Business-As-Usual vs. APC), dan berdasarkan kategori sumber (captive power vs. proses)

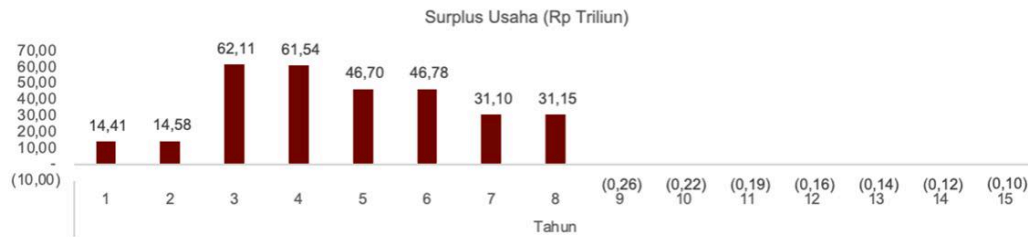
APC Business As Usual



Sumber: Analisis CREA • Valuasi saat ini di 2024.

Sumber: CREA, 2024

Referensi C3. Surplus bisnis industri hilirisasi nikel di tingkat nasional dengan skenario BAU dan RE & APC.



Gambar 3.A Surplus bisnis di tingkat nasional dengan skenario BAU



Gambar 3.B Surplus bisnis di tingkat nasional dengan skenario RE dan APC

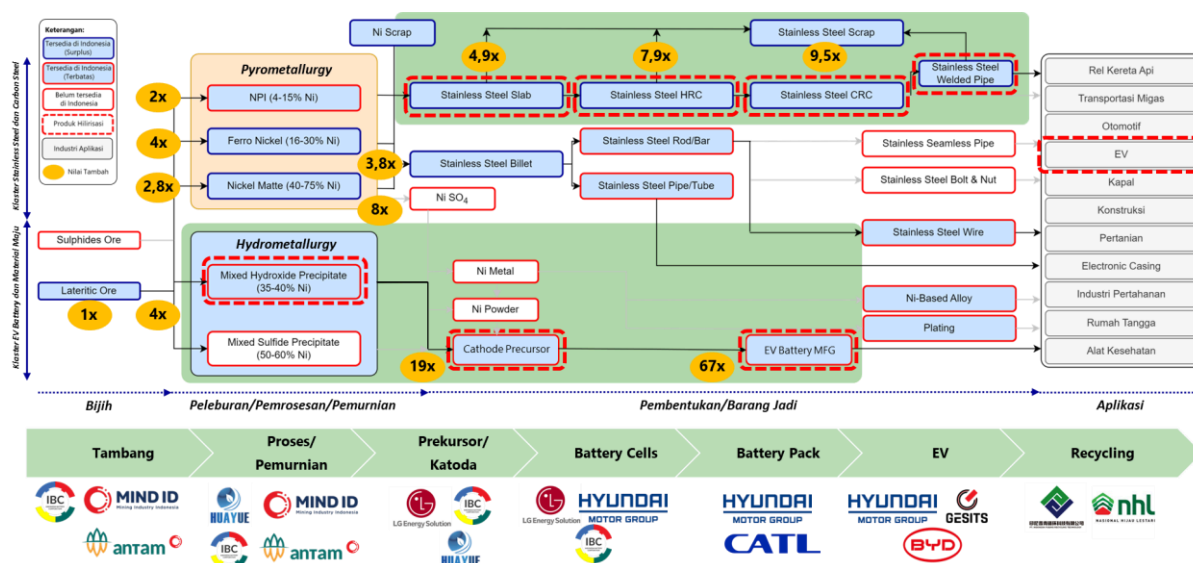
Sumber: CREA, 2024

Referensi C4. PNBP Sektor ESDM.



Sumber: Kementerian ESDM, 2025

Referensi C5. Pohon industri Nikel yang terintegrasi dengan pohon industri komoditas lain.



Sumber: Fariky, 2023

Program hilirisasi nikel merupakan strategi andalan Indonesia untuk mentransformasi sumber daya alam mentah menjadi produk bernilai tambah tinggi, sekaligus menjadikan negara sebagai pemain kunci dalam rantai pasok baterai kendaraan listrik (EV) global. Kebijakan penghentian ekspor bijih nikel pada tahun 2020 menjadi pemicu utama masuknya investasi masif, terutama untuk pembangunan fasilitas pengolahan (*smelter*) di Indonesia Timur. Kebijakan ini terbukti berhasil meningkatkan nilai ekspor secara dramatis dari USD 5,4 miliar pada 2013 menjadi USD 33,8 miliar pada 2022, yang juga berkontribusi pada lonjakan Penerimaan Negara Bukan Pajak (PNBP) sektor mineral dan batu bara (Referensi C4).

Secara strategis, fokus pemanfaatan nikel global sedang mengalami pergeseran signifikan. Jika pada tahun 2021 nikel didominasi untuk produksi *stainless steel* (69%), proyeksi pada tahun 2040 menunjukkan bahwa prekursor baterai akan mengambil porsi hingga 41%, menggarisbawahi pentingnya hilirisasi menuju industri baterai (Referensi C1 dan Referensi C5).

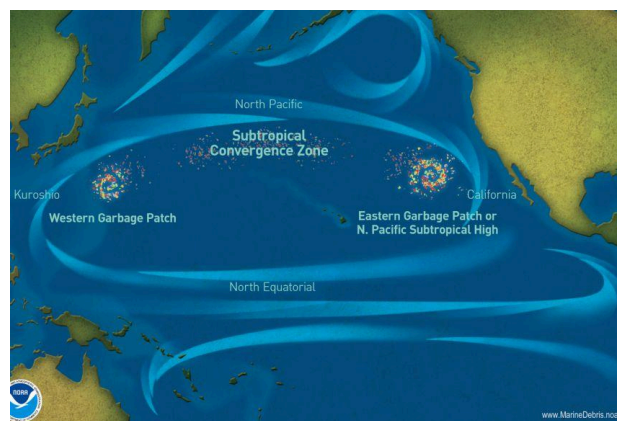
Namun, industrialisasi yang pesat ini menyisakan dilema serius. Industri *smelter* nikel bersifat padat energi dan sangat bergantung pada Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) batu bara sebagai sumber energi *captive power*. Ketergantungan ini tidak hanya mengancam target iklim nasional, tetapi juga menghasilkan polusi udara masif yang berdampak fatal pada kesehatan masyarakat. Referensi C2 memproyeksikan ribuan kematian per tahun akibat emisi dari proses *smelter* dan PLTU-nya jika berjalan dengan skenario *Business-As-Usual* (BAU).

Analisis skenario ekonomi menunjukkan adanya pertarungan antara keuntungan jangka pendek dan keberlanjutan jangka panjang. Skenario BAU menjanjikan surplus bisnis yang tinggi di tahun-tahun awal, namun anjlok menjadi defisit setelah tahun ke-8. Sebaliknya, skenario yang menerapkan teknologi Pengendali Polusi Udara (APC) dan transisi ke Energi Terbarukan (RE), meskipun menghasilkan surplus yang lebih rendah di awal, terbukti lebih stabil dan berkelanjutan (Referensi C3). Hal ini menunjukkan bahwa dampak ekologis dan kesehatan pada akhirnya akan menimbulkan kerugian ekonomi, memaksa Indonesia untuk menyeimbangkan ambisi ekonomi dengan tanggung jawab lingkungan dan sosial.

1. Berdasarkan Referensi C1, bandingkan proporsi (%) kebutuhan nikel global untuk produksi *stainless steel* dan prekursor baterai antara tahun 2021 dan 2040. Jelaskan tren perubahan yang terjadi. [2]
2. Mengacu pada Referensi C2, hitunglah:
 - a) Persentase penurunan total kasus kematian tahunan (gabungan *captive power* dan proses) pada tahun 2055 jika skenario *Air Pollution Control* (APC) diterapkan dibandingkan skenario *Business-As-Usual* (BAU). [3]
 - b) Estimasi nilai kerugian ekonomi (dalam Triliun Rupiah) yang dapat dihindari pada tahun 2050 dengan menerapkan skenario APC, jika setiap kasus kematian akibat polusi udara diasumsikan memiliki valuasi ekonomi sebesar USD 500.000. (Gunakan kurs 1 USD = Rp16.000). [3]
3. Gambar 3.A pada Referensi C3 menunjukkan surplus bisnis pada skenario BAU anjlok signifikan setelah tahun ke-7 dan menjadi negatif pada tahun ke-9. Berdasarkan konteks yang ada, berikan dua argumen plausibel (satu dari sisi ekologis/sosial, satu dari sisi pasar/ekonomi) yang dapat menjelaskan mengapa model bisnis BAU tidak berkelanjutan dalam jangka panjang. [4]
4. Jelaskan kaitan antara kebijakan strategis pemerintah di sektor pertambangan nikel yang dimulai pada tahun 2020 dengan tren peningkatan signifikan PNPB sektor minerba dari tahun 2021 hingga 2024 seperti yang ditunjukkan pada Referensi C4. [2]
5. Berdasarkan keseluruhan data yang disajikan, identifikasi dan jelaskan masing-masing dua peluang utama dan dua tantangan utama yang dihadapi Indonesia dalam menyukseskan program hilirisasi nikel yang berkelanjutan! [6]

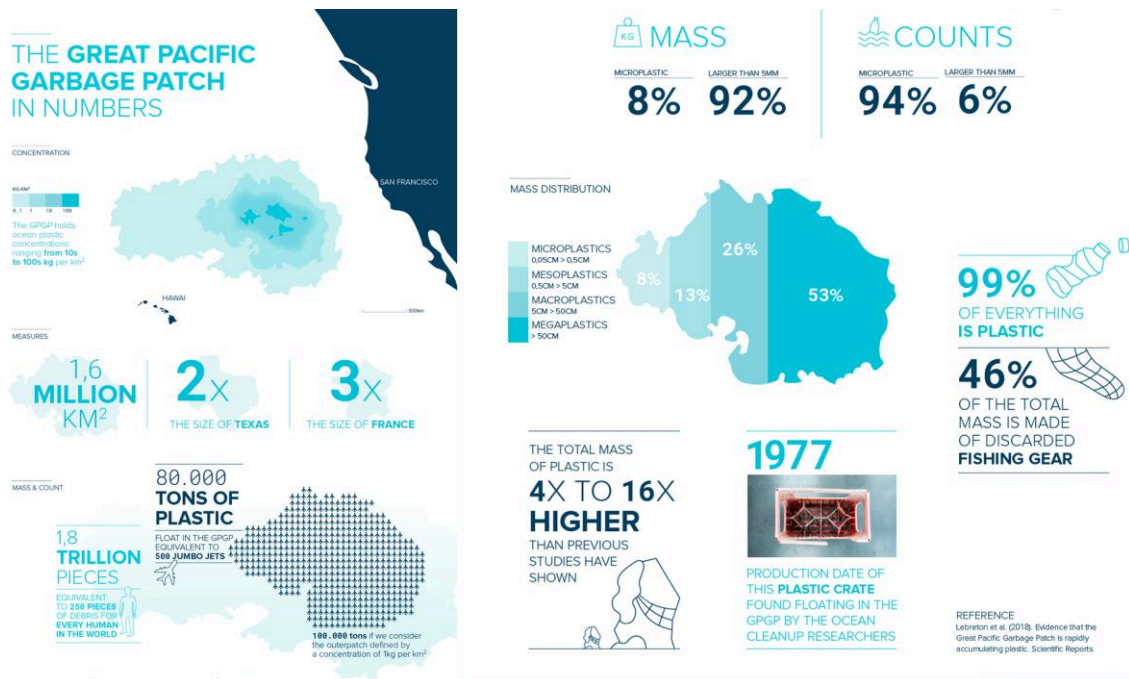
BAGIAN IV GREAT PACIFIC GARBAGE PATCH

Referensi D1. Fenomena spasial *Great Pacific Garbage Patch* (GPGP).



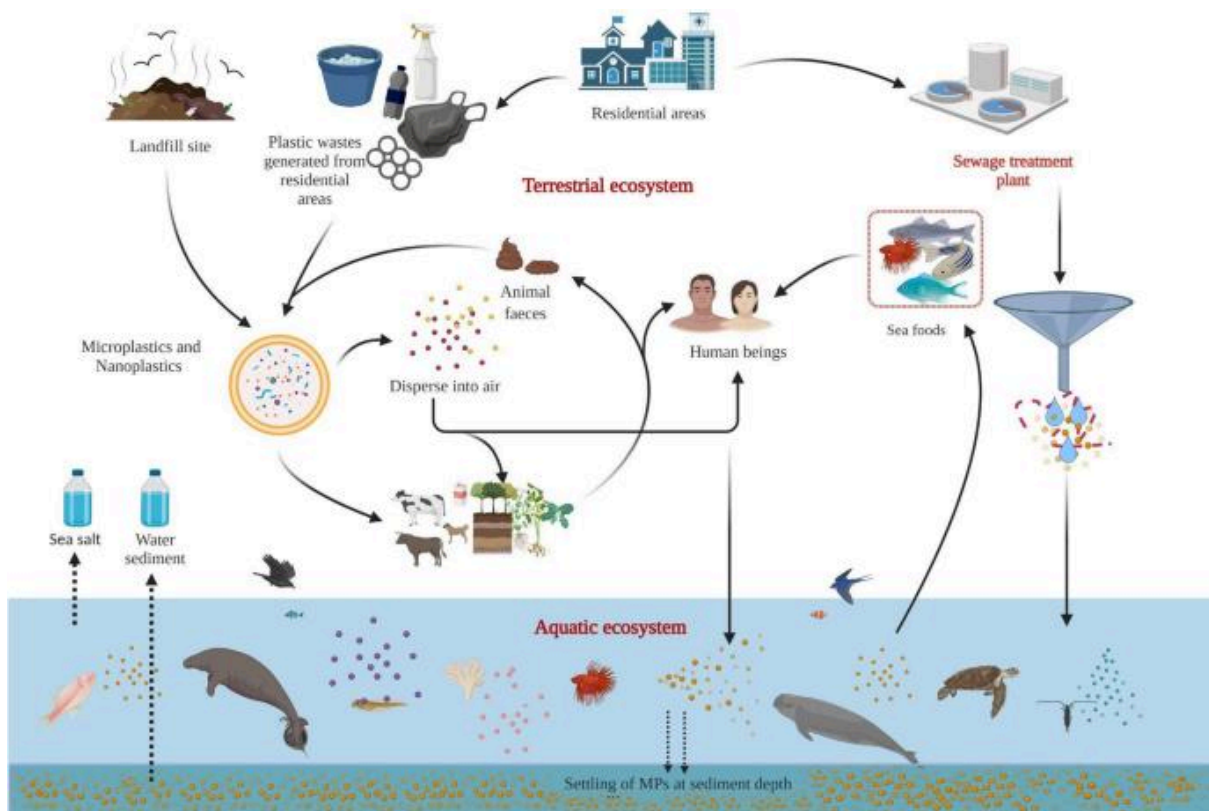
Sumber: NOAA, 2024

Referensi D2. GPGP dalam angka.



Sumber: NOAA, 2024

Referensi D3. Daur mikroplastik.



Sumber: Lamichanne et al., 2022

Referensi D4. Sampah di Pesisir.



Sumber: Gunawijaya, 2025

Plastik, material revolusioner yang menjadi pilar peradaban modern, kini telah menjelma menjadi salah satu ancaman lingkungan paling persisten di planet ini. Sifat utamanya yang membuatnya sangat bermanfaat, justru menjadi kutukan ekologis saat ia memasuki lingkungan. Sejak produksinya secara massal pada pertengahan abad ke-20, diperkirakan lebih dari 9 miliar ton plastik telah dihasilkan, namun kurang dari 10% di antaranya yang berhasil didaur ulang. Sisa dari volume masif ini terakumulasi di tempat pembuangan akhir atau bocor ke alam, terfragmentasi secara perlahan menjadi potongan-potongan kecil yang dikenal sebagai mikroplastik, dan memulai perjalanannya menuju titik kumpul terakhirnya: lautan dunia.

Perjalanan sampah plastik ke laut sebagian besar dimulai dari darat. Sekitar 80% polusi plastik di samudra berasal dari aktivitas manusia di daratan, terutama akibat sistem pengelolaan sampah yang tidak memadai di wilayah perkotaan dan pesisir. Sungai-sungai besar di dunia tanpa disadari berfungsi sebagai "jalan tol" utama, mengangkut jutaan ton

sampah plastik dari pusat populasi menuju muara dan laut lepas setiap tahunnya. Begitu berada di lingkungan laut, sampah ini tidak tinggal diam, melainkan terbawa oleh arus dan angin, memulai migrasi lintas benua yang bisa memakan waktu bertahun-tahun atau bahkan puluhan tahun.

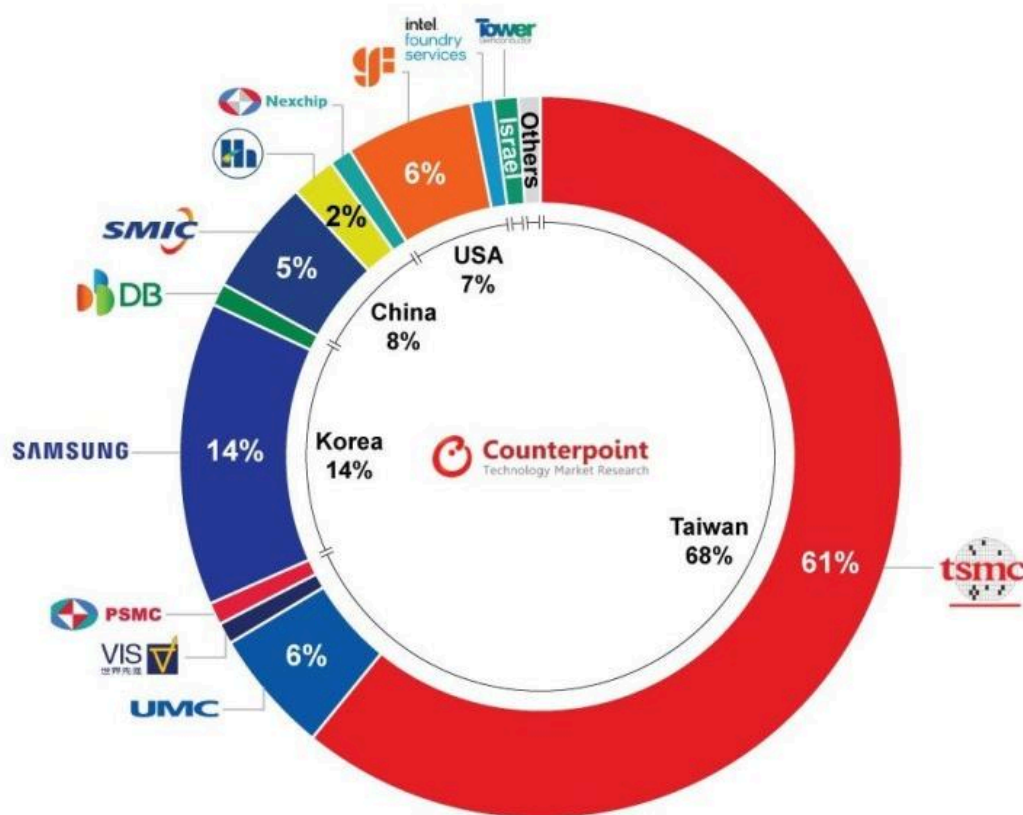
Fenomena akumulasi sampah ini dimungkinkan oleh sistem sirkulasi samudra global yang dikenal sebagai ocean gyres (gire samudra). Gire adalah sistem arus berputar raksasa yang didorong oleh pola angin global dan rotasi Bumi. Di pusat gire-gire ini, air cenderung lebih tenang dan stabil, menciptakan zona konvergensi yang efektif bekerja seperti pusaran air kolosal. Material terapung apa pun yang masuk ke dalam sistem arus ini akan secara perlahan ditarik menuju pusatnya dan terperangkap di sana. Gire Subtropis Pasifik Utara adalah salah satu yang terbesar dan terkuat, menjadikannya lokasi ideal bagi terbentuknya akumulasi sampah plastik dalam skala yang belum pernah terjadi sebelumnya.

Di pusat gire inilah *Great Pacific Garbage Patch* (GPGP) terbentuk. Wilayah ini didefinisikan oleh konsentrasi serpihan plastik yang sangat tinggi, dengan mayoritas massanya terdiri dari mikroplastik yang tersuspensi di kolom air. Meskipun demikian, di antara mikroplastik tersebut, terdapat juga sampah makroplastik yang lebih besar dan sangat merusak, terutama jaring ikan yang dibuang (*ghost nets*), yang menyumbang hampir setengah dari total massa GPGP.

1. Jelaskan proses sirkulasi samudra yang menyebabkan terbentuknya akumulasi sampah di *Great Pacific Garbage Patch* (GPGP) seperti yang diilustrasikan pada Referensi D1! [3]
2. Mengacu pada data komposisi sampah di Referensi D2, jelaskan mengapa GPGP lebih akurat dideskripsikan sebagai "sup plastik" ketimbang "pulau sampah"! [3]
3. Berdasarkan Referensi D3, jelaskan alur bagaimana mikroplastik dapat masuk ke dalam rantai makanan di ekosistem akuatik hingga akhirnya dikonsumsi oleh manusia! [3]
4. Analisislah tiga dampak negatif polusi plastik di lautan, seperti yang terlihat pada Referensi C4, terhadap aspek keberlanjutan lingkungan hidup dan pariwisata pesisir! [4]
5. Berdasarkan Referensi D3, jelaskan alur bagaimana mikroplastik dapat masuk ke dalam rantai makanan di ekosistem akuatik hingga akhirnya dikonsumsi oleh manusia! [3]
6. Menggunakan data dari infografis pada Referensi C2, hitunglah kepadatan massa plastik (dalam kg/km^2) dan kepadatan jumlah serpihan plastik (dalam juta keping/ km^2) di area GPGP! [4]

BAGIAN V GEOPOLITIK SEMIKONDUKTOR/GLOBAL CHIP WAR

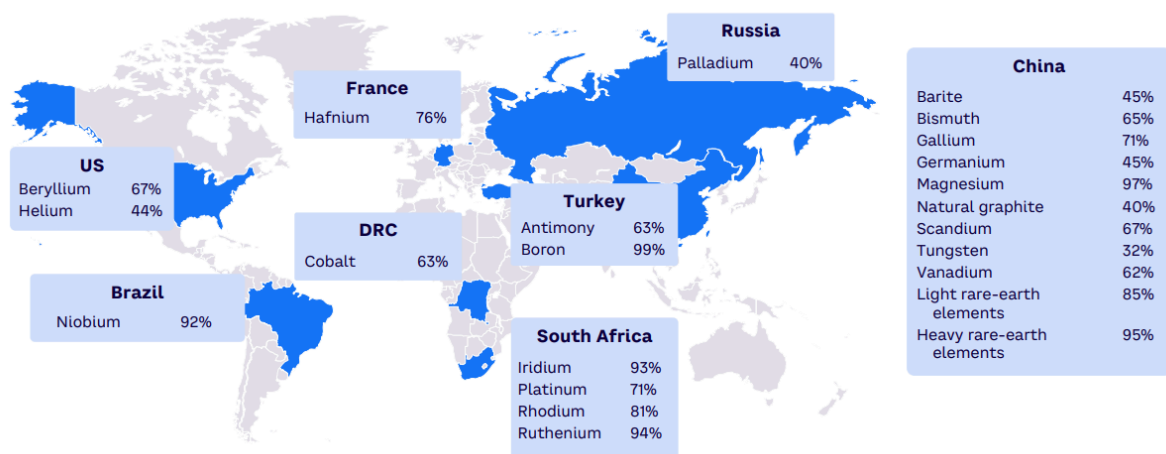
Referensi E1. *Revenue Share Pemain Utama Industri Semikonduktor Global.*



Source: Counterpoint Foundry Revenues Tracker

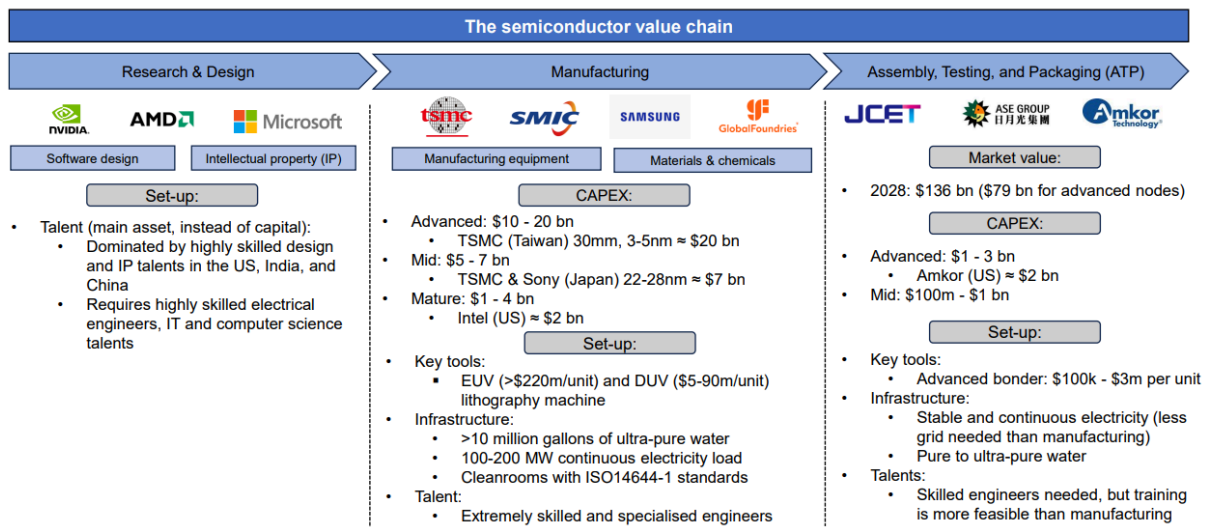
Sumber: CFRT, 2024

Referensi E2. *Raw material supply chain untuk semikonduktor.*



Sumber: European Commission, 2024

Referensi E3. Value Chain Semikonduktor



Sumber: Nathaliana et al., 2025

Semikonduktor, atau chip, adalah "otak" yang menggerakkan hampir setiap aspek kehidupan modern. Dari ponsel pintar dan mobil listrik hingga sistem pertahanan dan kecerdasan buatan, komponen mungil ini telah menjadi sumber daya paling krusial di abad ke-21, sering disebut sebagai "minyak baru". Persaingan untuk menguasai teknologi dan rantai pasoknya pun telah bergeser dari arena bisnis menjadi arena pertempuran geopolitik global, yang kini dikenal sebagai *Global Chip War*.

Rantai nilai semikonduktor (Gambar 3) sangat kompleks dan terfragmentasi secara geografis, menciptakan ketergantungan global yang rentan. Tahap R&D yang padat talenta didominasi oleh perusahaan Amerika Serikat. Tahap Manufaktur, yang paling padat modal dan teknologi, terkonsentrasi secara kritis di Asia Timur, dengan Taiwan (dimotori oleh TSMC) menguasai 68% pangsa pasar global untuk chip canggih (Gambar 1). Sementara itu, tahap hilir *Assembly, Testing, and Packaging* (ATP) tersebar di negara-negara seperti Malaysia dan Indonesia.

Ketegangan utama dalam *Chip War* adalah antara Amerika Serikat dan Tiongkok. AS berupaya membatasi akses Tiongkok ke teknologi chip canggih (seperti mesin *EUV Lithography*) untuk menghambat kemajuan militernya, sementara Tiongkok berinvestasi besar-besaran untuk mencapai swasembada teknologi. Kerentanan rantai pasok ini juga diperparah oleh ketergantungan pada segelintir negara untuk bahan baku mineral kritis (Gambar 2), di mana Tiongkok mendominasi pasokan banyak mineral tanah jarang.

Menanggapi risiko ini, negara-negara maju seperti AS melalui *CHIPS Act*, Uni Eropa, dan Jepang meluncurkan kebijakan masif untuk membangun kemandirian industri chip domestik. Di tengah dinamika ini, Indonesia yang berperan di sektor ATP memiliki potensi untuk memperkuat posisinya, namun dihadapkan pada tantangan besar dalam hal penguasaan teknologi, dan ketersediaan talenta ahli.

1. Berdasarkan Referensi E1, E2, dan E3, analisislah tiga titik kerentanan (*chokepoints*) utama dalam rantai pasok semikonduktor global dari perspektif negara-negara Barat (AS dan Eropa)! Jelaskan bagaimana konsentrasi geografis pada setiap titik tersebut (manufaktur, bahan baku, dan peralatan kunci) menciptakan risiko strategis yang signifikan! [4]

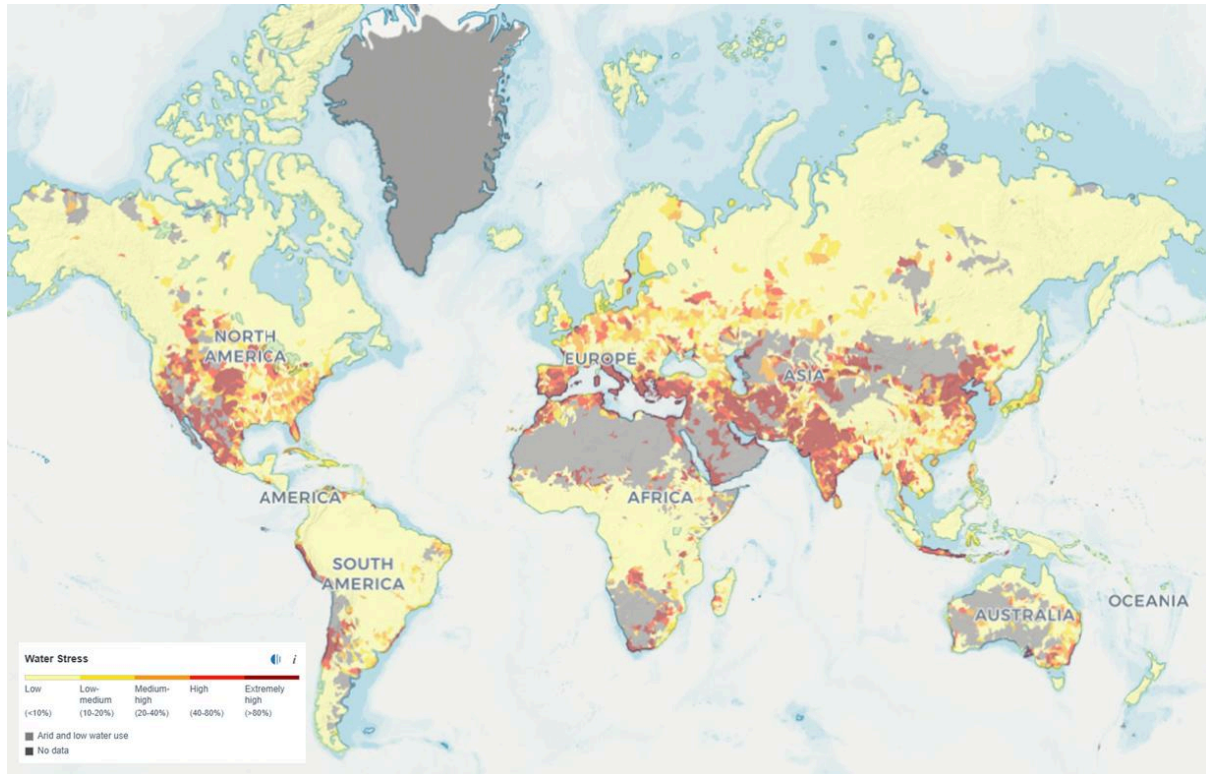
2. Kebijakan seperti CHIPS Act di AS adalah bentuk "*techno-nationalism*" yang bertujuan merelokasi industri manufaktur *chip* canggih ke dalam negeri. Dengan mempertimbangkan data CAPEX yang mencapai \$10-20 miliar untuk satu pabrik canggih dan kebutuhan talenta yang sangat terspesialisasi (Gambar 3), evaluasilah efektivitas dan kelayakan strategi ini. Apakah kebijakan ini merupakan solusi realistis untuk mencapai kemandirian, atau lebih merupakan langkah politis yang berbiaya sangat tinggi dengan hasil yang belum pasti? [3]
3. Saat ini, Indonesia berada di tahap *Assembly, Testing, and Packaging* (ATP) yang bernilai tambah lebih rendah. Jika Anda seorang penasihat kebijakan, susunlah sebuah peta jalan strategis untuk Indonesia agar dapat "naik kelas" dalam rantai nilai semikonduktor dalam 15 tahun ke depan. Usulan Anda harus mencakup tiga pilar: (1) Kebijakan fiskal dan investasi, (2) Reformasi pendidikan dan pengembangan talenta, serta (3) Kemitraan diplomatik dan industri. [6]
4. Dominasi TSMC (Taiwan) dalam produksi *chip* paling canggih di dunia sering disebut sebagai "Perisai Silikon" (*Silicon Shield*), yang berargumen bahwa peran kritisnya dapat menghalangi invasi militer dari Tiongkok karena akan melumpuhkan ekonomi global. Analisislah konsep ini dari dua sisi: Jelaskan bagaimana argumen "perisai" tersebut valid, namun di sisi lain, bagaimana posisi sentral ini justru menjadikan Taiwan sebagai pusat konflik (*flashpoint*) yang paling berbahaya dalam geopolitik global. [2]
6. Sebuah negara maju berencana membangun ekosistem manufaktur chip canggih domestik untuk mengurangi ketergantungan pada TSMC, sejalan dengan semangat *CHIPS Act*.

Asumsikan data hipotetik berikut untuk analisis Anda:

- Negara tersebut menargetkan pembangunan satu pabrik (*fab*) semikonduktor canggih (node 3-5nm).
- Satu pabrik canggih modern membutuhkan 20 unit mesin EUV (*Extreme Ultraviolet Lithography*).
 - a) Menggunakan data rentang CAPEX dari Referensi E3, hitunglah rata-rata biaya investasi (dalam US Dollar dan Rupiah) yang dibutuhkan untuk membangun satu *fab* canggih. (Gunakan kurs 1 US\$ = Rp16.000). [2]
 - b) Menggunakan data biaya "*Key tools*" dari Referensi E3, hitunglah total biaya yang harus dikeluarkan hanya untuk membeli 20 unit mesin EUV. Berapa persen biaya mesin EUV ini dari total rata-rata CAPEX pabrik? [3]

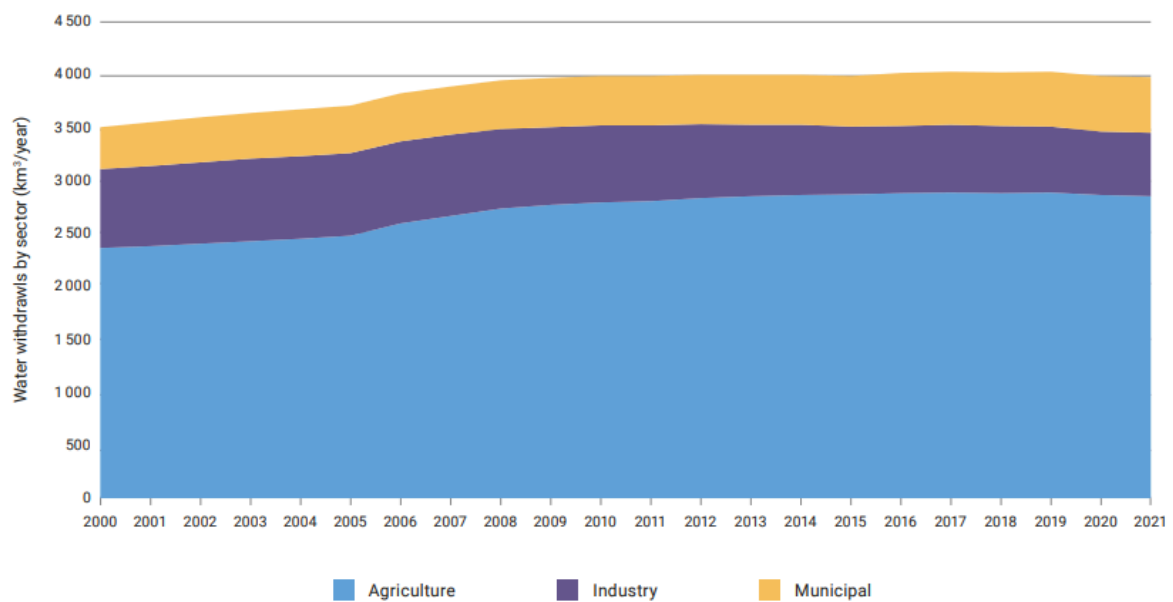
BAGIAN VI KRISIS AIR GLOBAL

Referensi F1. *Global Water Stress 2024.*



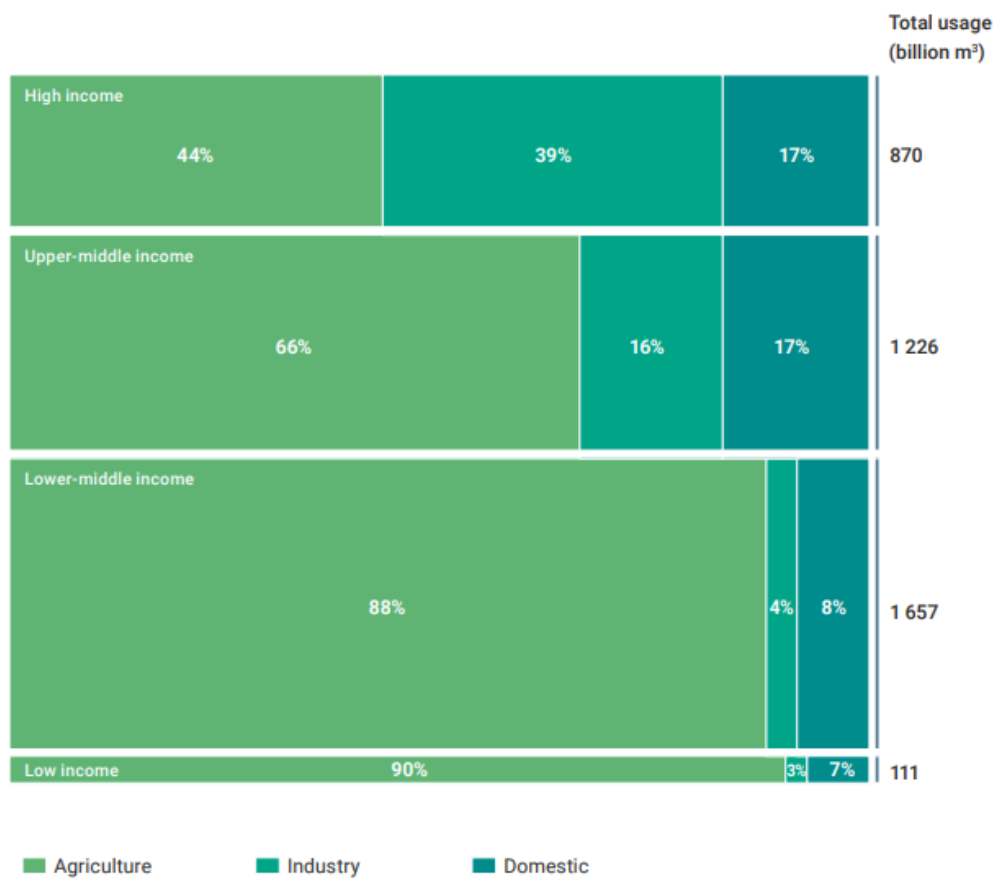
Sumber: WRI, 2025

Referensi F2. *Pengambilan Air Global Berdasarkan Sektor Utama.*



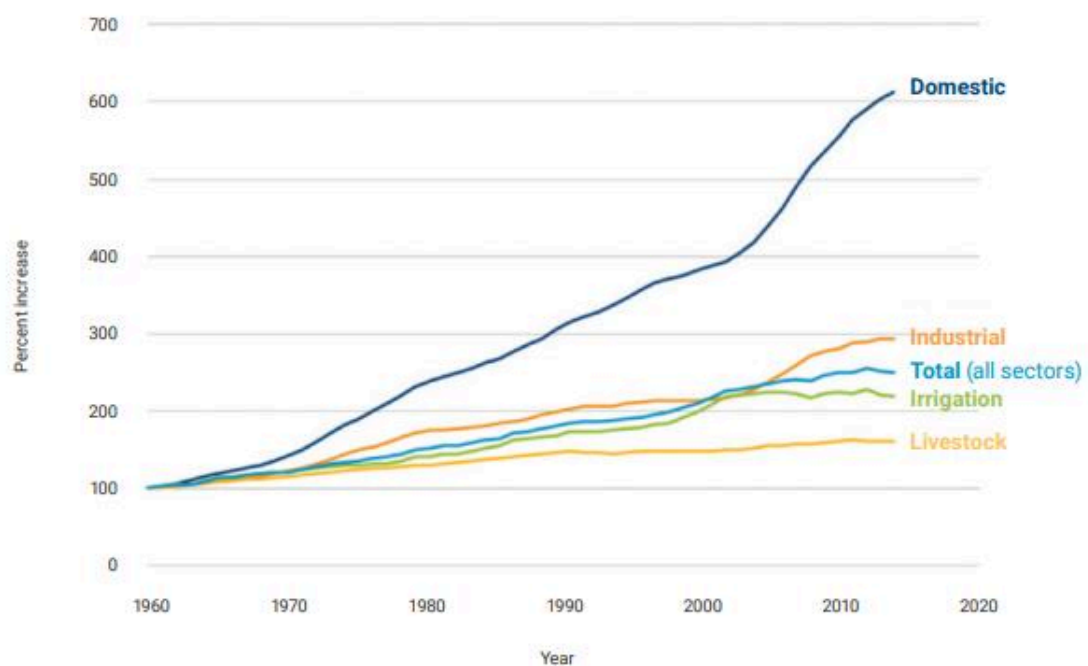
Sumber: AQUASTAT FAO, 2022

Referensi F3. Persentase Pengambilan Air Global Berdasarkan Sektor Utama dan Kelas Pendapatan Negara



Sumber: AQUASTAT FAO, 2022

Referensi F4. Persentase peningkatan pengambilan air berbagai sektor.



Sumber: UN, 2024

Krisis iklim global seringkali didiskusikan melalui lensa kenaikan temperatur dan emisi karbon, namun dampak paling nyata dan mendesak bagi peradaban manusia sesungguhnya dirasakan melalui air. Laporan dari Panel Antarpemerintah tentang Perubahan Iklim (IPCC, 2023) menegaskan bahwa perubahan iklim secara fundamental mengganggu dan mengintensifikasi siklus hidrologi global. Hal ini memanifestasikan dirinya dalam sebuah paradoks yang berbahaya: sebagian wilayah di dunia menghadapi kekeringan ekstrem, sementara wilayah lain dilanda banjir dahsyat. Sebagaimana dipetakan dalam Referensi F1, krisis ini terlihat jelas dalam bentuk "stres air" tingkat tinggi hingga ekstrem yang melanda kawasan-kawasan padat penduduk seperti Afrika Utara, Timur Tengah, Asia Tengah, dan Asia Selatan. Menurut laporan gabungan WHO/UNICEF (2023), saat ini 2,2 miliar orang tidak memiliki akses terhadap air minum yang dikelola secara aman, sebuah kerentanan yang diperparah oleh ketidakpastian iklim.

Di balik tekanan iklim, pendorong utama dari krisis air global adalah pola permintaan manusia yang masif dan tidak merata. Data dari Referensi F2 secara tegas menunjukkan bahwa sektor pertanian merupakan pengguna air terbesar secara absolut, bertanggung jawab atas sekitar 70% dari total pengambilan air global. Ketergantungan pada sektor agrikultur ini menjadi lebih krusial jika dilihat dari perspektif pendapatan negara. Referensi F3 mengilustrasikan bahwa negara-negara berpenghasilan rendah dan menengah-bawah mengalokasikan porsi air yang luar biasa besar, masing-masing 90% dan 88%, untuk pertanian. Fakta ini menggarisbawahi betapa eratnya hubungan antara ketahanan air dan ketahanan pangan, terutama di negara-negara berkembang.

Di luar krisis yang terlihat di permukaan, terdapat ancaman tersembunyi yang tak kalah seriusnya: penipisan air tanah (*groundwater depletion*). Permintaan air yang masif untuk irigasi, yang merupakan tulang punggung pertanian, seringkali dipenuhi dengan eksploitasi air tanah secara berlebihan. Sebagaimana diperingatkan dalam berbagai studi, termasuk yang menggunakan data satelit NASA GRACE, banyak akuifer terbesar di dunia mengalami penipisan pada tingkat yang tidak berkelanjutan. Pada saat yang sama, tren permintaan air di masa depan menunjukkan tantangan baru. Meskipun pertanian mendominasi dari segi volume, Referensi F4 mengungkapkan bahwa sektor domestik menunjukkan laju peningkatan permintaan paling tajam sejak tahun 1960, didorong oleh pertumbuhan populasi, urbanisasi, dan perubahan gaya hidup.

Kompleksitas krisis ini—yang mencakup tekanan iklim, dominasi permintaan agrikultur, dan lonjakan kebutuhan domestik—menuntut solusi lintas sektor. Konsep Nexus Air-Energi-Pangan menyoroti bagaimana kebijakan di satu sektor akan berdampak langsung pada sektor lainnya. Dalam konteks inilah, peran generasi muda sebagai agen perubahan menjadi sangat krusial. Sebagai generasi yang akan mewarisi dampak terberat dari krisis ini, kaum muda bukan hanya menjadi penghubung nilai-nilai sadar lingkungan, tetapi juga inovator yang dapat mendorong efisiensi di sektor pertanian dan konservasi di tingkat domestik. Penguatan kapasitas mereka untuk memahami data, menguasai teknologi, dan mengadvokasi kebijakan yang adil adalah fondasi untuk memastikan pengelolaan air yang berkelanjutan menjadi pilar utama dalam adaptasi kita terhadap planet yang terus berubah.

1. Analisislah bagaimana dua tren global, dominasi absolut sektor pertanian dalam volume penggunaan air (Referensi F2) dan pertumbuhan permintaan sektor domestik yang paling pesat (Referensi F4), bermanifestasi menjadi faktor utama yang mendorong krisis dan kompetisi air di Indonesia sebagai negara agraris yang sedang mengalami urbanisasi pesat. [3]

2. Mengingat alokasi air untuk pertanian di negara berpenghasilan menengah-bawah mencapai 88% (Referensi F3), usulkan dua rekomendasi kebijakan yang berbeda untuk pemerintah Indonesia. Satu kebijakan harus berfokus pada peningkatan efisiensi air di sektor pertanian secara masif, dan kebijakan kedua berfokus pada pengendalian permintaan air di sektor domestik/perkotaan yang terus meningkat tajam (Referensi F4)
3. Referensi F3 menunjukkan pola penggunaan air yang sangat kontras antara negara berpenghasilan rendah (didominasi pertanian) dan negara berpenghasilan tinggi (lebih seimbang antara pertanian, industri, dan domestik). Analisislah dilema pembangunan yang dihadapi negara berkembang seperti Indonesia berdasarkan data ini. Pilihan untuk mengalihkan alokasi air dari pertanian ke industri demi pertumbuhan ekonomi dapat meningkatkan pendapatan negara, namun apa risiko signifikan terhadap ketahanan pangan dan stabilitas sosial yang harus dipertimbangkan? [4]
4. Dalam menghadapi dilema pembangunan pada soal sebelumnya, jelaskan dua kontribusi konkret yang dapat disumbangkan oleh generasi muda Indonesia yang "cerdas iklim" untuk membantu mengelola keterkaitan kritis antara air untuk pangan (pertanian) dan air untuk pembangunan (energi/industri) dalam konteks nexus air-energi pangan! [3]
5. Andaikan sebuah negara "*Lower-middle income*" sangat bergantung pada sebuah lembah pangan bernama Lembah Pangan Harapan seluas 500.000 hektar. Akibat krisis air nasional, pemerintah mengeluarkan mandat bahwa total pengambilan air untuk irigasi di lembah tersebut harus dikurangi sebesar 25% dari kondisi saat ini. Para petani dihadapkan pada tantangan untuk mempertahankan produksi pangan di tengah alokasi air yang menyusut.

Data dan asumsi:

- Komposisi Lahan: 60% dari area ditanami Padi (300.000 ha), 40% ditanami Jagung (200.000 ha).
- Masa Tanam: 120 hari untuk kedua tanaman.
- Evapotranspirasi Acuan (ET_o): Kondisi iklim di lembah tersebut menghasilkan ET_o rata-rata 5 mm/hari selama masa tanam.
- Koefisien Tanaman (K_c): Padi = 1,2 (kebutuhan air tinggi); Jagung = 0,8 (kebutuhan air sedang).
- Efisiensi Irigasi Saat Ini: Sistem irigasi permukaan (banjir) yang digunakan saat ini memiliki efisiensi rata-rata 60% (artinya, hanya 60% air yang diambil sampai ke akar tanaman, 40% terbuang).
- Rumus Kebutuhan Air Bersih Tanaman (*Net Irrigation Requirement*):

$$ET_c = K_c \times ET_o$$

di mana ET_c adalah Evapotranspirasi Tanaman atau kebutuhan air bersih tanaman (dalam mm/hari).

- a) Hitunglah total volume pengambilan air kotor (*Gross Water Withdrawal*) dari sumber (sungai/waduk) untuk seluruh Lembah Pangan Harapan dalam satu masa tanam pada kondisi saat ini. Nyatakan jawaban dalam miliar meter kubik [3]
- b) Para petani mengusulkan untuk memenuhi mandat pemerintah (pengurangan 25% air) dengan cara meningkatkan efisiensi sistem irigasi mereka, tanpa mengurangi luas tanam. Hitunglah tingkat efisiensi irigasi minimum yang baru yang harus mereka capai! [3]

TES LAPANGAN :

BOOKLET DAN PETA A3

BOOKLET

A. DATA UMUM MALANG RAYA

Kelompok Umur	Jumlah Penduduk (<i>de jure</i>) Menurut Kelompok Umur dan Jenis Kelamin di Kota Malang (Jiwa)		
	Laki-Laki	Perempuan	TOTAL
	2023	2023	2023
0 - 4	27.687	26.332	54.019
5 - 9	35.043	32.778	67.821
10 - 14	36.563	34.447	71.010
15 - 19	33.590	32.203	65.793
20 - 24	34.258	32.704	66.962
25 - 29	33.394	32.976	66.370
30 - 34	32.140	31.987	64.127
35 - 39	33.599	32.883	66.482
40 - 44	36.624	36.249	72.873
45 - 49	31.470	31.434	62.904
50 - 54	28.607	29.869	58.476
55 - 59	23.582	26.913	50.495
60 - 64	19.720	22.601	42.321
65 - 69	14.551	16.374	30.925
70 - 75	8.650	10.574	19.224
75 +	8.322	12.663	20.985
KOTA MALANG	437.800	442.987	880.787

Sumber : BPS Kota Malang 2025

Kelompok Umur	Jumlah Penduduk (<i>de jure</i>) Menurut Kelompok Umur dan Jenis Kelamin di Kabupaten Malang (Jiwa)		
	Laki-Laki	Perempuan	TOTAL
	2023	2023	2023
0-4	89.447	85.618	175.065
5-9	99.415	96.135	195.550
10-14	98.730	94.578	193.308
15-19	98.362	93.442	191.804
20-24	103.312	97.209	200.521
25-29	105.262	98.469	203.731
30-34	106.060	101.348	207.408
35-39	105.353	103.115	208.468
40-44	103.440	102.206	205.646
45-49	94.352	97.257	191.609
50-54	88.524	91.489	180.013
55-59	79.057	80.933	159.990
60-64	65.744	64.595	130.339
65-69	48.828	48.403	97.231
70-74	30.412	31.987	62.399
75+	45.293	54.800	100.093
KABUPATEN MALANG	1.361.591	1.341.584	2.703.175

Sumber: BPS Kabupaten Malang 2025

Kelompok Umur	Jumlah Penduduk (<i>de jure</i>) Menurut Kelompok Umur dan Jenis Kelamin di Kota Batu (Jiwa)		
	Laki-Laki	Perempuan	TOTAL
	2023	2023	2023
0-4	7.032	6.748	13.780
5-9	8.449	8.033	16.482
10-14	9.023	8.401	17.424
15-19	8.339	8.101	16.440
20-24	8.896	8.523	17.419
25-29	8.564	8.494	17.058
30-34	8.011	8.095	16.106
35-39	8.296	8.271	16.567
40-44	9.153	8.997	18.150
45-49	7.652	7.716	15.368
50-54	7.681	7.733	15.414
55-59	6.537	6.846	13.383
60-64	5.417	5.591	11.008
65-69	3.945	3.691	7.636
70-74	2.237	2.260	4.497
75+	2.158	2.824	4.982
Kota Batu	111.390	110.324	221.714

Sumber : BPS Kota Batu 2024

Jumlah Wisatawan Mancanegara dan Domestik yang Datang ke Kabupaten Malang Tahun 2010 - 2019			
Tahun	Wisatawan Mancanegara	Wisatawan Domestik	Jumlah
2010	4 187	1 938 066	1 942 253
2011	9 983	2 101 822	2 111 805
2012	29 504	2 014 105	2 043 609
2013	33 226	2 517 248	2 550 474
2014	80 792	3 170 575	3 251 367
2015	99 873	3 554 609	3 654 482
2016	129 663	5 719 881	5 849 544
2017	108 485	6 395 875	6 504 360
2018	100 234	7 072 124	7 172 358
2019	70 184	7 979 645	8 049 829

Sumber : BPS Kabupaten Malang 2020

B. DATA PENDUKUNG TAMAN REKREASI SENGKALING

Daftar Pengunjung Taman Rekreasi Sengkaling

Bulan	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Januari	34.337	31.451	20.601	19.070	19.926	2.906	10.273
Februari	16.394	16.317	16.278	13.523	11.191	2.809	5.829
Maret	21.285	24.284	25.645	18.244	6.398	4.490	5.834
April	24.315	33.257	22.145	20.257	0	2.931	1.064
Mei	48.958	28.748	14.324	4.740	0	8.129	21.728
Juni	8.432	17.342	31.575	38.083	0	8.506	9.555
Juli	44.648	35.977	20.718	20.280	926	143	9.082
Agustus	13.572	10.904	10.906	8.559	2.902	0	3.805
September	14.557	13.993	13.100	9.896	4.807	1.357	4.657
Oktober	27.011	14.395	12.584	12.501	6.760	12.472	5.851
November	21.722	12.269	13.867	13.524	8.129	4.423	4.528
Desember	40.059	40.526	34.780	27.027	5.533	8.785	11.557
Jumlah	315.290	279.463	236.523	205.704	66.572	56.951	93.763

Sumber: PT. Taman Rekreasi Sengkaling UMM, 2022

Taman Rekreasi (TR) Sengkaling, yang berlokasi di Kecamatan Dau, Kabupaten Malang, Jawa Timur, menjadi sorotan setelah secara resmi diakuisisi oleh Universitas Muhammadiyah Malang (UMM) dari Bentoel Grup dengan nilai yang diperkirakan mencapai Rp100 miliar. Langkah ini menandai ekspansi UMM ke sektor bisnis wisata dengan visi mengembangkan TR Sengkaling menjadi taman wisata pendidikan. Rektor UMM, Muhadjir Effendy, menjelaskan bahwa pengelolaan taman ini tidak hanya difokuskan pada rekreasi, tetapi juga sebagai sarana pembelajaran dan penelitian yang relevan dengan dunia akademik.

Dalam tahap awal, pihak UMM merencanakan pembenahan menyeluruh terhadap fasilitas dan infrastruktur yang ada agar TR Sengkaling dapat bersaing dengan destinasi wisata lain, khususnya yang berada di Kota Batu yang terkenal dengan kawasan wisatanya. Untuk mendukung upaya tersebut, UMM menyiapkan investasi tambahan sebesar Rp20 miliar yang akan difokuskan pada pembangunan akses jalan dan renovasi wahana wisata. Langkah ini diharapkan dapat meningkatkan kenyamanan pengunjung serta mendongkrak pendapatan taman wisata yang saat ini memiliki pendapatan kotor sekitar Rp16 miliar per tahun.

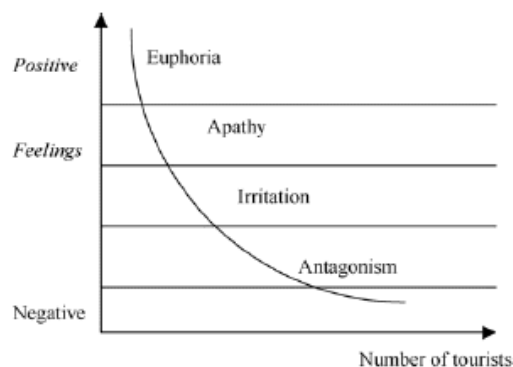
Selain revitalisasi fasilitas, pihak UMM juga berupaya menjalin komunikasi dengan Pemerintah Kabupaten Malang untuk membahas pengurangan beban pajak daerah yang dinilai cukup tinggi. Harapannya, dengan dukungan regulasi dan pengembangan fasilitas, pendapatan TR Sengkaling dapat meningkat hingga dua kali lipat dari kondisi sebelumnya. Namun, UMM menegaskan bahwa TR Sengkaling tidak akan bersaing langsung dengan objek wisata lain di Malang Raya, melainkan akan berperan sebagai destinasi komplementer yang saling melengkapi dengan kawasan wisata di Kota Batu, Kota Malang, dan Kabupaten Malang.

Dalam jangka panjang, UMM memiliki rencana ambisius untuk memperluas luas area TR Sengkaling dari 8,7 hektare menjadi 15 hektare, di mana lahan tambahan tersebut sudah dibebaskan dan akan terhubung langsung dengan kompleks kampus UMM di Jalan Raya Dau. Dengan konsep “Taman Wisata Pendidikan”, TR Sengkaling akan menghadirkan berbagai wahana edukatif seperti area fauna dan flora, miniatur bank, simulasi pemadam kebakaran, dan sarana riset mahasiswa. Taman ini juga akan menjadi tujuan darmawisata edukatif bagi sekolah, perguruan tinggi, maupun instansi yang ingin melakukan kunjungan belajar.

Selain memperkaya konten edukasi, pengelola juga berencana menambah wahana interaktif dan atraksi unik, termasuk kereta agung sebagai transportasi internal pengunjung dan balon udara yang memungkinkan wisatawan menikmati panorama Kota Batu, Kota Malang, dan Kabupaten Malang dari ketinggian. Tidak hanya itu, UMM membuka peluang kerja sama dengan berbagai sponsor dan lembaga untuk mengembangkan wahana tematik, misalnya sektor perbankan yang dapat melakukan sosialisasi melalui miniatur wahana keuangan.

Untuk memastikan arah pengembangan yang terencana, UMM tengah menyusun blueprint pengembangan TR Sengkaling yang akan memuat tahapan-tahapan transformasinya menjadi taman wisata pendidikan yang unggul. Implementasi dari rencana ini akan dilakukan secara bertahap, menyesuaikan dengan pertumbuhan jumlah pengunjung. Semakin besar minat masyarakat untuk berkunjung, semakin cepat pula proses realisasi pengembangan TR Sengkaling menuju visi barunya sebagai ikon wisata pendidikan di Malang Raya.

C. Doxey's Irritation Index



Doxey's Irritation Index atau yang dikenal juga dengan Irridex, adalah sebuah model teoretis yang dikembangkan oleh George Doxey pada tahun 1975 untuk menjelaskan bagaimana sikap dan persepsi masyarakat lokal terhadap wisatawan dapat berubah seiring dengan perkembangan suatu destinasi pariwisata. Model ini menggambarkan hubungan dinamis antara tingkat perkembangan pariwisata dan reaksi emosional masyarakat lokal terhadap kehadiran wisatawan. Doxey menilai bahwa semakin berkembang pariwisata di suatu daerah, semakin besar pula potensi munculnya iritasi sosial (kejengkelan atau ketegangan sosial) di antara penduduk setempat.

Model ini terdiri dari empat tahap utama yang menggambarkan evolusi sikap masyarakat terhadap wisatawan:

1. Euphoria (Antusiasme)

Pada tahap awal, masyarakat lokal biasanya sangat antusias dan menerima wisatawan dengan tangan terbuka. Mereka melihat pariwisata sebagai peluang ekonomi baru, sumber pekerjaan, dan sarana untuk memperkenalkan budaya lokal ke dunia luar. Hubungan antara masyarakat lokal dan wisatawan bersifat positif, akrab, dan penuh rasa ingin tahu.

2. Apathy (Kejenuhan Awal atau Netralitas)

Seiring meningkatnya jumlah wisatawan, interaksi antara masyarakat lokal dan wisatawan menjadi lebih formal dan komersial. Masyarakat mulai melihat wisatawan bukan lagi sebagai tamu, tetapi sebagai sumber penghasilan. Hubungan sosial menjadi lebih berjarak, dan nilai-nilai budaya lokal mulai mengalami penyesuaian terhadap kebutuhan industri pariwisata.

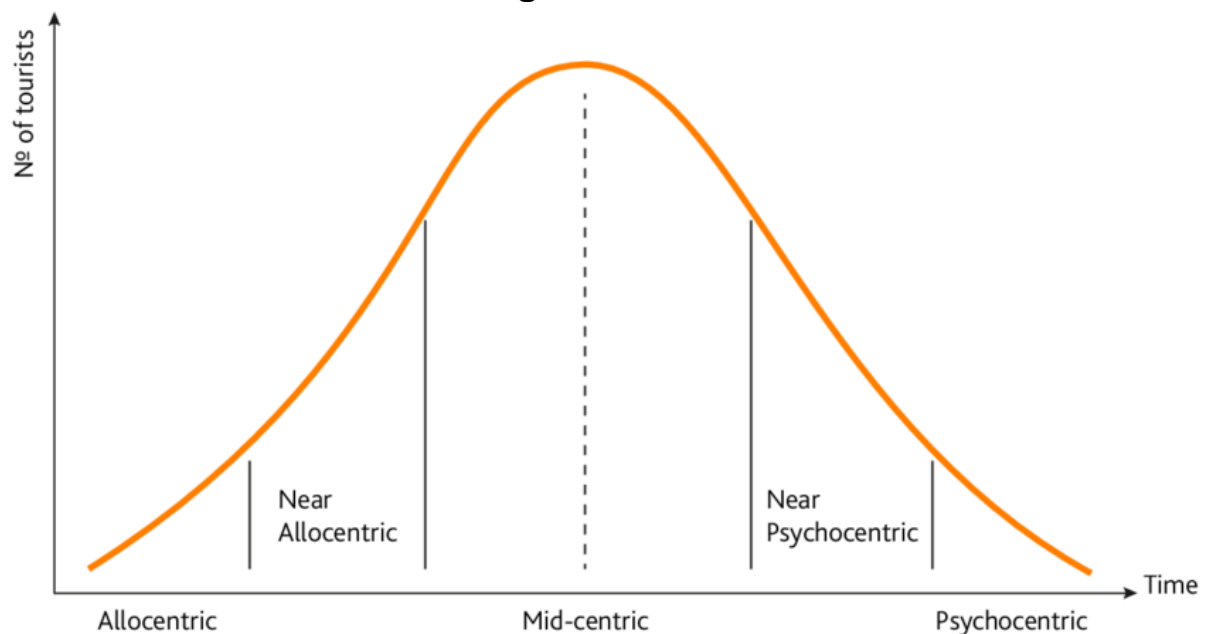
3. Annoyance (Kejengkelan)

Pada tahap ini, masyarakat lokal mulai merasa terganggu dengan meningkatnya jumlah wisatawan dan dampak negatif yang ditimbulkannya, seperti kemacetan, polusi, kenaikan harga barang, serta perubahan sosial dan budaya. Ada kesadaran bahwa manfaat ekonomi pariwisata tidak selalu merata, dan hanya sebagian pihak yang menikmati keuntungan. Ketegangan sosial mulai muncul, dan masyarakat mulai menunjukkan sikap sinis terhadap wisatawan.

4. Antagonism (Permusuhan atau Penolakan)

Tahap terakhir ditandai dengan munculnya sikap permusuhan terbuka terhadap wisatawan. Masyarakat mulai menganggap wisatawan sebagai ancaman terhadap identitas, ruang hidup, dan kesejahteraan lokal. Konflik sosial bisa terjadi, dan hubungan antara wisatawan dan masyarakat lokal memburuk. Dalam tahap ini, pariwisata dianggap telah melewati kapasitas sosial dan lingkungan daerah tersebut (social carrying capacity).

D. Plog's Tourism Model



Plog's Tourism Model dikembangkan oleh Stanley C. Plog pada tahun 1974 untuk menjelaskan perbedaan perilaku wisatawan dan bagaimana hal itu berhubungan dengan tahap perkembangan destinasi wisata. Plog berangkat dari teori psikologi kepribadian dan mengaitkannya dengan preferensi wisata seseorang. Ia berpendapat bahwa karakter kepribadian wisatawan mempengaruhi jenis destinasi yang mereka pilih serta tahap siklus hidup destinasi pariwisata tersebut.

Plog membagi wisatawan ke dalam kontinum psikografis yang terbentang antara dua kutub ekstrem, yaitu allocentric dan psychocentric, dengan kelompok mid-centric di antara keduanya. Berikut adalah penjelasan tiap tipe menurut Plog:

1. *Allocentric* (Petualang/Explorer)

Wisatawan dengan tipe ini cenderung berjiwa petualang, menyukai pengalaman baru, dan tertarik mengunjungi tempat-tempat yang belum banyak dikenal. Mereka tidak terlalu memperdulikan kenyamanan, fasilitas, atau infrastruktur, tetapi lebih mencari keaslian dan interaksi dengan budaya lokal. Contohnya adalah wisatawan yang memilih destinasi terpencil, alami, atau yang belum banyak tersentuh industri pariwisata.

2. *Psychocentric* (Tradisional/Homebody)

Tipe ini adalah kebalikan dari allocentric. Wisatawan psychocentric lebih konservatif, menyukai rasa aman, kenyamanan, dan hal-hal yang sudah dikenal. Mereka cenderung memilih destinasi populer, sudah berkembang, dan memiliki fasilitas lengkap. Biasanya mereka lebih suka perjalanan singkat ke tempat yang familiar atau bahkan berulang kali mengunjungi lokasi yang sama.

3. *Mid-centric* (Menengah)

Sebagian besar wisatawan berada pada kategori ini. Mereka tidak terlalu petualang, tetapi juga tidak terlalu takut akan hal baru. Wisatawan mid-centric suka berkunjung ke destinasi yang cukup terkenal namun belum terlalu ramai, sehingga masih bisa menikmati suasana lokal dengan kenyamanan yang memadai.

E. Prinsip 6A Pariwisata



Konsep 6A dalam pariwisata merupakan salah satu kerangka dasar yang digunakan untuk memahami komponen utama yang membentuk suatu destinasi wisata agar dapat menarik dan memuaskan wisatawan. Konsep ini diperkenalkan oleh Cooper (1993) dan menjadi acuan penting dalam perencanaan, pengembangan, dan pengelolaan destinasi pariwisata.

Empat unsur utama dalam konsep 6A adalah Attraction, Accessibility, Amenities, Ancillary Services, Activities, dan Available Packages. Keempat komponen ini saling berkaitan dan membentuk kesatuan yang menentukan kualitas serta daya saing suatu destinasi wisata. Berikut penjelasan lengkapnya:

1. Attraction (Daya Tarik Wisata)

Komponen pertama dan paling penting adalah daya tarik wisata, yaitu alasan utama yang membuat wisatawan tertarik untuk datang ke suatu tempat. Daya tarik dapat bersifat alami, buatan (artificial), maupun kultural.

- Daya tarik alami meliputi keindahan alam seperti gunung, pantai, danau, air terjun, atau taman nasional.
- Daya tarik budaya meliputi tradisi, seni pertunjukan, arsitektur, upacara adat, hingga kuliner khas.
- Daya tarik buatan mencakup wahana rekreasi, taman hiburan, museum interaktif, hingga pusat perbelanjaan.

2. Accessibility (Aksesibilitas)

Aksesibilitas berkaitan dengan kemudahan wisatawan untuk mencapai lokasi wisata. Hal ini mencakup kondisi infrastruktur transportasi, seperti jalan raya, bandara, stasiun, terminal, serta sarana pendukung seperti rambu petunjuk, parkir, dan layanan transportasi lokal.

3. Amenities (Fasilitas atau Akomodasi)

Amenities mencakup segala bentuk fasilitas yang disediakan untuk menunjang kenyamanan wisatawan selama berada di destinasi. Ini meliputi hotel, restoran, tempat ibadah, toilet umum, pusat informasi wisata, area parkir, hingga jaringan komunikasi dan internet. Fasilitas yang baik akan meningkatkan kepuasan wisatawan, memperpanjang lama kunjungan (length of stay), dan mendorong wisatawan untuk datang kembali (revisit intention).

4. Ancillary Services (Layanan Penunjang)

Layanan penunjang adalah lembaga, organisasi, atau sistem pendukung yang berperan dalam menjaga kelancaran kegiatan pariwisata.

5. Activities (Aktivitas Wisata)

Komponen ini merujuk pada berbagai kegiatan yang dapat dilakukan wisatawan selama berada di destinasi wisata. Aktivitas wisata dapat berupa aktivitas rekreatif,

edukatif, petualangan, hingga kegiatan budaya yang melibatkan partisipasi langsung wisatawan. Keberagaman dan kualitas aktivitas yang ditawarkan sangat berpengaruh terhadap pengalaman wisata (tourist experience) dan menjadi faktor penting dalam menarik minat wisatawan untuk berkunjung maupun kembali. Contohnya, wisata edukasi di taman sains, aktivitas petik buah di agrowisata, atau atraksi budaya interaktif seperti festival daerah.

6. Available Packages (Paket Wisata Tersedia)

Komponen terakhir mencakup penyediaan paket wisata yang terorganisasi dengan baik, mencakup kombinasi antara transportasi, akomodasi, atraksi, serta aktivitas yang dikemas dalam satu kesatuan penawaran. Paket wisata memudahkan wisatawan dalam merencanakan perjalanan dan memberikan nilai tambah melalui efisiensi biaya serta waktu. Destinasi yang memiliki variasi paket wisata menarik, baik berbasis minat khusus (special interest tourism) maupun wisata umum, akan memiliki daya saing yang lebih tinggi di pasar pariwisata global.

F. TAMAN WISATA MALANG RAYA

Nama	Deskripsi	Tahun Pembukaan
Jatim Park 1	Jawa Timur Park I adalah sebuah tempat rekreasi dan taman belajar yang terdapat di Kota Batu, Jawa Timur. Objek wisata ini berada sekitar 20 km barat Kota Malang, dan kini menjadi salah satu icon wisata Jawa Timur. Objek wisata ini memiliki 36 wahana, di antaranya kolam renang raksasa (dengan latar belakang patung Ken Dedes, Ken Arok, dan Mpu Gandring), spinning coaster, dan drop zone. Wahana pendidikan yang menjadi pusat perhatian di antaranya adalah Volcano dan Galeri Nusantara yang juga terdapat tanaman agro, diorama binatang langka, dan miniatur candi-candi serta Museum Tubuh yang memberikan edukasi terkait organ-organ tubuh manusia beserta fungsinya.	2001
Jatim Park 2	Jatim Park 2 merupakan destinasi wisata edukatif yang terletak di Kota Batu, Jawa Timur, dan dikenal sebagai salah satu taman rekreasi bertema satwa paling lengkap di Indonesia. Mengusung konsep edukasi dan konservasi, Jatim Park 2 terdiri atas tiga area utama, yaitu Batu Secret Zoo, Museum Satwa, dan Sweet Memories Selfie. Batu Secret Zoo merupakan kebun binatang modern sekaligus lembaga konservasi yang menampilkan berbagai satwa dari dalam dan luar negeri, termasuk zona interaktif seperti Safari Farm dan Lemur Kingdom, tempat pengunjung dapat berinteraksi langsung dengan hewan. Sementara itu, Museum Satwa menyajikan koleksi ribuan spesies satwa awetan dan replika fosil purba dari seluruh dunia, memberikan pengalaman belajar yang menarik bagi semua usia. Adapun Sweet Memories Selfie menawarkan spot foto estetik dan kreatif yang cocok bagi wisatawan muda dan pembuat konten. Dengan fasilitas lengkap, sertifikasi CHSE (Clean, Health, Safety, Environment) dari Kemenparekraf, serta pelayanan ramah, Jatim Park 2 menjadi destinasi wisata keluarga yang memadukan hiburan, edukasi, dan konservasi alam secara harmonis.	2010
Jatim Park 3	Jatim Park 3 merupakan destinasi wisata modern yang terletak di Desa Beji,	2017

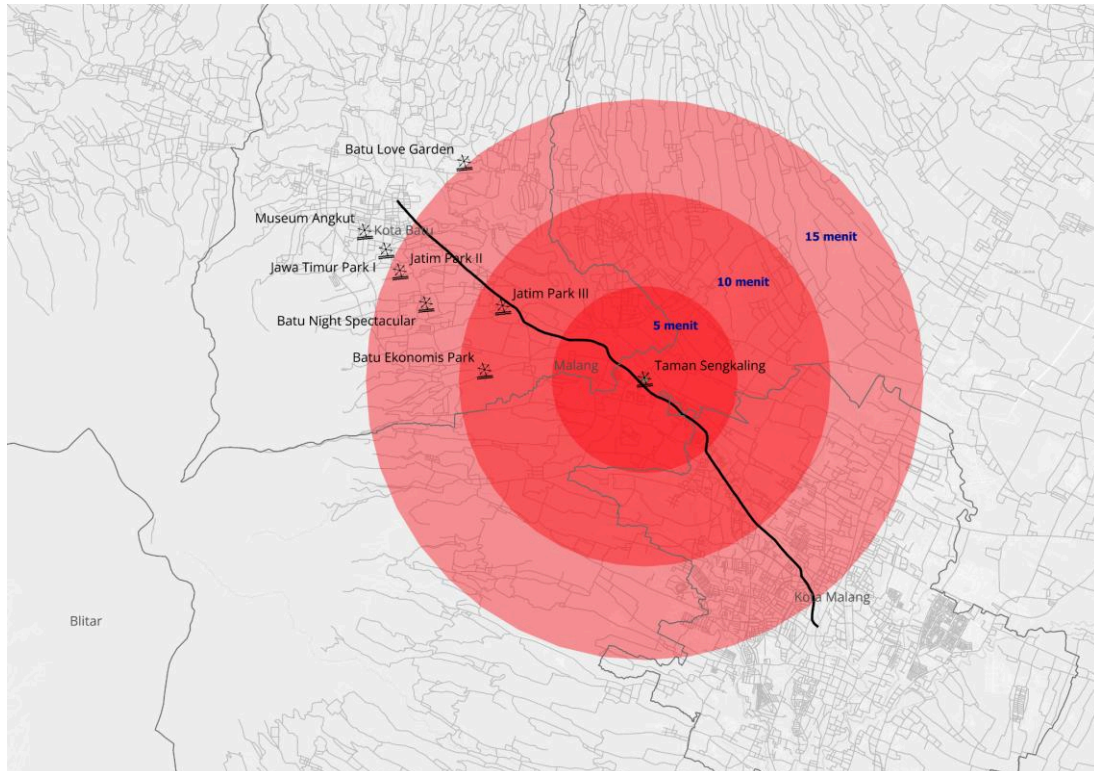
Nama	Deskripsi	Tahun Pembukaan
	Kecamatan Junrejo, Kota Batu, yang menggabungkan konsep rekreasi, edukasi, dan hiburan dalam satu kawasan terpadu. Berbeda dari dua pendahulunya, Jatim Park 3 mengusung tema utama kehidupan zaman prasejarah dengan menghadirkan replika dinosaurus raksasa dan wahana edukatif di Dino Park, yang membawa pengunjung menjelajahi era kehidupan purba secara interaktif. Selain itu, Jatim Park 3 juga memiliki berbagai zona menarik seperti The Legend Stars dengan patung lilin tokoh-tokoh dunia, Museum Musik Dunia yang menampilkan koleksi alat musik dari berbagai negara, Funtech Plaza dengan teknologi permainan modern, serta Milenial Glow Garden yang memanjakan mata dengan keindahan cahaya dan spot foto artistik. Dilengkapi dengan fasilitas food court yang menyajikan beragam kuliner lokal dan internasional, Jatim Park 3 menjadi destinasi wisata keluarga yang tidak hanya menghibur tetapi juga memberikan nilai edukatif melalui pengalaman yang imersif dan kreatif.	
Batu Night Spectacular (BNS)	Batu Night Spectacular (BNS) merupakan destinasi wisata malam populer yang terletak di Kota Batu, Jawa Timur, yang menghadirkan perpaduan antara hiburan, rekreasi, dan keindahan cahaya dalam suasana malam yang memukau. Beroperasi mulai sore hingga malam hari, BNS menawarkan berbagai wahana menarik seperti Lampion Garden dengan ribuan lampu berwarna-warni berbentuk karakter unik, Sky Ride yang memungkinkan pengunjung menikmati panorama Kota Batu dari ketinggian, serta Sepeda Udara, Cinema 4D, dan berbagai permainan keluarga. Selain wahana, BNS juga memiliki area Night Market yang menjual aneka kuliner dan suvenir khas Batu, menjadikannya tempat ideal untuk bersantai setelah menjelajahi wisata siang hari di kota tersebut. Dengan suasana yang meriah, udara sejuk pegunungan, serta tata cahaya yang artistik, Batu Night Spectacular menghadirkan pengalaman wisata malam yang mengesankan dan cocok untuk segala usia.	2008
Museum Angkut	Museum Angkut merupakan museum transportasi modern yang berlokasi di Jalan Terusan Sultan Agung No. 2, Kota Batu, Jawa Timur, sekitar 20 kilometer dari Kota Malang. Berdiri di lahan seluas 3,8 hektar di lereng Gunung Panderman, museum ini menampilkan lebih dari 300 koleksi alat transportasi dari berbagai era, mulai dari kendaraan tradisional hingga modern. Museum Angkut terbagi dalam beberapa zona tematik yang menampilkan nuansa benua Asia, Eropa, hingga Amerika, lengkap dengan dekorasi khas seperti Zona Sunda Kelapa dan Batavia yang mereplika pelabuhan kuno, serta Zona Eropa yang menghadirkan suasana jalanan kota-kota di Prancis dengan deretan mobil klasik. Daya tarik utamanya adalah koleksi kendaraan bersejarah, termasuk mobil dinas Presiden Soekarno, Chrysler Windsor Deluxe tahun 1952, serta mobil listrik Tucuxi milik mantan Menteri Dahlan Iskan. Selain itu, museum ini juga menawarkan pengalaman interaktif seperti Flight Simulator dan spot foto bertema sinematik yang menarik bagi wisatawan. Sebagai bagian dari Jawa Timur Park Group, Museum Angkut tidak hanya menjadi tempat rekreasi, tetapi juga sarana edukatif yang memperkenalkan perkembangan transportasi dunia dalam suasana yang artistik dan informatif.	2014
Batu Ekonomis Park (BEP)	Batu Ekonomis Park (BEP) merupakan destinasi wisata edukatif dan rekreatif terbaru di Kota Batu yang resmi dibuka pada 1 April 2025 sebagai hasil rebranding dari Predator Fun Park. Kawasan ini mengusung konsep "Murah, Ramah, dan Menarik" dengan sistem tiket yang inovatif, di mana pengunjung tidak dikenakan biaya masuk dan hanya membayar saat menikmati wahana atau area tertentu melalui sistem voucher. Batu Ekonomis Park menawarkan lebih dari 30 wahana hiburan modern dan 25	2025

Nama	Deskripsi	Tahun Pembukaan
	area tematik yang memadukan unsur edukasi dan rekreasi. Selain itu, terdapat koleksi lebih dari 20 jenis satwa, termasuk hewan predator dan satwa ternak, serta pertunjukan interaktif seperti pertunjukan buaya dan pertunjukan angklung. Harga voucher untuk setiap wahana juga relatif terjangkau sehingga menjadikannya destinasi wisata yang inklusif bagi berbagai kalangan masyarakat.	
Batu Love Garden	Batu Love Garden (BALOGA) adalah taman bunga edukatif dan destinasi wisata alam. Dengan area seluas sekitar 7 hektar dan kapasitas menampung hingga 1.500 pengunjung dalam satu waktu, BALOGA menampilkan lebih dari 600 jenis tanaman, termasuk bunga hias, sayuran, dan buah-buahan, yang sebagian berasal dari mancanegara. Wahana-wahannya dibagi antara area indoor dan outdoor; bagian indoor menampilkan bunga replika dan dekoratif, sedangkan area outdoor dipenuhi tanaman asli yang ditata dalam berbagai tema seperti kebun jeruk, rose garden, rumah kumbang (Rumah Belalang), dan zona hortikultura lainnya. Dibangun dengan visi untuk menggabungkan keindahan alam, edukasi berkebun, dan pelestarian lingkungan, BALOGA juga mendukung ekonomi lokal melalui kerjasama dengan petani sekitar dan fasilitas pasar wisata yang mempromosikan tanaman hias serta produk pertanian desa.	2020

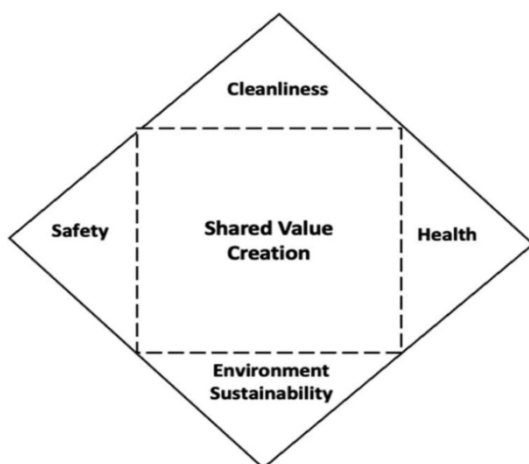
JTP JAWATIMURPARK GROUP	
weekday weekend	
Jawa Timur Park 1 + Museum Tubuh	115K 125K
Museum Tubuh	40K 60K
Jawa Timur Park 1 + Museum Angkut	150K 170K
Jawa Timur Park 1 + Museum Angkut + Museum Tubuh	180K 200K
Museum Angkut	110K
Jawa Timur Park 2	125K
Jawa Timur Park 2 + Eco Active Park / Drive Thru Park	150K 170K
Eco Active Park	50K 80K
Drive Thru Park	50K 100K
Batu Love Garden	reguler 50K 90K terusan 90K
Batu Night Spectacular	reguler 45K 65K terusan 115K 125K
Jawa Timur Park 3	
weekday weekend	
The Legend Stars Park	70K 90K
Fun Tech Plaza	40K
Museum Musik Dunia	50K
Dino Park + The Legend Stars Park	140K 170K
Dino Park + Fun Tech Plaza + Circus Magic + Museum Musik Dunia + Infinite World + Secret Journey	160K 190K
Dino Park + Milenial Glow Garden	160K 180K
Milenial Glow Garden	90K 110K
Batu Ekonomis Park (ex Predator Fun Park)	cover charge 25K
VIP (Virtual Immersive Park)	start from 15K
Carnival Jatim Park 3	start from 5K

Jumlah Pengunjung Objek Wisata dan Wisata Oleh-oleh Menurut Tempat Wisata di Kota Batu, 2022

Objek Wisata		W.Nus	W.Man	Total	Objek Wisata		W.Nus	W.Man	Total	Objek Wisata		W.Nus	W.Man	Total
1	Jatim Park I	723 187	0	723 187	21	Kampung Wisata Songgokerto	0	0	0	41	Petik Apel Mandiri	24 570	0	24 570
2	Jatim Park II	720 831	0	720 831	22	Wisata Oleh-oleh Arum Manis	66 836	0	66 836	42	Batu Agro Apel	0	0	0
3	Museum Angkut +	460 640	0	460 640	23	Wana Wisata Coban Putri	30 333	0	30 333	43	Kampoeng Kidz	0	0	0
4	BNS (Batu Night Spectacular)	303 272	0	303 272	24	Kelurahan Wisata Pesangrahan	30 530	0	30 530	44	Rafting "Kaliwatu"	2 061	0	2 061
5	Eco Green Park	439 459	0	439 459	25	Kelurahan Wisata Siar	0	0	0	45	Taman Dolan	11 926	0	11 926
6	Alun-Alun Kota Wisata Batu	2 054 048	0	2 054 048	26	Jatim Park III	590 177	0	590 177	46	Goa Pinus	0	0	0
7	Wonderland Waterpark	9 513	0	9 513	27	Predator Fun Park	163 744	0	163 744	47	Goa Pandawa	0	0	0
8	Pemandian Tirta Nirwana	51 355	0	51 355	28	Vihara "Darmadhipa Arama"	0	0	0	48	Kampung Wisata Kungkuk	0	0	0
9	Gunung Banyak	54 305	0	54 305	29	UNKM Toho Srijaya Junrejo	0	0	0	49	Kampung Lemah Abang	0	0	0
10	Batu Rafting	1 114	0	1 114	30	Desa Wisata Torongrejo	0	0	0	50	Apache Camp	0	0	0
11	Malajaya T-shirt & Oleh-oleh	42 057	0	42 057	31	Desa Wisata Dadaprejo	0	0	0	51	Batu Love Garden	155 316	0	155 316
12	Wisata Oleh-oleh Brawijaya	35 128	0	35 128	32	Desa Wisata Beji	0	0	0	52	Desa Wisata Bulukerto	0	0	0
13	Wisata Oleh-oleh De Duwa	0	0	0	33	Desa Wisata pendem	0	0	0	53	Desa Wisata Gunung Sari	0	0	0
14	Desa Wisata Sumberejo	0	0	0	34	Desa Wisata Mojorejo	0	0	0	54	Desa Wisata Pandanrejo	12 910	0	12 910
15	Wana Wisata Ciba Reis	28 518	0	28 518	35	Desa Wisata Tikelung	0	0	0	55	Desa Wisata Tulungrejo	0	0	0
16	Mega Star Indonesia	0	0	0	36	Taman Rekreasi Selecta	643 350	0	643 350	56	Desa Wisata Puntun	10 298	0	10 298
17	Kampung Tani Temas	0	0	0	37	Pemandian Air Panas Alam Cagar	115 544	0	115 544	57	Desa Wisata Griptumo	0	0	0
18	Desa Wisata Oro-oro Ombo	0	0	0	38	Desa Wisata Bumiaji	19 357	0	19 357	58	Desa Wisata Sumbergondo	0	0	0
19	Desa Wisata Sidomulyo	21 440	0	21 440	39	Wana Wisata Coban Talun	52 511	0	52 511	59	Desa Wisata Sumberbrantas	0	0	0
20	Desa Wisata Ngatik	860	0	860	40	Petik Apel "Makmur Abadi"	465	0	465	60	Milenial Glow Garden	220 379	0	220 379
										Kota Batu				
										7,096,034				



G. CHSE (Cleanliness, Health, Safety, Environment Sustainability)



CHSE merupakan singkatan dari Cleanliness, Health, Safety, and Environment Sustainability, yaitu standar protokol kebersihan, kesehatan, keselamatan, dan kelestarian lingkungan yang diterapkan pada sektor pariwisata untuk menjamin rasa aman dan nyaman bagi wisatawan. Konsep ini dikembangkan oleh Kementerian Pariwisata dan Ekonomi Kreatif (Kemenparekraf) sebagai upaya mewujudkan shared value creation, yakni terciptanya nilai bersama

antara pengelola destinasi, masyarakat, dan wisatawan. Aspek Cleanliness (kebersihan) menekankan pentingnya menjaga higienitas fasilitas dan lingkungan wisata. Health (kesehatan) berfokus pada penerapan protokol kesehatan bagi pengunjung dan pekerja pariwisata. Safety (keamanan) berkaitan dengan kesiapsiagaan terhadap risiko, baik bencana, kecelakaan, maupun ancaman lain yang

dapat membahayakan wisatawan. Sementara itu, Environment Sustainability (keberlanjutan lingkungan) menyoroti pengelolaan sumber daya alam yang bertanggung jawab untuk menjaga kelestarian ekosistem destinasi wisata. Penerapan prinsip CHSE tidak hanya meningkatkan kepercayaan wisatawan, tetapi juga mendukung pembangunan pariwisata yang berkelanjutan dan berdaya saing tinggi.

H. Tipologi Cohen

The Types of Tourist

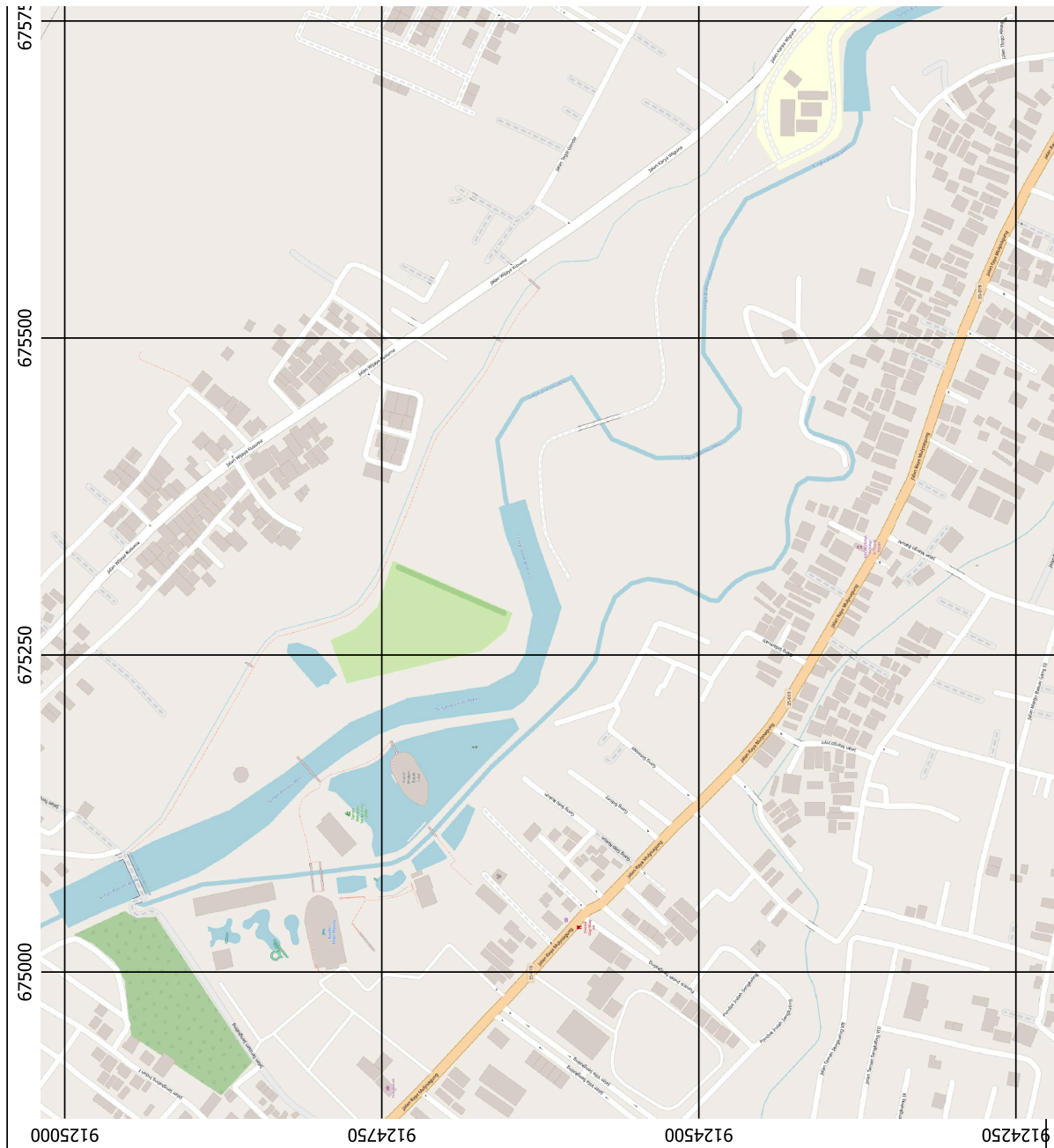
Type	Familiarity	Novelty	Others
The Drifter	Lowest	Highest	Highly adventurous; lives within the local community
The Explorer	Lower	Higher	Travels alone; seeks comfortable accommodations and reliable transportation
The Individual Mass Tourist	Higher	Lower	Not bound to a group; somewhat controlled time and itinerary
The Organized Mass Tourist	Highest	Lowest	Follows a tour guide; follows an itinerary fixed in advance

Tipologi wisatawan yang dicetuskan oleh Erik Cohen adalah salah satu kerangka konseptual pertama dalam sosiologi untuk memahami fenomena pariwisata modern. Melalui artikelnya pada tahun 1972, "Towards a Sociology of International Tourism", Cohen menjadi sosiolog pertama yang menyatakan bahwa wisatawan tidaklah seragam, melainkan terbagi ke dalam beberapa jenis. Ia mengklasifikasikan wisatawan ke dalam empat tipe yang dibedakan berdasarkan spektrum antara yang terlembagakan (*institutionalized*) dan non-terlembagakan (*non-institutionalized*).

Inti dari model Cohen adalah sebuah kontinum yang menggambarkan bagaimana wisatawan mencari perpaduan antara hal yang familier (keakraban) dan hal yang baru (kebaruan) saat menentukan pilihan wisatanya. Dengan model ini, Cohen menjelaskan bagaimana setiap tipe wisatawan memengaruhi tata ruang sebuah destinasi, sekaligus mengajukan pertanyaan mendasar untuk analisis dampak dan perencanaan pariwisata ke depan.

• AKHIR DARI REFERENSI TES PRAKTIK LAPANGAN OSN 2025 BIDANG GEOGRAFI •

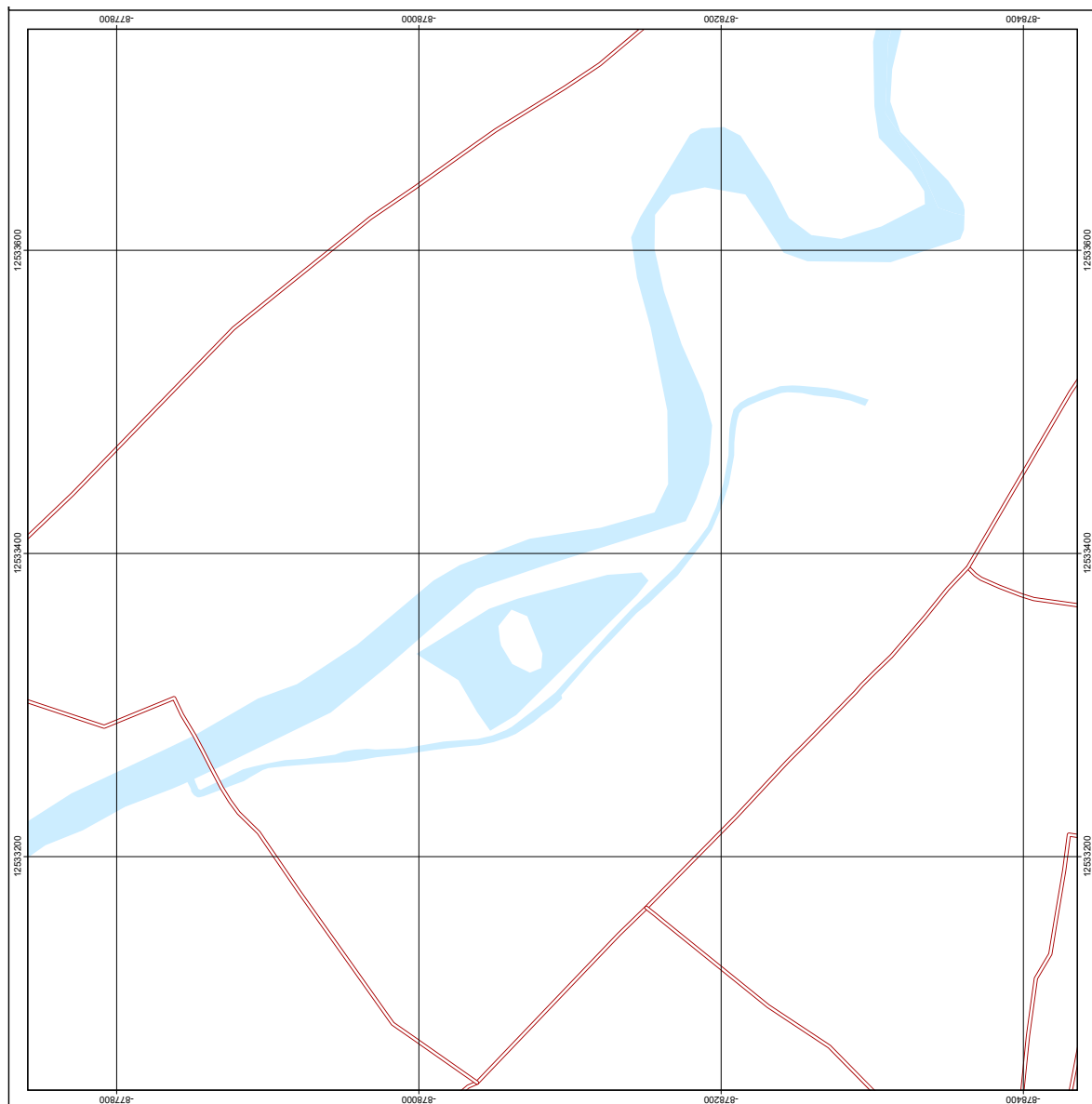
PETA A3 : POSITIONING DAN PERPETAAN



PETA A3 : CITRA SATELIT SENGKALING



PETA A3 : PETA PERENCANAAN SENGKALING



TES LAPANGAN :

BAGIAN 1 : OBSERVASI (OBSERVASI UMUM)

BAGIAN I

IDENTIFIKASI SARANA DAN PRASARANA DI TAMAN REKREASI SENGKALING

Pelajari **referensi bagian E!**

Berdasarkan prinsip 6A Pariwisata yang diperkenalkan oleh Copper (1993), terdapat tiga prinsip utama yang dapat menjadi acuan dalam perencanaan, pengembangan, dan pengelolaan destinasi wisata. *Attraction* merujuk pada daya tarik wisata yang dapat dinikmati pengunjung secara langsung. Sementara itu, *Activities* merujuk pada daya tarik wisata melalui sebuah kegiatan yang dapat dilakukan selama berkunjung di destinasi wisata. Kemudian, *Amenities* merujuk pada fasilitas dan pelayanan yang tersedia untuk menunjang kebutuhan selama berwisata.

Saudara diminta untuk mengisi tabel di bawah ini dengan instruksi sebagai berikut:

1. Mengidentifikasi objek-objek yang terdapat di dalam Taman Rekreasi Sengkaling berdasarkan aspek *attraction*, *activities*, dan *amenities* pada objek tersebut. **Saudara hanya perlu mencentang salah satu aspek** yang paling dominan.
2. Mengidentifikasi sasaran kelompok usia yang sekiranya cocok dengan pengguna objek tersebut. **Saudara dapat mencentang lebih dari satu kelompok usia.**

Rentang kelompok usia di Indonesia menurut Kementerian Kesehatan (2024):

Kelompok Usia	Rentang Usia (tahun)
Bayi dan Balita	0 - 4
Anak-Anak	5 - 10
Remaja	10 - 18
Dewasa	18 - 60
Lansia	> 60

3. Mendeskripsikan kondisi fisik eksisting objek tersebut.
4. Pada bagian akhir, khusus untuk nomor 1 dan 2, Saudara diminta untuk menjumlahkan centang yang telah Saudara berikan pada baris **total**. Selanjutnya, tuliskan analisis singkat berdasarkan perolehan data hasil observasi.

No	Nama Objek	(1)			(2)				(3)
		Attraction	Activities	Amenities	Sasaran Kelompok Usia Objek				Deskripsi kondisi fisik eksisting objek
					Anak-Anak	Remaja	Dewasa	Lansia	
1	Bom-Bom Car								
2	Kincir Angin								
3	Tribun Kolam PP								
4	Kolam Gurita								
5	Kolam Pesona Primitif								
6	Musala								
7	Kolam Tirta Alam								
8	Kolam Tirta Sari								
9	Kolam Ikan								
10	Convention Hall								
11	Kapal Garden Hotel								
12	Workout Container Gym (Fitness)								
13	Waterfall (Lahan 1)								
14	Taman Pinus								
15	Bioskop 4D								
16	Danau TRS								
17	Bahtera Sengkaling								
18	Goa Raksasa								

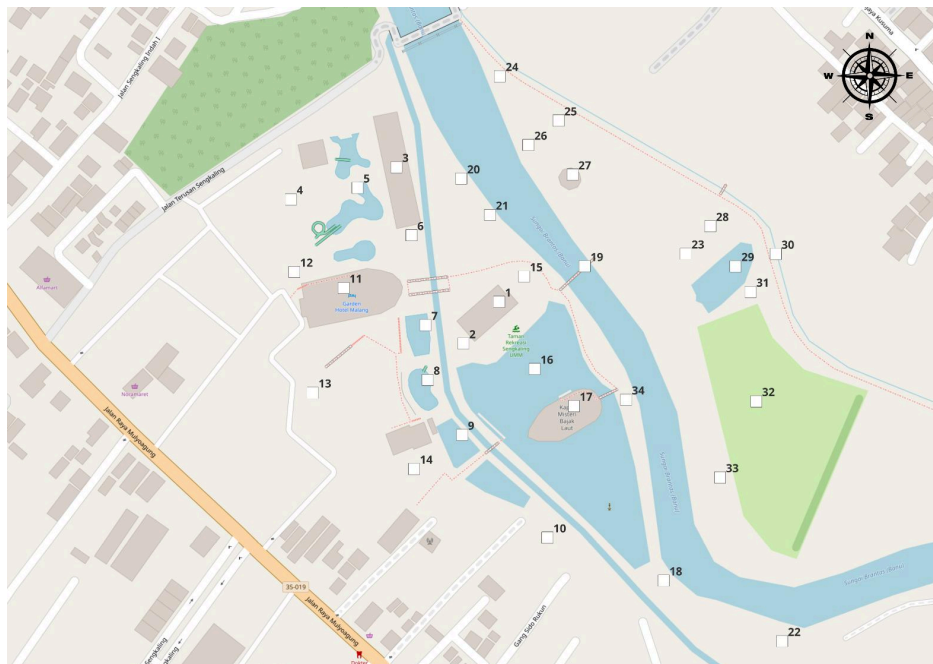
14	Taman Pinus								
15	Bioskop 4D								
16	Danau TRS								
17	Bahtera Sengkaling								
18	Goa Raksasa								
19	Jembatan Bola Cinta								
20	Panggung Pujasera								
21	Hall Iptek								
22	Taman Satwa								
23	<i>Outbond Ground</i>								
24	Taman Sesat								
25	Ninja Warrior Kids								
26	<i>Play-ground</i>								
27	Kiddy Train								
28	Edukasi Tanam Padi								
29	Bumper Boats								
30	<i>Flying Fox</i>								
31	Spot Sengkaling Garden								
32	Lapangan Bola/ <i>Outbond Ground Camping Ground</i>								
33	Panggung Hiburan								
34	Toilet								
Total									

5. Dalam konsep 6A Pariwisata, terdapat pula prinsip *Accessability*, *Ancillary Services*, dan *Available Packages*. Aspek *Accessability* dalam hal ini merujuk pada kemudahan dan kualitas akses menuju objek-objek wisata di dalam area observasi. Aspek *Ancillary Services* dalam hal ini merujuk pada subjek atau lembaga yang berperan dalam mengelola area observasi ini. Kemudian, *Available Packages* dalam hal ini merujuk pada ketersediaan paket wisata yang menarik dan memberikan nilai tambah bagi layanan dalam area observasi ini.

Saudara diminta untuk mengisi tabel di bawah ini untuk mengidentifikasi aspek *Accessability*, *Ancillary Services*, dan *Available Packages* yang tersedia di dalam area observasi. Saudara diperkenankan untuk melakukan wawancara dengan petugas yang berada di dalam area observasi untuk mencari dan mengumpulkan informasi yang dibutuhkan.

Aspek	Deskripsi
<i>Accessability</i>	
<i>Ancillary Services</i>	
<i>Available Packages</i>	

6. Berdasarkan hasil dari identifikasi kondisi fisik eksisting yang sudah Saudara lakukan pada nomor 3, berilah **arsir** pada kotak – kotak penunjuk objek pada peta di bawah ini yang menurut Saudara sudah dalam kondisi tidak baik (rusak/tidak terawat). Selanjutnya, tuliskan analisis singkat mengenai pola persebaran dari kondisi fisik objek – objek yang berada pada area observasi.



BAGIAN II

STANDAR KEBERSIHAN, KESEHATAN, KEAMANAN, DAN LINGKUNGAN PADA TEMPAT WISATA

Pelajari **referensi G!**

Standar *Cleanliness, Health, Safety, and Environment* (CHSE) merupakan protokol yang dikeluarkan oleh Pemerintah Indonesia melalui Peraturan Menteri Pariwisata dan Ekonomi Kreatif/Kepala Badan Ekonomi Kreatif Nomor 13 Tahun 2020 dalam rangka pencegahan dan penanggulangan pada lingkup sektor kepariwisataan di masa Pandemi Covid-19.

Dimensi *Cleanliness* (kebersihan) merujuk pada kondisi lingkungan wisata yang higienis, bebas dari kotoran, dan tidak tercemar. Kemudian, dimensi kesehatan (*health*) merujuk pada kondisi lingkungan yang mendukung terhadap pencegahan penyebaran penyakit menular maupun tidak menular. Sementara itu, dimensi keselamatan (*safety*) merujuk pada kondisi lingkungan yang mendukung terhadap pencegahan dari ancaman bencana alam maupun sosial. Terakhir, kelestarian lingkungan (*environment*) merujuk pada kondisi lingkungan yang mendukung keseimbangan dan keberlanjutan ekosistem.

Berdasarkan elemen CHSE, lakukan pengamatan dan deskripsikan keberadaan dimensi-dimensi CHSE ini berdasarkan kondisi eksisting dari area observasi yang Saudara amati!

No.	Dimensi	Deskripsi Kondisi Eksisting Taman Rekreasi Sengkaling	
		Positif	Negatif
1.	Kebersihan (<i>Cleanliness</i>)		
2.	Kesehatan (<i>Health</i>)		
3.	Keselamatan (<i>Safety</i>)		
4.	Kelestarian Lingkungan (<i>Environment</i>)		

• AKHIR DARI BAGIAN II •

TES LAPANGAN :

BAGIAN 1 : OBSERVASI (POS GEOMORFOLOGI SUNGAI)

Geomorfologi Sungai

Instruksi:

Berdasarkan pengamatan langsung di lokasi sungai ini, jawablah pertanyaan berikut. Catatan Anda harus berupa deskripsi observasi nyata, Anda boleh berspekulasi berdasarkan observasi.

1. Amati sungai yang ada di depan Saudara! Buatlah sketsa sederhana penampang sungai (profil melintang) dan anotasikan kenampakan lahan yang tampak [3]
2. Deskripsikan morfologi sungai di lokasi ini: lebar alur, perkiraan kedalaman, bentuk tebing, kelokan sungai, dan fitur geomorfologi lain yang terlihat! (misal: *point bar*, erosi tebing, gosong pasir, dll.) [4]
3. Amati kecepatan aliran sungai. Bagaimana kompetensi arus (kemampuan mengangkut material) di lokasi ini? Sebutkan contoh ukuran butir sedimen yang dapat diangkut oleh arus sungai ini. [4]
4. Amati material batuan/sedimen di sekitar sungai. Identifikasi asal-usul material batuan yang terdapat di lokasi ini (misalnya dari batuan gunungapi, batupasir, atau hasil pelapukan lokal). Bagaimana ciri fisik (ukuran, bentuk, litologi) mendukung interpretasi tersebut? [4]
5. Jika lokasi ini akan dijadikan bagian dari *Science Park* / geowisata edukasi, bagaimana Anda akan menjelaskan:
 - a. Proses geomorfologi sungai dalam bahasa sederhana untuk masyarakat umum? [2]
 - b. Manfaat dan potensi edukasi yang bisa didapat dari lokasi ini? [2]
 - c. Risiko atau hambatan bagi manusia jika lokasi ini digunakan untuk wisata/edukasi? [1]

TES LAPANGAN :

BAGIAN 1 : OBSERVASI (POS METEOROLOGI)

BAGIAN I POS II METEOROLOGI

Andaikan terjadi hujan dalam waktu 1 jam, yang terukur di penakar hujan/ombrometer dengan nilai bacaan **10 mm** di lereng **Gunung Semeru, Malang, Jawa Timur**. Asumsikan stasiun penakar hujan tersebut mewakili area seluas **10 kilometer persegi**, maka:

1. Apa arti dari nilai bacaan 10 mm tersebut? [2]
2. Berapa liter air yang tercurah dari langit di wilayah tersebut? [4]
3. Apakah air hujan tersebut akan menghasilkan banjir jika tercurah dalam waktu 3 jam? Berikan asumsi terhadap jawaban Saudara bilamana perlu! [3]
4. Jika jumlah air hujan sebagaimana pada nomor 3 di atas dimanfaatkan seluruhnya untuk tujuan irigasi lahan pertanian padi yang membutuhkan air sebanyak 200 mm per hektar dalam satu bulan, berapa lama air hujan tersebut dapat digunakan untuk mengairi lahan seluas 1 hektar tersebut? (Asumsikan tidak ada *loss* dari air hujan tersebut). [4]

Perhatikan tabel data curah hujan berikut:

Tahun/ Bulan	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agu	Sep	Okt	Nov	Des
1966	395	500	268	156	13	0	0	0	0	13	143	299
1967	295	257	87	187	0	0	0	0	0	60	45	261
1968	184	337	420	135	299	256	125	2	4	43	95	70
1969	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
1970	0	0	0	0	73	19	0	0	0	18	190	357
1971	297	379	238	104	283	39	3	0	0	129	177	210
1972	278	147	332	16	100	0	0	0	0	0	141	248
1973	354	285	253	235	62	90	4	25	161	68	76	184
1974	274,3	277	209,2	99,7	132,3	25,1	33,4	5,7	49,1	35,8	152,4	87,6
1975	258	322	392	303	180	13	6	0	89	385	155	179
1976	333	275	321	67	12	0	0	0	0	136	210	38
1977	340	93	308	179	32	22	0	0	0	0	22	328
1978	305	189	126	131	320	133	101	131	27	120	105	298
1979	488	279	338	323	370	66	0	0	0	0	0	0
1980	367	352	302	356	26	0	74	28	10	25	99	228
1981	367	455	376	412	58	115	131	27	33	30	315	396
1982	414	405	283	87	0	7	0	0	0	0	27	284
1983	447	340	306	257	295	2	0	0	0	74	131	208
1984	333	537	414	202	45	60	10	20	174	64	196	313
1985	231	408	264	183	140	55	0	18	0	57	40	200
1986	357	294	215	146	0	155	0	0	70	115	158	170
1987	298	369	108	97	103	4	5	0	0	20	81	531
1988	464	242	258	144	184	37	1	6	0	121	236	275
1989	278	289	118	214	271	185	60	0	0	43	104	133
1990	447	322	213	210	102	46	10	0	63	27	79	475
1991	264	194	113	205	20	4	1	0	0	34	148	292
1992	414	378	554	201	31	17	27	107	49	34	121	269
1993	342	238	247	268	15	154	0	121	0	2	210	248
1994	374	410	548	256	11	0	0	0	0	0	60	168
1995	614	482	1019	251	150	103	162	0	63	355	737	340
1996	282	284	231	196	17	22	1	179	1	143	203	201

Keterangan: N/A = tidak ada data

5. Data pada tabel di atas dihasilkan pada sebuah stasiun meteorologi. Dengan memperhatikan data di atas, apa jenis/pola curah hujan pada wilayah tersebut? [2]
6. Berikan alasan atas jawaban Saudara pada nomor 5 di atas! [1]
7. Hitung berapa jumlah bulan basah (BB) dan bulan kering (BK) berturut-turut yang dihasilkan dari data tersebut! [2]
Catatan: BB adalah bulan yang curah hujannya lebih dari 200 mm dan BK adalah bulan yang curah hujannya kurang dari 100 mm.
8. Tentukan klasifikasi iklim dari wilayah tersebut menurut Oldeman! [2]

Klasifikasi Iklim Oldeman:

Zone	Kriteria	
	Bulan Basah (<200 mm/bln)	Bulan Kering (<100 mm/bln)
A	> 9	-
B1	7 – 9	< 2
B2	7 – 9	2 – 4
C1	5 – 6	< 2
C2	5 – 6	2 – 4
C3	5 – 6	5 – 6
D1	3 – 4	< 2
D2	3 – 4	2 – 4
D3	3 – 4	5 – 6
D4	3 – 4	> 6
E1	< 3	< 2
E2	< 3	2 – 4
E3	< 3	5 – 6
E4	< 3	> 6

Tipe Iklim	Penjabaran
A1, A2	Sesuai untuk padi terus menerus tetapi produksi kurang karena pada umumnya kerapatan fluks radiasi surya rendah sepanjang tahun.
B1	Sesuai untuk padi terus-menerus dengan perencanaan awal musim tanam yang baik. Produksi tinggi bila panen pada musim kemarau.
B2	Dapat tanam padi dua kali setahun dengan varietas umur pendek dan musim kering yang pendek cukup untuk tanaman palawija.
C1	Tanam padi dapat sekali dan palawija dua kali setahun.
C2,C3,C4	Setahun hanya dapat satu kali padi dan penanaman palawija yang kedua harus hati-hati jangan jatuh pada bulan kering.
D1	Tanam padi umur pendek satu kali dan biasanya produksi bisa tinggi karena kerapatan fluks radiasi tinggi. Waktu tanam palawija cukup.
D2,D3,D4	Hanya mungkin satu kali padi atau satu kali palawija setahun, tergantung pada adanya persediaan air irigasi.
E	Daerah ini umumnya terlalu kering, mungkin hanya dapat satu kali palawija, itupun tergantung adanya hujan.

● AKHIR DARI BAGIAN I POS II ●

TES LAPANGAN :

BAGIAN 1 : OBSERVASI (POS
PEDOLOGI)

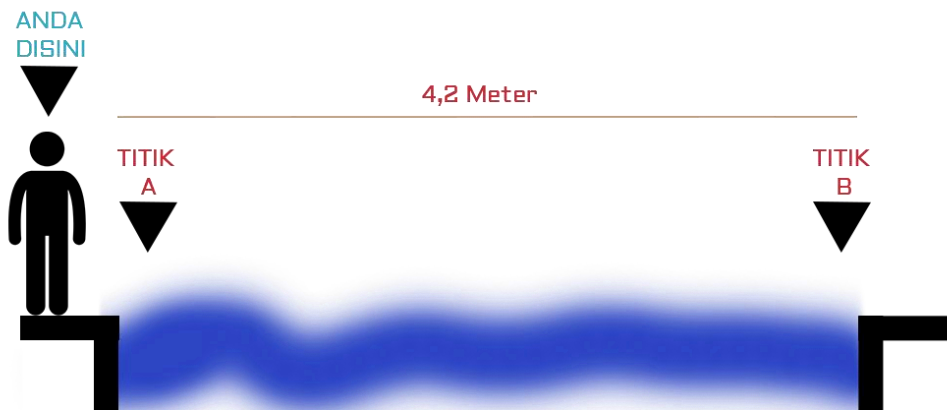
Pedologi

1. Buatlah sketsa profil horizon tanah di lokasi 3.1 dan 3.2. Identifikasi jenis horizon tanah yang dapat diamati dan perkirakan/estimasi ketebalan relatif dari setiap horizon pada sketsa yang saudara/i buat! [4]
2. Berdasarkan identifikasi yang telah saudara/i lakukan pada soal nomor 1, jelaskan perbedaan antara kedua profil horizon tanah tersebut. Jelaskan juga faktor-faktor apa saja yang menyebabkan perbedaan tersebut! [4]
3. Apa saja potensi risiko bencana yang ada di lokasi ini (Pos 3)? Jelaskan juga bentuk-bentuk intervensi yang dapat dilakukan untuk mengurangi risiko bencana tersebut! [4]
4. Berdasarkan pengamatan di lokasi 3.1 dan lokasi 3.2, sebutkan batuan induk tanah di tempat tersebut. Jelaskan juga bagaimana proses pedogenesis (pembentukan tanah) yang terjadi! [4]
5. Amati sampel tanah yang diberikan. Tentukan warna tanah menggunakan *Munsell Soil Color Chart*. Berdasarkan warnanya, jelaskan tingkat kesuburan tanah tersebut! [4]

TES LAPANGAN :

BAGIAN 1 : OBSERVASI (POS HIDROLOGI)

Hidrologi



1. Tuliskan kedalaman air di titik A dan Titik B! Lalu, gambarkan penampang melintang dari saluran yang anda amati, sertakan pula dimensi dari saluran tersebut! [5]
2. Hitunglah debit aliran sungai menggunakan alat bantu yang telah disediakan, sertakan cara pengerjaan dalam jawaban! [5]
3. Saudara telah mendapatkan nilai debit aliran melalui eksperimentasi pada soal-soal sebelumnya. Sekarang, tentukanlah debit aliran dari saluran tersebut menggunakan persamaan Manning. Asumsikan slope dari saluran adalah 0,001. Gunakanlah data-data di bawah ini untuk menjawab soal. [6]

$$V = \frac{R^{2/3}}{n} \times \sqrt{S}$$

Dengan:

V : Kecepatan Aliran (m/s);

R : Radius hidrolik (m);

n : Koefisien Manning (nilai kekasaran dan hambatan aliran pada saluran terbuka);

S : Slope saluran

Bahan	Koefisien Manning, n
Besi tuang dilapis	0,014
Kaca	0,010
Saluran beton	0,013
Bata dilapis mortar	0,015
Pasangan batu disemen	0,025
Saluran tanah bersih	0,022
Saluran tanah	0,030
Saluran dengan dasar batu dan tebing rumput	0,040
Saluran pada galian batu padas	0,040

Sumber : "Hidraulika", Prof.Dr.Ir. Bambang Triatmodjo,CES,DEA

4. Hitunglah error relatif antara debit teoritis dan debit aktual menggunakan rumus berikut:

$$Error = \frac{|Debit teoritis - Debit aktual|}{Debit teoritis} \times 100\%$$

Jelaskan pula mengapa error tersebut terjadi! [4]

TES LAPANGAN :

BAGIAN 1 : OBSERVASI (PERPETAAN DAN ANALISIS
DATA SPASIAL)

Perpetaan dan Analisis Data Spasial

1. Pada tes ini, Saudara diminta untuk melakukan *plotting data* koordinat UTM ke dalam peta, berdasarkan koordinat UTM yang diberikan di lapangan melalui pengamatan GPS. Lengkapi peta dengan unsur-unsur peta! [4+8]

Kode Titik Pos	Easting	Northing
1		
2		
3		
4		

2. Berdasarkan titik-titik di pertanyaan no.1, hitung luas poligon dalam area tersebut dengan metode Gauss (tali sepatu/kali silang) berikut! [8]

$$A = (0,5) \times |(X_1 \times Y_2 - X_2 \times Y_1) + (X_2 \times Y_3 - X_3 \times Y_2) + \dots + (X_n \times Y_1 - X_1 \times Y_n)|$$

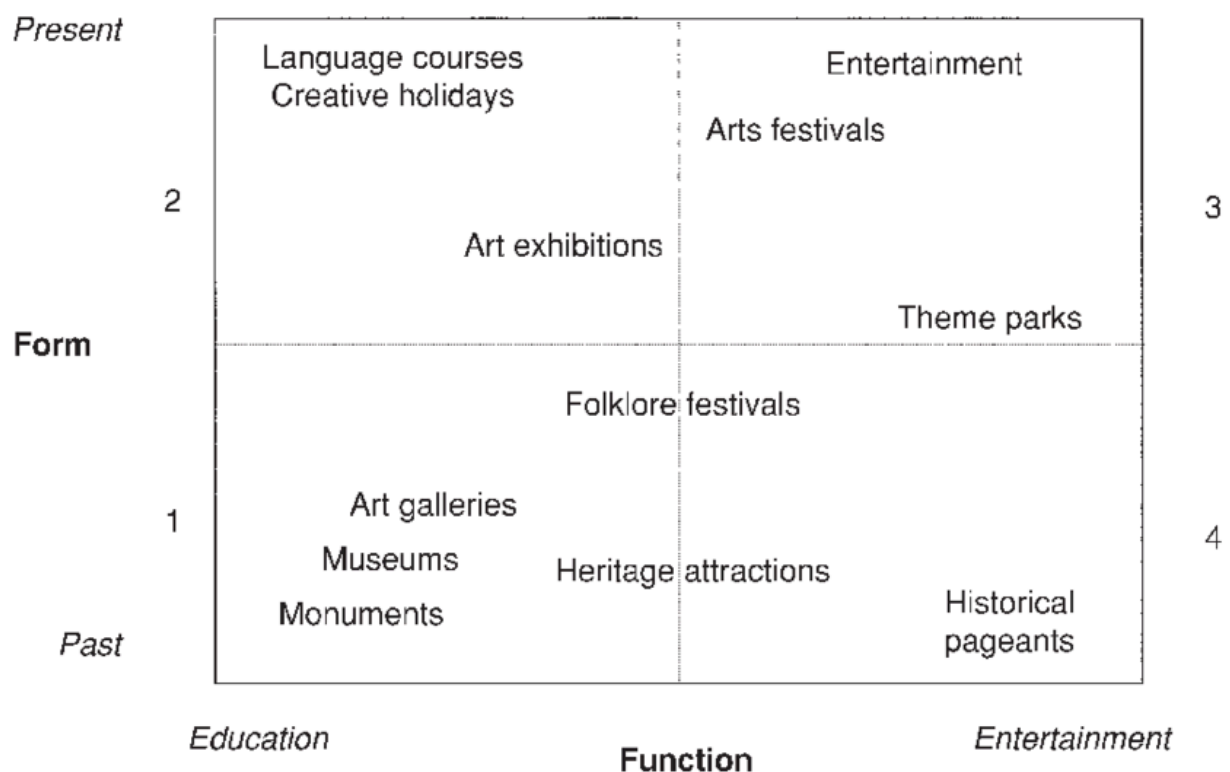
TES LAPANGAN :

BAGIAN 2 : TIPOLOGI TURIS SENGKALING

BAGIAN 2.1

TIPOLOGI TURIS DI TAMAN REKREASI SENGKALING

1. Pelajari tipologi turis Cohen (1972) pada *Resource Booklet* yang telah diberikan. Berdasarkan observasi yang telah Saudara lakukan pada bagian sebelumnya, klasifikasikan tipologi pengunjung/turis yang mengunjungi Taman Rekreasi Sengkaling berdasarkan tipologi Cohen di atas! Berikan justifikasi Saudara!
2. Pelajari grafik tipologi turis Richards (2001) pada halaman berikutnya. Berdasarkan hasil observasi yang Saudara lakukan, berikan **dua tanda silang (X)** pada grafik tersebut dengan **warna yang berbeda** untuk tipologi turis eksisting dan tipologi turis yang diharapkan setelah Saudara membuat rencana pada soal Bagian II! Berikan justifikasi untuk kedua klasifikasi tersebut!



● AKHIR DARI BAGIAN 2.1
TES PRAKTIK LAPANGAN OSN 2025 BIDANG GEOGRAFI ●

TES LAPANGAN :

BAGIAN 2 : PERENCANAAN TAMAN REKREASI
SENGKALING

BAGIAN 2.2

PERENCANAAN TAMAN REKREASI SENGKALING SEBAGAI *SCIENCE PARK*

Berdasarkan hasil observasi yang telah dilakukan, Saudara diminta untuk menyusun konsep perencanaan guna meningkatkan keberlanjutan di Taman Rekreasi Sengkaling pada masa mendatang, sekaligus dalam mendukung pengembangan Malang salah satu kota destinasi wisata primadona di Pulau Jawa, sekaligus sebagai kawasan yang ditetapkan sebagai *Science Park*. Konsep tersebut disusun dalam bentuk proposal yang memuat elemen-elemen berikut ini:

1. Latar belakang (menampilkan data-data pendukung yang telah disediakan di referensi)
2. Tujuan konsep perencanaan
3. Gambaran umum (menampilkan kondisi eksisting isu, permasalahan, dan potensi di Taman Rekreasi Sengkaling)
4. Deskripsi konsep perencanaan secara detail
5. Rencana pembiayaan (*budgeting plan*) dan rencana implementasi (*implementation plan*) program yang Saudara rencanakan
6. Kelebihan dan kekurangan konsep perencanaan
7. Kesimpulan
8. Visualisasikan konsep perencanaan yang telah Saudara susun pada lembar peta yang telah disediakan, dengan mematuhi kaidah kartografi!



TES MULTIMEDIA

1



Gambar satelit menunjukkan Angin Santa Ana yang kering dan panas meniupkan asap kebakaran hutan di California Selatan. Proses pembentukan angin tersebut yang paling tepat dijelaskan oleh...

- Tekanan rendah di daratan yang menarik udara laut lembab, lalu mengalami pendinginan saat menaiki pegunungan.
- Udara dingin dan padat di dataran tinggi yang meluncur menuruni lereng akibat gravitasi, menghasilkan angin katabatik dingin.
- Udara laut lembab yang naik di sisi barat pegunungan, melepaskan hujan, lalu turun sebagai angin kering dan hangat di sisi timur.
- Tekanan tinggi di daratan (Gurun Great Basin) yang memaksa udara kering menuruni lereng pegunungan, sehingga memanaskan secara adiabatik akibat kompresi.
- Penurunan *Jet Stream* yang membawa udara kering dari stratosfer langsung ke permukaan.

2



Kelemahan paling fundamental dari sistem SODAR pada gambar, yang berasal dari prinsip kerjanya, adalah...

- Kinerjanya sangat terganggu oleh badai geomagnetik yang memengaruhi perambatan gelombang suara.
- Tidak efektif mengukur di lapisan udara yang sangat stabil karena minimnya turbulensi untuk memantulkan gema suara.
- Membutuhkan kelembaban udara di atas 95% untuk beroperasi, sehingga hanya efektif di wilayah pesisir.
- Tidak akurat di lintang tinggi karena Efek Coriolis secara signifikan membelokkan pulsa suara vertikal.
- Tidak mampu mengukur komponen angin vertikal karena desainnya yang hanya bisa memancarkan suara secara horizontal.

3



Lirik lagu "Heat Waves" menyebutkan "puncak musim panas di pertengahan Juni" (*middle of June*), merefleksikan musim di Belahan Bumi Utara. Jika konteksnya diubah ke Kepulauan Falkland yang memiliki iklim maritim kuat, bulan manakah yang secara klimatologis paling akurat untuk menggantikan "Juni" sebagai representasi puncak periode terpanas?

- April, karena adanya intrusi musiman dari Arus Brazil yang hangat.
- Februari, karena inersia termal samudra menyebabkan suhu maksimum tertinggal (*lag*) dari puncak radiasi matahari.
- Januari, karena merupakan analogi musim panas langsung dari bulan Juni di Belahan Bumi Selatan.
- Desember, karena bertepatan dengan Solstis Musim Panas saat penerimaan radiasi matahari mencapai puncaknya.
- Juli, karena adanya anomali suhu lokal yang secara paradoks dapat menciptakan "musim panas palsu" singkat.

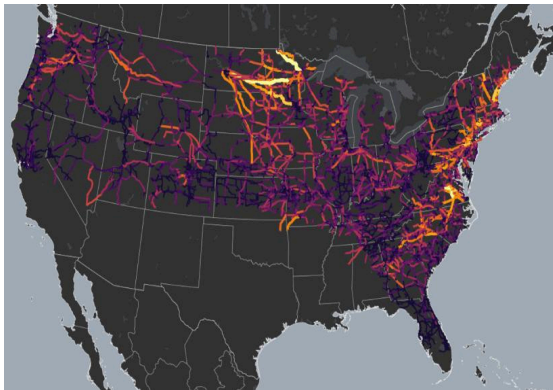
4



Pengeringan Laut Aral akibat pengalihan air sungainya untuk irigasi telah memicu berbagai dampak sekunder yang parah. Dampak sekunder yang paling signifikan terhadap perubahan bentang alam, iklim regional, dan kesehatan masyarakat adalah...

- Peningkatan kelembaban dan curah hujan asam di regional, yang menciptakan iklim maritim 'buatan'.
- Terpicunya *rebound* isostatik kerak bumi, yang menyebabkan peningkatan frekuensi gempa bumi di wilayah tersebut.
- Terbentuknya gurun baru Aralkum di dasar danau, yang menjadi sumber badai debu beracun dan membuat iklim menjadi lebih ekstrem (kontinental).
- Terpicunya evolusi dipercepat pada fauna ikan, yang menghasilkan spesies baru yang mampu bernapas di udara.
- Terbaliknya gradien hidrologis, menyebabkan air dari Laut Kaspia mengisi kembali Laut Aral melalui akuifer bawah tanah.

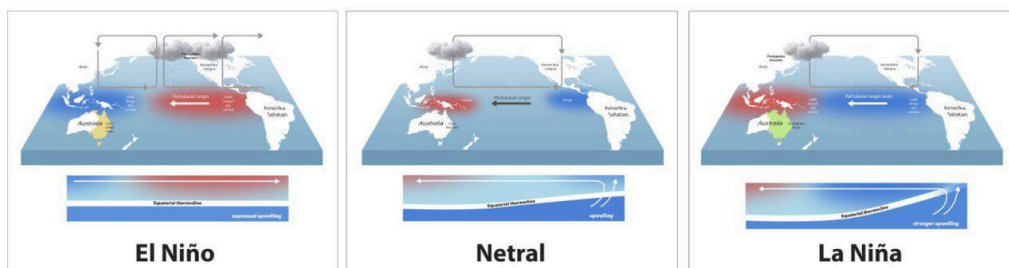
5



Peta ini menunjukkan kerentanan jaringan listrik AS terhadap badai matahari. Selain karena berada di lintang tinggi, pola risiko ekstrem (kuning) di wilayah Midwest Atas dan Pesisir Timur Laut juga sangat dipengaruhi oleh faktor...

- Sifat batuan dasar (*bedrock*) yang sangat resistif (misal: Perisai Kanada), yang mengalihkan arus geomagnetik ke jaringan listrik.
- Lapisan ionosfer yang lebih tipis di atas wilayah tersebut, yang memungkinkan interaksi langsung partikel matahari dengan kabel listrik.
- Dominasi penggunaan kabel tembaga di utara yang lebih konduktif dibandingkan kabel aluminium di selatan.
- Akumulasi listrik statis dari badai salju yang secara drastis memperkuat efek induksi dari badai matahari.
- Interaksi elektromagnetik dengan Arus Teluk (*Gulf Stream*) yang memfokuskan arus geomagnetik ke daratan.

6



Di Indonesia, dampak *El Niño* seringkali diperkuat oleh fenomena *Indian Ocean Dipole* (IOD). Apa dampak hidrometeorologis yang paling mungkin terjadi di Sumatra Bagian Selatan dan Jawa Bagian Barat jika terjadi *El Niño* kuat bersamaan dengan IOD Positif kuat?

- Curah hujan akan mendekati normal, karena efek kering *El Niño* dinetralisir oleh IOD Positif.
- Terjadi banjir bandang, akibat tabrakan antara massa udara kering dari Pasifik dan massa udara lembab dari Samudera Hindia.
- Kekeringan parah hanya akan terjadi di Papua, sementara Sumatra dan Jawa mengalami musim hujan lebih awal.
- Terjadi kekeringan ekstrem dan berkepanjangan, karena kedua fenomena tersebut saling memperkuat dalam menekan pembentukan awan hujan.
- Dampaknya tidak dapat diprediksi, karena pergerakan *Madden-Julian Oscillation* (MJO) dapat sepenuhnya membatalkan efek kekeringan dari kedua fenomena tersebut.

7



Di sebuah desa, terdapat air terjun dengan beda tinggi vertikal (*head*) 20 m yang akan dimanfaatkan untuk membangun Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH). Debit air yang mengalir secara konstan adalah 10 m³/s. Jika percepatan gravitasi (*g*) adalah 10 m/s², efisiensi konversi energi generator (η) sebesar 55%, dan massa jenis air (ρ) adalah 1.000 kg/m³, maka daya listrik yang dihasilkan oleh generator tersebut adalah ...

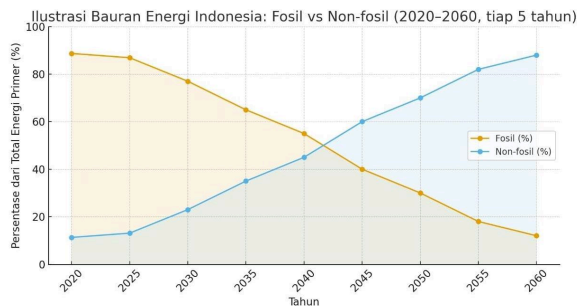
Petunjuk:
$$P = \mu * \frac{m \cdot g \cdot h}{t}$$

Dengan:

- μ = efisiensi
- m = massa air (kg)
- g = percepatan gravitasi (m/s²)
- h = beda tinggi (m)

- 110 kW
- 1.100 kW
- 2.200 kW
- 2.500 kW
- 5.000 kW

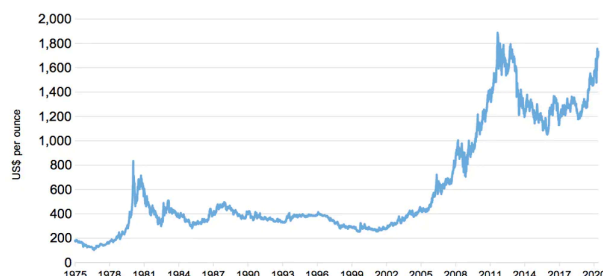
8



Grafik ini menunjukkan skenario transisi energi Indonesia menuju Net Zero Emission (NZE) 2060, namun masih menyisakan ~10% energi fosil. Justifikasi teknis paling fundamental untuk mempertahankan porsi kecil energi fosil dalam sistem kelistrikan yang didominasi energi terbarukan adalah...

- Sebagai penopang beban puncak, karena kapasitas PLTA dan panas bumi menurun drastis di malam hari.
- Karena batu bara akan selalu menjadi sumber energi listrik termurah secara absolut di Indonesia hingga tahun 2060.
- Sebagai cadangan strategis untuk dapat memenuhi kewajiban kontrak ekspor batu bara jangka panjang.
- Karena batu bara dibutuhkan sebagai 'katalisator' dalam proses fisi nuklir generasi baru yang lebih efisien.
- Sebagai penjamin stabilitas jaringan (*grid stability*) untuk menyeimbangkan sifat intermiten dari PLTS (surya) dan PLTB (angin), dengan asumsi emisinya ditangkap oleh teknologi CCUS.

9



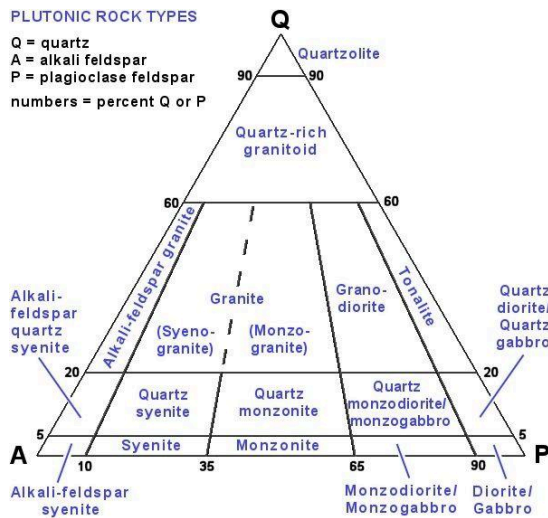
Grafik ini menunjukkan harga emas, yang melonjak tajam setelah krisis finansial global tahun 2008. Faktor fundamental yang menjadi pendorong utama meroketnya harga emas pada periode 2008-2012 adalah...

- Ledakan permintaan emas dari industri elektronik dan semikonduktor di Tiongkok.
- Terjadinya kelangkaan pasokan (*supply shock*) global akibat penipisan cadangan di tambang-tambang utama.
- Peran emas sebagai aset lindung nilai (*safe-haven*) terhadap kebijakan *Quantitative Easing* AS, yang memicu kekhawatiran inflasi dan devaluasi dolar.
- Konflik di Timur Tengah, yang mendorong investor beralih dari minyak ke emas sebagai sumber energi alternatif.
- Keputusan Tiongkok untuk kembali ke sistem standar emas, yang memaksa bank sentralnya memborong emas.

10

PLUTONIC ROCK TYPES

Q = quartz
A = alkali feldspar
P = plagioclase feldspar
numbers = percent Q or P



Sebuah batuan beku plutonik dianalisis memiliki komposisi mineral felsik (Kuarsa, Alkali Feldspar, Plagioklas) ternormalisasi sebagai berikut: Kuarsa (Q) = 25%, Alkali Feldspar (A) = 20%, dan Plagioklas (P) = 55%. Berdasarkan diagram QAPF dan pengetahuan petrogenesis, interpretasi nama batuan dan lingkungan tektonik pembentukannya yang paling tepat adalah...

- Gabro Kuarsa, terbentuk di pematang tengah samudra dari magma tholeiitik.
- Granodiorit, terbentuk di busur benua (*continental arc*) dari magma kalk-alkali.
- Syenit Kuarsa, terbentuk di zona retakan benua (*continental rift*) dari magma alkali.
- Gneiss, sebuah batuan metamorf yang terbentuk selama proses pembentukan gunung.
- Monzogranit tipe-S, terbentuk dari pelelehan batuan sedimen saat terjadi tumbukan benua.

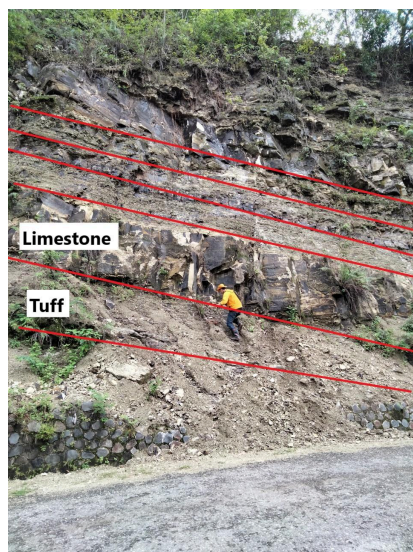
11



Gambar menampilkan lipatan chevron yang khas dengan sayap lurus dan engsel tajam. Proses geologi struktur yang paling tepat untuk menjelaskan pembentukan lipatan dengan geometri seperti ini adalah...

- Aliran plastis (*passive flow*) pada batuan masif akibat metamorfisme derajat tinggi.
- Patahan rapuh (*brittle*) di dekat permukaan melalui mekanisme aliran kataklastik (*cataclastic flow*).
- Pergeseran antar lapisan (*flexural slip*) pada sekuen batuan dengan selang-seling lapisan kompeten dan inkompeten.
- Dorongan intrusi lakolit (*laccolith*) dari bawah yang membentuk struktur kubah.
- Pergerakan lapisan garam plastis dari bawah yang membentuk diapir (*salt tectonics*).

12



Singkapan di Karangsambung ini menunjukkan selang-seling batugamping dan tufa. Mengingat Karangsambung adalah zona kompleks bantuh (*mélange*), urutan proses geologi yang paling tepat, dari pengendapan hingga menjadi singkapan di darat, adalah...

- Pengendapan di danau purba dalam sebuah lembah retakan benua (*continental rift*).
- Pengendapan lambat di laut pedalaman (*epeiric sea*) di atas kraton benua yang stabil.
- Proses metamorfisme derajat tinggi selama tumbukan benua yang membentuk sekis dan marmer.
- Pengendapan di cekungan busur muka (*fore-arc basin*), yang kemudian terdeformasi dan terangkat sebagai bagian dari kompleks bantuh akibat subduksi.
- Bukti siklus tumbukan asteroid periodik, di mana tufa adalah material lontaran (*ejecta*) dan batugamping terbentuk di kawahnya.

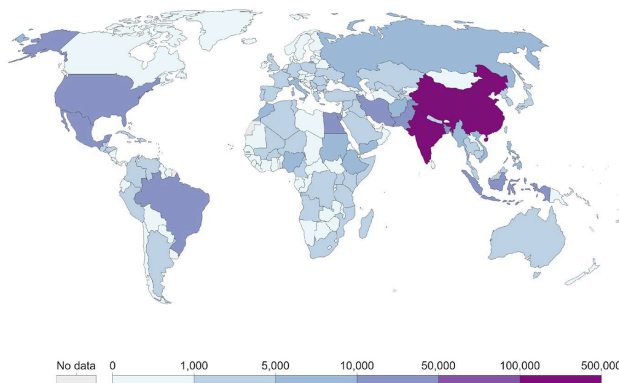
13



Profil tanah ini menunjukkan horizon B (subsoil) yang berwarna kuning intens. Proses pedogenesis yang paling tepat untuk menjelaskan pembentukan horizon tersebut adalah...

- Proses gleisasi, di mana reduksi besi dalam kondisi jenuh air (anaerobik) menghasilkan warna kelabu/kebiruan.
- Proses podzolisasi, di mana pencucian oksida besi oleh asam organik menciptakan horizon E yang pucat seperti abu.
- Proses salinisasi, di mana evaporasi di iklim kering mengakumulasi garam di permukaan dan menghasilkan kerak putih.
- Proses oksidasi dan hidrasi besi yang terakumulasi di horizon B, membentuk mineral goethite yang berwarna kekuningan.
- Proses laterisasi di iklim panas yang menyebabkan dehidrasi oksida besi, membentuk mineral hematit yang berwarna merah.

14



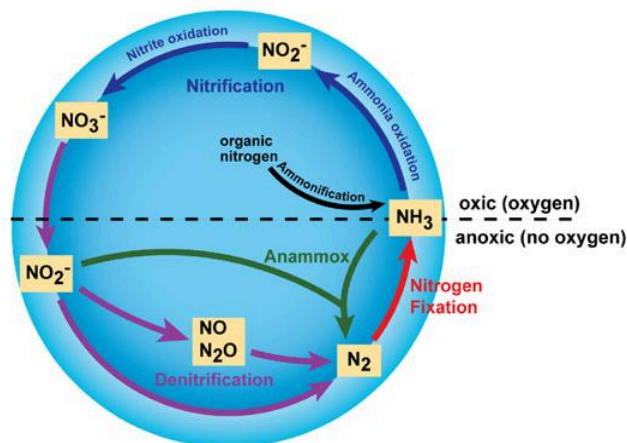
Source: IHME, Global Burden of Disease

CC BY

Peta ini menunjukkan beban kesehatan global akibat keracunan timbal (*lead poisoning*), yang terkonsentrasi secara ekstrem di Asia Selatan dan Timur. Kombinasi sumber antropogenik utama yang paling menjelaskan tingginya paparan timbal di wilayah risiko tertinggi tersebut saat ini adalah...

- Emisi dari bensin bertimbal (*leaded gasoline*) dan cerobong asap PLTU batu bara.
- Kontaminasi dari pipa-pipa air minum berbahan timbal peninggalan infrastruktur lama.
- Daur ulang aki timbal-asam (*lead-acid battery*) di sektor informal, emisi industri peleburan logam, serta cat dan bumbu masak yang terkontaminasi.
- Proses pelindian (*leaching*) timbal alami dari cebakan bijih galena (PbS) yang melimpah di wilayah tersebut.
- Penggunaan pestisida dan pupuk fosfat berlebihan yang melepaskan timbal ke dalam rantai makanan.

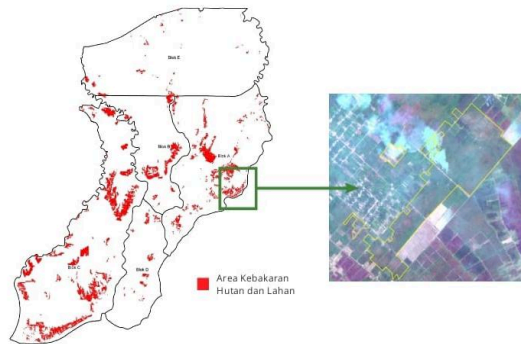
15



Limpasan pupuk dari pertanian menyebabkan eutrofikasi yang memperluas zona anoksik (tanpa oksigen) di laut. Berdasarkan diagram siklus nitrogen, dampak utama dari perluasan zona anoksik ini adalah...

- Peningkatan drastis proses Nitrifikasi (membutuhkan oksigen) di dalam zona anoksik.
- Terjadinya Fiksasi Nitrogen skala besar, yang secara masif menambahkan amonia baru ke dalam sistem.
- Peningkatan kadar oksigen terlarut secara keseluruhan akibat ledakan populasi alga.
- Peningkatan proses Denitrifikasi & Anammox (yang menghilangkan nitrat), namun juga meningkatkan emisi gas rumah kaca N_2O .
- Terjadinya pengendapan kimiawi nitrat secara masif sebagai mineral Nitrokalsit di dasar laut.

16

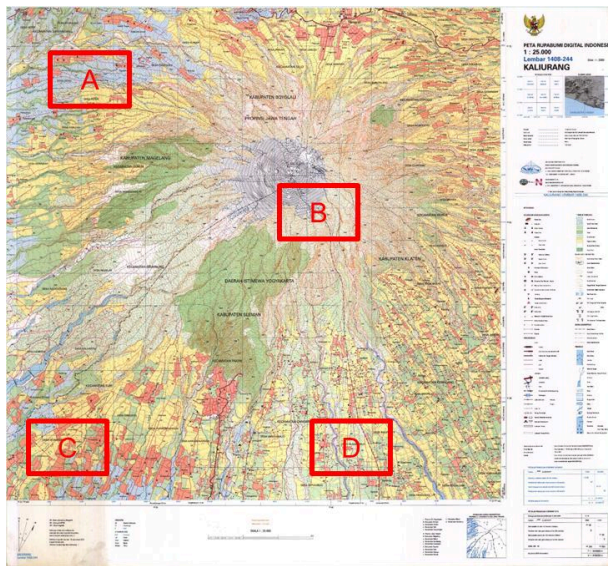


Gambar berikut menampilkan peta distribusi area kebakaran hutan dan lahan (karhutla) di suatu wilayah, yang ditandai dengan titik-titik merah. Perbesaran citra satelit di sisi kanan memperlihatkan pola tutupan lahan di salah satu area kebakaran yang terdiri atas mosaik lahan terbuka dan terkelola.

Berdasarkan interpretasi peta sebaran dan citra satelit, analisis manakah yang paling tepat untuk menjelaskan fenomena karhutla tersebut?

- Kebakaran terkonsentrasi di kawasan hutan primer lindung sehingga ancaman utamanya adalah hilangnya keanekaragaman hayati alami.
- Pola kebakaran dominan terjadi pada lahan terbuka dan gambut terdegradasi, seperti yang terindikasi dari petak-petak teratur pada citra satelit. Hal ini menunjukkan adanya konversi lahan skala besar yang rentan terhadap kebakaran.
- Sebaran titik kebakaran bersifat acak dan merata di seluruh wilayah, tanpa menunjukkan keterkaitan dengan pola penggunaan lahan tertentu.
- Area kebakaran hanya ditemukan di kawasan pegunungan berlereng curam sehingga penyebab utamanya dapat dipastikan adalah faktor alam seperti sambaran petir.
- Kebakaran dipicu oleh aktivitas vulkanik, yang terlihat dari adanya pola sebaran api linear yang mengikuti jalur aliran lava.

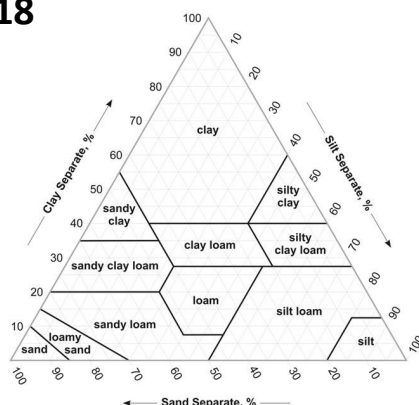
17



Seorang agronom mencari lokasi terbaik untuk pertanian kentang di lereng Gunung Merapi, dengan mempertimbangkan kesuburan tanah vulkanik dan risiko bencana. Dari empat lokasi (A, B, C, D) pada Peta Geologi Merapi, manakah yang menawarkan kompromi terbaik antara kedua faktor tersebut?

- Lokasi A, karena berada di atas endapan lahar tua (Ql) yang aman dan subur.
- Lokasi B, karena berada paling dekat dengan puncak di atas endapan awan panas muda (Qav), menjadikannya paling subur.
- Lokasi C, karena berada di atas Formasi Andesit Tua (Qmo) yang tanahnya matang dan terlindung punggung.
- Lokasi D, karena berada di dataran rendah aluvial (Qap) yang kaya air dan bebas dari bahaya vulkanik.
- Lokasi E, karena berada di lereng barat daya di atas endapan awan panas muda (Qap) yang sangat subur, dengan risiko bahaya aliran piroklastik yang relatif lebih rendah.

18

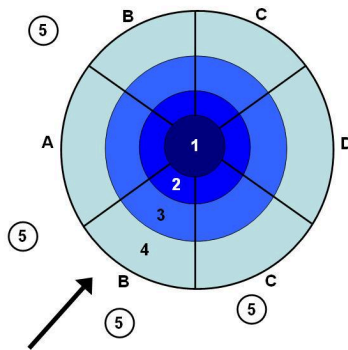


Sebuah sampel tanah memiliki komposisi: 50% pasir, 20% debu (silt), dan 30% liat (clay). Berdasarkan segitiga tekstur tanah, evaluasi sifat fisik dan kesesuaian lahan yang paling akurat adalah...

- Tergolong Pasir; drainase sangat cepat, rentan kekeringan, dan memerlukan irigasi serta pemupukan yang sering.
- Tergolong Liat; drainase sangat buruk, lengket saat basah, dan keras saat kering sehingga tidak cocok untuk pertanian.
- Tergolong Lempung Berdebu; sangat subur namun rentan terhadap erosi karena partikelnya ringan.
- Tergolong Lempung Liat Berpasir; kapasitas menahan air dan nutrisinya baik (akibat liat), namun drainasenya cukup memadai (akibat pasir), sehingga produktif.
- Bersifat sangat asam ($\text{pH} < 4$) karena kandungan pasirnya melepaskan asam silikat, sehingga perlu pengapuran.

19

Mann's Model of a British City



Model Mann pada gambar adalah sintesis dari beberapa teori struktur kota klasik. Kombinasi teori dan proses geografis yang paling akurat untuk menjelaskan terbentuknya struktur ruang kota tersebut secara keseluruhan adalah...

- Teori Inti Ganda (Harris & Ullman), di mana kota tumbuh dari beberapa pusat pertumbuhan sekunder yang independen.
- Model Kota Amerika Latin (Griffin-Ford), yang ditandai oleh adanya *spine* komersial dan zona *periférico*.
- Model Keno-Capitalism (Mazhab L.A.), yang berargumen bahwa struktur kota bersifat acak, terfragmentasi, dan tidak berpola.
- Seluruh struktur kota ditentukan oleh faktor fisik-astronomis seperti garis lintang dan bujur.
- Kombinasi antara Teori Konsentris (Burgess) mengenai zonasi berbasis jarak dari pusat, dengan Teori Sektoral (Hoyt) mengenai pola di sepanjang koridor transportasi dan pengaruh lingkungan.

20

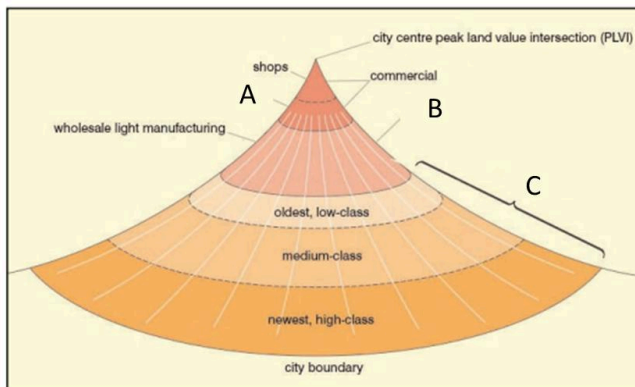
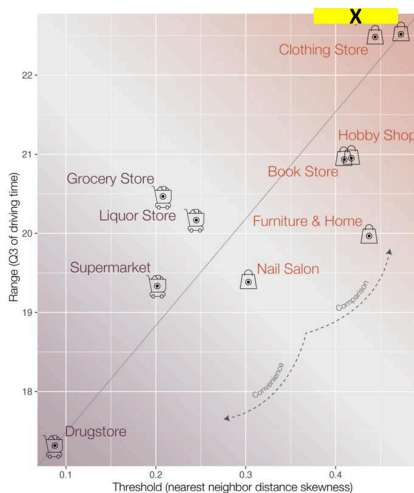


Diagram Teori Bid-Rent ini menunjukkan zonasi A (Komersial), B (Industri), dan C (Perumahan). Perbedaan *trade-off* (pertukaran prioritas) yang paling tepat dalam menjelaskan urutan spasial A → B → C adalah...

- Prioritas A: lahan terluas; Prioritas B: aksesibilitas tertinggi; Prioritas C: lokasi paling sentral.
- Urutan ini murni ditentukan oleh peraturan zonasi (*zoning law*) pemerintah, bukan oleh kompetisi ekonomi.
- Pola ini hanya mencerminkan urutan pembangunan historis kota dari yang tertua (A) hingga termuda (C).
- Pola ini ditentukan oleh topografi, di mana A adalah puncak bukit, B adalah lereng, dan C adalah dataran rendah.
- Prioritas A: aksesibilitas; Prioritas B: keseimbangan aksesibilitas & luas lahan; Prioritas C: luas lahan & harga murah.

21



Grafik ini mengilustrasikan Teori Tempat Sentral, di mana X adalah barang 'orde tinggi' dengan jangkauan (*range*) dan ambang batas (*threshold*) tertinggi. Strategi lokasi yang paling logis untuk bisnis Tipe X adalah...

- Membuka banyak cabang kecil yang tersebar di setiap desa (*low-order center*).
- Menempatkan gerai di setiap kota kecil atau pusat kecamatan (*mid-order center*).
- Mendirikan satu gerai tunggal di kota terbesar/metropolis (*highest-order center*) untuk melayani seluruh region.
- Memilih lokasi di kawasan industri pinggiran kota untuk meminimalkan biaya transportasi bahan baku.
- Mengabaikan lokasi fisik dan hanya berfokus pada *e-commerce*, karena lokasi fisik tidak lagi relevan.

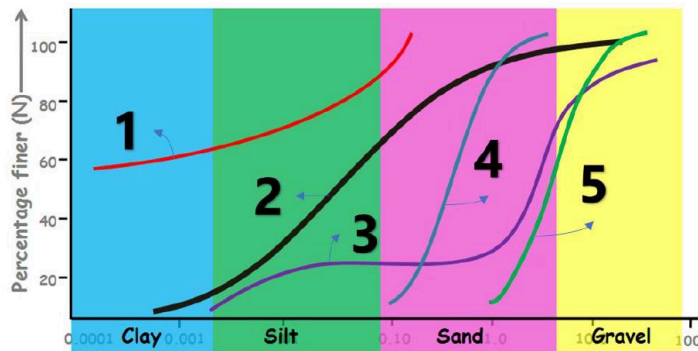
22



Fenomena Indomaret dan Alfamart yang berlokasi saling berdekatan adalah contoh dari Model Kompetisi Spasial Hotelling. Logika strategis fundamental yang menjelaskan mengapa kedua minimarket tersebut cenderung mengelompok (beraglomerasi) adalah...

- Adanya kerja sama aktif antar perusahaan untuk menciptakan pusat ritel (*retail hub*) demi menarik lebih banyak pengunjung.
- Lokasi tersebut merupakan 'tempat sentral' ideal di mana *range* dan *threshold* tumpang tindih sempurna menurut Teori Christaller.
- Setiap gerai secara rasional berusaha pindah ke pusat pasar untuk memaksimalkan pangsa pasarnya, menghasilkan Keseimbangan Nash (*Nash Equilibrium*) di mana keduanya berdampingan.
- Keduanya memiliki kurva *bid-rent* (sewa lahan) yang identik, sehingga secara matematis akan selalu menempati lokasi yang bersebelahan.
- Keduanya berlokasi di titik biaya transportasi minimum dari gudang regional, sesuai dengan Teori Lokasi Industri Weber.

23



Grafik kurva-S ini menunjukkan hasil analisis granulometri lima sampel sedimen. Kurva yang menunjukkan sedimen dengan sortasi terbaik dan gradasi terbaik secara berturut-turut adalah...

- Kurva 5 (sortasi terbaik) dan Kurva 2 (gradasi terbaik).
- Kurva 5 (sortasi terbaik) dan Kurva 1 (gradasi terbaik).
- Kurva 4 (sortasi terbaik) dan Kurva 2 (gradasi terbaik).
- Kurva 1 (sortasi terbaik) dan Kurva 4 (gradasi terbaik).
- Kurva 2 (sortasi terbaik) dan Kurva 5 (gradasi terbaik).

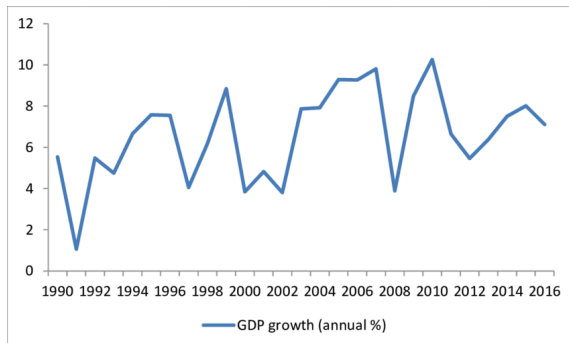
24

	WHEAT	POTATOES
CHINA	100 1 Wheat = 2 Potatoes	200 1 Potato = 0.5 Wheat
INDIA	80 1 Wheat = 1.25 Potatoes	100 1 Potato = 0.8 Wheat

Tabel menunjukkan kemungkinan produksi gandum dan kentang untuk Tiongkok dan India. Berdasarkan prinsip keunggulan komparatif, analisis yang paling akurat jika diusulkan kurs perdagangan '1 Gandum = 1,75 Kentang' adalah...

- Perdagangan tidak akan terjadi karena Tiongkok memiliki keunggulan absolut pada kedua produk.
- Perdagangan ini hanya menguntungkan India, karena Tiongkok merugi dengan kurs yang ditawarkan.
- Agar saling menguntungkan, kurs perdagangan seharusnya ditetapkan di bawah 1,25 kentang per gandum.
- Perdagangan ini sangat menguntungkan kedua negara karena kursnya berada di antara biaya peluang (*opportunity cost*) masing-masing.
- Tiongkok memiliki keunggulan komparatif pada gandum, sehingga seharusnya mengekspor gandum.

25



Asumsikan PDB riil India pada awal 1990 adalah **INR 300 Miliar**. Berdasarkan data grafik, hitunglah "kerugian potensi PDB" pada akhir tahun 1992. Kerugian ini adalah selisih antara PDB aktual dengan PDB hipotetis (jika pertumbuhan konstan sebesar laju tahun 1990).

(Gunakan laju pertumbuhan: 1990 $\approx$ 5,5%; 1991 $\approx$ 1,0%; 1992 $\approx$ 5,0%)

- INR 13,50 Miliar
- INR 15,00 Miliar
- INR 15,76 Miliar
- INR 318,15 Miliar
- INR 333,91 Miliar

26



Botswana, dengan industri intannya, dikenal sebagai pengecualian dari fenomena Kutukan Sumber Daya (*Resource Curse*). Analisis ekonomi-politik yang paling akurat untuk menjelaskan keberhasilan Botswana dalam menghindari kutukan tersebut adalah...

- Penerapan strategi 'Dutch Disease' secara sengaja, dengan mematikan sektor non-tambang.
- Kontrol industri intan sepenuhnya oleh perusahaan multinasional asing tanpa campur tangan pemerintah.
- Adanya institusi pemerintahan yang kuat dan demokratis, kebijakan fiskal yang bijaksana, serta supremasi hukum dan tingkat korupsi yang rendah.
- Adanya pemerintahan militer otoriter yang kuat untuk menekan semua potensi konflik.
- Lokasi geografisnya yang terkurung daratan (*landlocked*), sehingga secara alami terisolasi dari konflik dan perdagangan ilegal.

27

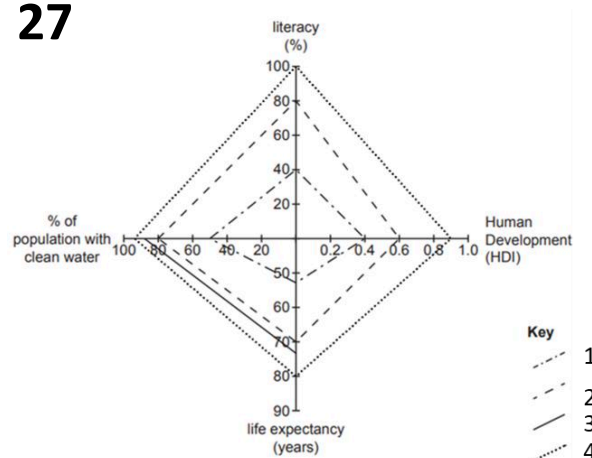
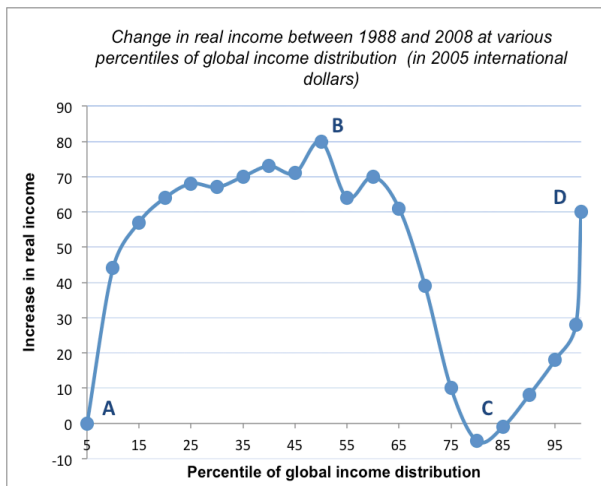


Diagram radar ini menampilkan profil pembangunan Negara 3 yang tidak seimbang: Angka Harapan Hidup dan Akses Air Bersih sangat tinggi, namun Tingkat Melek Huruf dan IPM-nya relatif lebih rendah. Interpretasi yang paling akurat untuk menjelaskan profil 'anomali' ini adalah...

- Profil khas negara pasca-konflik yang memprioritaskan sanitasi dan kesehatan darurat.
- Profil negara Tahap 5 Transisi Demografi di mana tingkat melek huruf menurun akibat pendidikan vokasi.
- Profil negara 'petrostate' (kaya SDA) yang mampu mendanai kesehatan dan infrastruktur dasar, namun pendidikan dan diversifikasi ekonominya tertinggal.
- Menunjukkan negara dengan koefisien Gini sangat tinggi, di mana kaum elite mendongkrak rata-rata harapan hidup.
- Profil negara di pegunungan tinggi tropis, di mana isolasi geografis menghambat pembangunan sekolah.

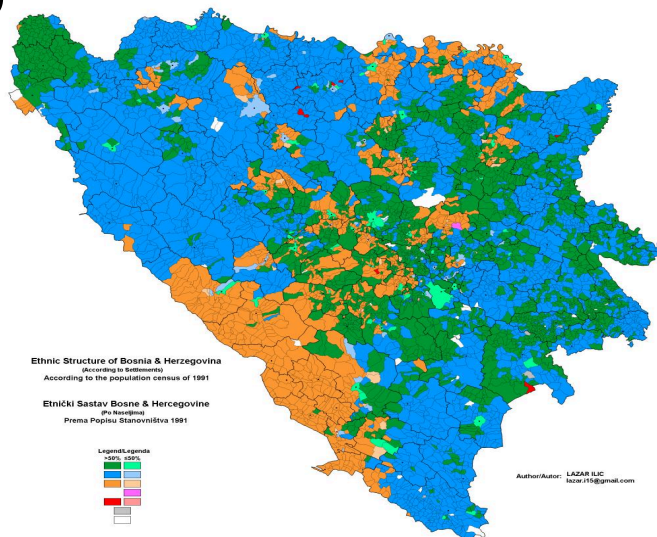
28



"Grafik Gajah" ini menunjukkan lonjakan pendapatan masif pada kelompok B (kelas menengah negara berkembang) dan stagnasi pada kelompok C (kelas pekerja negara maju) antara 1988-2008. Proses ekonomi-politik global yang paling tepat untuk menjelaskan fenomena yang kontras namun saling terkait ini adalah...

- Revolusi teknologi digital yang secara seragam meningkatkan pendapatan semua kelas pekerja di seluruh dunia.
- Globalisasi dan liberalisasi perdagangan, yang memfasilitasi pemindahan industri (*offshoring*) dari negara maju ke negara berkembang, sehingga menaikkan upah di negara berkembang (B) namun menyebabkan stagnasi upah di negara maju (C).
- Program bantuan pembangunan (*foreign aid*) masif dari Bank Dunia dan IMF yang mentransfer kekayaan dari negara kaya ke negara miskin.
- Meningkatnya proteksionisme dan perang dagang, yang melindungi industri di negara maju (C) dan menghambat ekspor dari negara berkembang (B).
- Implementasi Protokol Kyoto, yang memaksa industri berat di negara maju (C) untuk tutup, sementara negara berkembang (B) bebas berindustrialisasi.

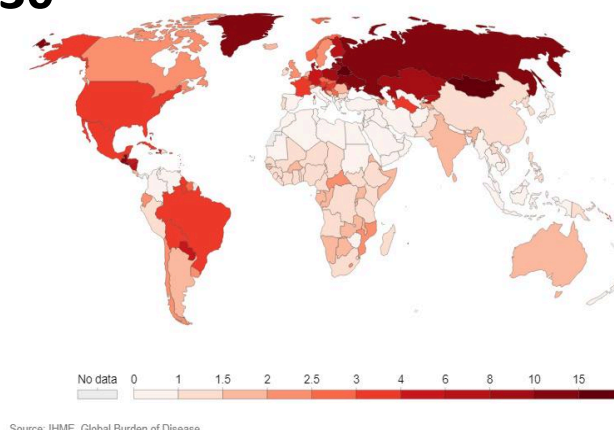
29



Peta ini menunjukkan mosaik etnis Bosnia dan Herzegovina sebelum perang tahun 1991. Berdasarkan pola ini, struktur pembagian kekuasaan internal pasca-Perjanjian Dayton (1995) yang paling logis adalah...

- Pembubaran total Bosnia, di mana wilayah etnis Serbia dan Kroasia dianeksasi oleh negara induknya.
- Pembentukan dua 'entitas' politik: Republika Srpska (konsolidasi wilayah etnis Serbia) dan Federasi Bosnia & Herzegovina (gabungan wilayah etnis Bosniak dan Kroasia).
- Implementasi sistem 'kantonisasi' Swiss, di mana setiap munisipalitas menjadi kanton otonom.
- Penempatan seluruh wilayah di bawah administrasi protektorat PBB.
- Pembentukan negara kesatuan dominasi Bosniak-Kroasia, dengan enklave otonom untuk etnis Serbia.

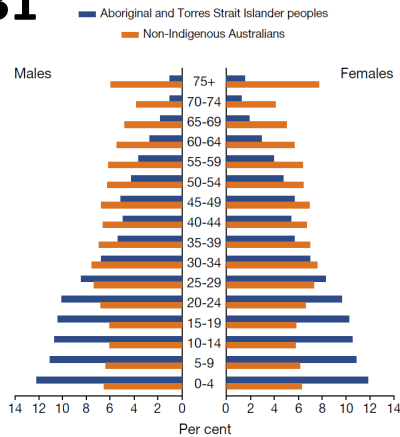
30



Peta ini menunjukkan tingkat kematian akibat gangguan penggunaan alkohol yang sangat ekstrem di Rusia dan Eropa Timur. Analisis geografi-historis dan sosial-budaya yang paling akurat untuk menjelaskan anomali ini adalah...

- Iklim yang sangat dingin, yang menyebabkan ketergantungan fisiologis terhadap alkohol sebagai 'penghangat' tubuh.
- Adanya kerentanan genetik yang unik pada populasi etnis Slavik yang menghambat metabolisme alkohol.
- Kombinasi antara pola konsumsi spiritus (vodka) yang mengakar secara kultural, dengan krisis kesehatan masyarakat pasca-pembubaran Uni Soviet.
- Runtuhnya institusi keagamaan selama era komunisme, yang menghilangkan pedoman moral tentang konsumsi alkohol.
- Dampak stres pasca-trauma (PTSD) jangka panjang dari bencana nuklir Chernobyl.

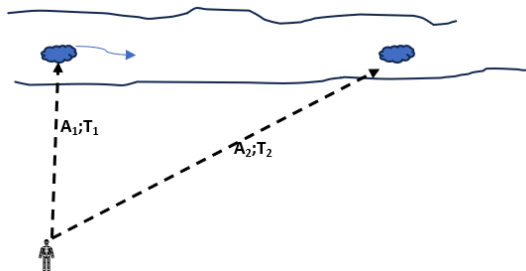
31



Grafik menunjukkan kontras demografis antara populasi Pribumi Australia yang sangat muda dan populasi non-Pribumi yang menua. Implikasi kebijakan jangka panjang yang paling fundamental dari perbedaan struktur usia ini adalah...

- Tantangan utama adalah mengantisipasi ledakan populasi lansia Pribumi yang akan membebani sistem kesehatan.
- Adanya potensi 'dividen demografis' bagi populasi Pribumi jika diiringi investasi pada kaum mudanya; sementara tantangan bagi non-Pribumi adalah membiayai sistem pensiun dan kesehatan lansia.
- Kedua kelompok menunjukkan tren penuaan (*ageing*) yang sama, sehingga memerlukan kebijakan pro-natalis yang seragam.
- Struktur populasi non-Pribumi yang menua disebabkan oleh emigrasi massal, sementara struktur muda populasi Pribumi disebabkan oleh imigrasi.
- Populasi Pribumi sedang berada dalam Jebakan Malthus (*Malthusian Trap*), di mana pertumbuhan populasinya telah melampaui daya dukung lingkungan.

32



Keterangan:

A_1 = Arah pembidikan ke target awal
 T_1 = Waktu pembidikan target awal
 A_2 = Arah pembidikan ke target akhir
 T_2 = Waktu pembidikan target akhir.

Dalam sebuah survei hidrologi, seorang pengamat di tepi sungai melakukan pengukuran kecepatan arus. Pengamat tersebut menggunakan kompas bidik untuk mengukur perubahan sudut azimuth terhadap target apung (eceng gondok) yang hanyut terbawa arus.

Diketahui jarak tegak lurus (J) dari pengamat ke lintasan arus sungai adalah 185 m. Sudut bidik awal (A_1) adalah $13^\circ 10'$ dan sudut bidik akhir (A_2) adalah $63^\circ 55'$. Jika waktu pengamatan awal (T_1) adalah pukul 09:36:49 dan waktu pengamatan akhir (T_2) adalah pukul 09:40:01, maka kecepatan arus sungai tersebut adalah...

- 6,3 km/jam
- 6,2 km/jam
- 6,4 km/jam
- 6,1 km/jam
- 6,5 km/jam

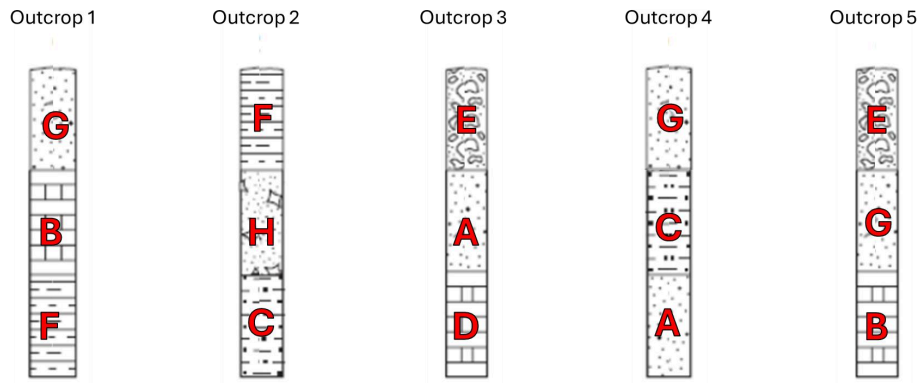
33



Citra satelit ini menampilkan sebuah permukiman linear unik di lembah terencil dan berhutan lebat. Analisis geografi permukiman dan transportasi yang paling akurat untuk menjelaskan karakteristik dan fungsi utama wilayah ini adalah...

- Kawasan transmigrasi untuk perkebunan kelapa sawit, di mana sumbu lurus di tengah adalah jalan utama kolektor.
- Wilayah permukiman terisolir (perintis), di mana landasan pacu (*airstrip*) menjadi arteri transportasi vital, sehingga permukiman tumbuh linear mengikutinya.
- Contoh perembetan perkotaan (*urban sprawl*) di sepanjang jalan tol baru yang menghubungkan dua kota besar.
- Kawasan relokasi korban bencana, di mana sumbu lurus di tengah adalah tanggul penahan banjir/longsor.
- Kota pertambangan (*mining town*), di mana sumbu lurus di tengah adalah jalur konveyor (*conveyor belt*) masif untuk bijih tambang.

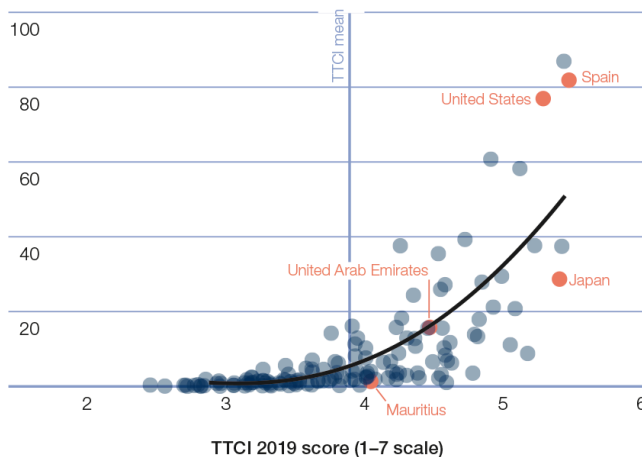
34



Gambar menunjukkan 5 singkapan batuan (outcrop) dengan fosil penunjuk (A-H) yang digunakan untuk korelasi. Singkapan yang memiliki ketidakselarasan (*disconformity*), yang ditandai oleh hilangnya satu atau lebih lapisan batuan dalam urutannya, adalah...

- Singkapan 2 dan Singkapan 5
- Singkapan 3 dan Singkapan 4
- Singkapan 2 dan Singkapan 3
- Singkapan 3 saja
- Singkapan 2 saja

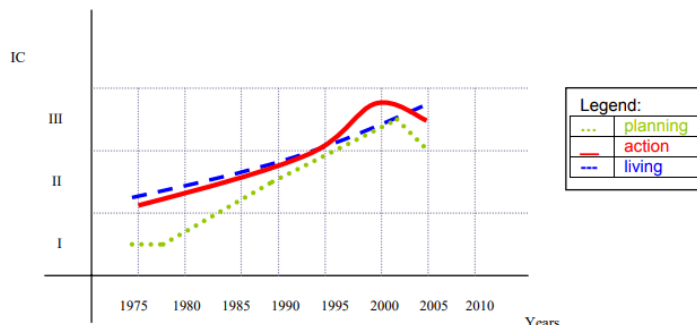
36



Grafik ini memetakan daya saing pariwisata (TTCI) terhadap jumlah kunjungan wisatawan. Perhatikan posisi Uni Emirat Arab (UEA) yang memiliki daya saing tinggi namun jumlah kunjungan lebih rendah dibandingkan Spanyol. Analisis yang paling tepat untuk menjelaskan perbedaan posisi UEA dan Spanyol adalah...

- Daya saing Spanyol lebih tinggi karena unggul dalam infrastruktur bandara dan keamanan, sementara UEA mengandalkan situs warisan budaya.
- Daya saing UEA yang tinggi ditopang oleh infrastruktur dan kebijakan bisnis, namun jumlah kunjungannya lebih terbatas karena kuantitas sumber daya alam dan budaya historisnya tidak sebanyak Spanyol.
- Jumlah kunjungan yang lebih rendah di UEA menunjukkan pariwisatanya lebih eksklusif dan mahal.
- Perbedaan ini murni disebabkan oleh faktor luas wilayah; Spanyol yang lebih besar mampu menampung lebih banyak wisatawan.
- Kunjungan ke UEA lebih rendah karena adanya hambatan budaya dan agama yang ketat bagi wisatawan Barat.

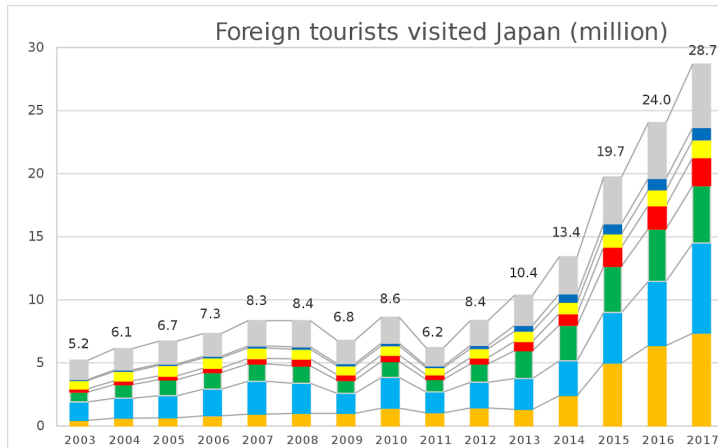
35



Grafik ini menunjukkan sebuah destinasi wisata yang memasuki fase Stagnasi/Penurunan (kurva 'action' menurun pasca-2005). Menurut Model Siklus Hidup Butler, strategi yang paling tepat untuk mencapai fase Peremajaan (*Rejuvenation*) adalah...

- Mendorong penduduk lokal membuka *homestay* untuk wisatawan perintis (strategi fase awal).
- Membangun lebih banyak infrastruktur pariwisata massal seperti bandara dan hotel baru.
- Melakukan diversifikasi dan inovasi produk (misal: ekowisata, wisata petualangan) untuk menarik segmen pasar baru.
- Menurunkan standar lingkungan dan harga secara drastis untuk menarik kembali pariwisata massal.
- Menerapkan kebijakan *laissez-faire* (tanpa intervensi pemerintah) dan membiarkan pasar bebas bekerja.

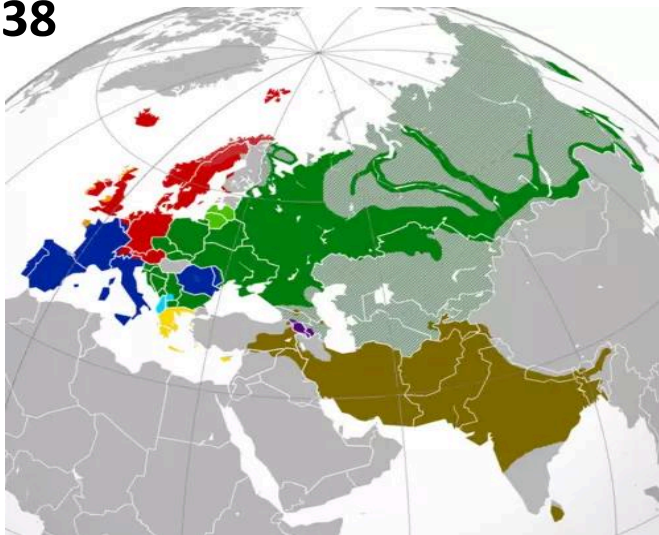
37



Grafik menunjukkan ledakan jumlah wisatawan asing ke Jepang pasca-2012. Analisis ekonomi-politik yang paling akurat untuk menjelaskan fenomena 'ledakan pariwisata' ini adalah...

- Terjadinya apresiasi (penguatan) tajam mata uang Yen, yang meningkatkan citra Jepang sebagai destinasi mewah.
- Kombinasi kebijakan 'Abenomics' yang melemahkan nilai tukar Yen (membuat Jepang lebih murah) dan liberalisasi kebijakan visa.
- Merupakan 'pariwisata simpati' (*sympathy tourism*) sebagai bentuk dukungan pasca-bencana gempa bumi dan tsunami Tohoku 2011.
- Adanya perjanjian pariwisata trilateral antara Jepang, Korea Selatan, dan Korea Utara yang membuka perbatasan.
- Peningkatan investasi dan promosi masif sebagai persiapan Olimpiade Tokyo yang dijadwalkan pada tahun 2016.

38

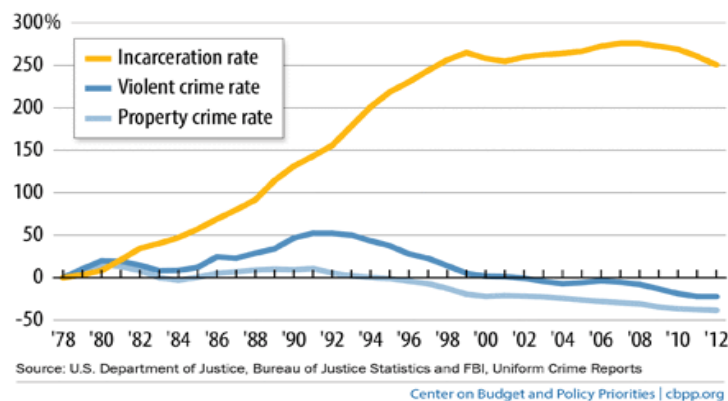


Peta ini menampilkan sebaran luas rumpun bahasa Indo-Eropa. Hipotesis ilmiah yang saat ini paling diterima untuk menjelaskan asal-usul dan mekanisme penyebaran rumpun bahasa ini adalah...

- Hipotesis Anatolia, yang menyatakan bahasa ini menyebar secara damai dari Anatolia (Turki) bersamaan dengan ekspansi pertanian Neolitikum.
- Hipotesis Kurgan (Stepa), yang menyatakan bahasa ini menyebar dari Stepa Pontus-Kaspia (Ukraina/Rusia Selatan) oleh para penggembala nomaden berkuda.
- Ekspansi Kekaisaran Romawi, yang menyebarkan bahasa Latin sebagai cikal bakal dari semua cabang bahasa Indo-Eropa.
- Teori 'Out of India', yang mengklaim bahwa peradaban Veda kuno di India adalah sumber dari semua bahasa ini.
- Diaspora 'Bangsa Laut' (*Sea Peoples*) pada Zaman Perunggu, yang menyebarkan bahasa mereka dari Mediterania Timur.

39

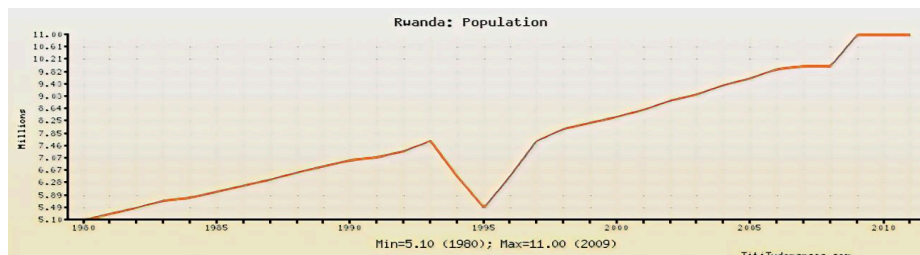
Percent change in crime and incarceration



Grafik ini menampilkan persentase perubahan tingkat kejahatan dan penahanan di AS sejak 1978. Hitunglah rasio perbandingan antara laju kenaikan tingkat penahanan (kuning) dengan laju penurunan tingkat kejahatan kekerasan (biru tua) pada periode 1992-2000.

- Sekitar 2,0 kali
- Sekitar 2,7 kali
- Sekitar 4,3 kali
- Sekitar 16,7 kali
- Sekitar 185,0 kali

40



Grafik populasi Rwanda menunjukkan pemulihan berbentuk 'V' yang sangat cepat pasca-Genosida 1994. Analisis demografis yang paling akurat untuk menjelaskan mekanisme utama di balik pemulihan populasi yang cepat ini adalah...

- Adanya program imigrasi massal dari negara tetangga yang disponsori PBB.
- Keberhasilan program kesehatan global yang secara instan menurunkan angka kematian bayi.
- Kombinasi antara arus balik pengungsi (*refugee return*) skala masif dengan tingkat fertilitas total (TFR) yang tetap sangat tinggi.
- Anomali statistik akibat koreksi data sensus pasca-genosida.
- Penemuan sumber daya mineral berharga pada tahun 1995 yang memicu 'demam' ekonomi dan menarik diaspora.



INFORMATIKA

SOAL 1A : TAMAN HUJAN

Taman Hujan

Time limit	1500 ms
Memory limit	256 MB

Deskripsi

Untuk liburan yang akan datang, Pak Dengklek memutuskan untuk berjalan-jalan di Jatim Park.

Jatim Park memiliki N wahana, dinomori dari 1 sampai N , dan wahana-wahana ini dihubungi oleh M jalan setapak, dinomori dari 1 sampai M . Jalan setapak i menghubungkan wahana U_i dan V_i secara dua arah, dan memerlukan waktu W_i detik untuk berjalan melaluinya. Terdapat dua jenis jalan setapak yang dideskripsikan oleh Z_i sebagai berikut.

- Apabila $Z_i = 1$, maka jalan setapak ini tidak beratap dan hanya bisa dilewati ketika hujan **tidak turun**.
- Apabila $Z_i = 2$, maka jalan setapak ini beratap dan **selalu bisa** dilewati, terlepas dari hujan turun atau tidak.

Di tengah musim penghujan ini, Pak Dengklek lupa membawa payung, sehingga Pak Dengklek mengandalkan Q prakiraan cuaca. Saat ini (detik ke-0), cuaca sedang cerah. Prakiraan cuaca j mengatakan hujan akan **mulai turun** pada detik ke- T_j dan akan terus turun tanpa berhenti. Agar tidak kehujanan ketika hujan turun, Pak Dengklek hanya bisa melalui jalan beratap, atau berteduh di wahana mana pun. Dengan kata lain, Pak Dengklek tidak dapat berada di tengah jalan tidak beratap ketika hujan turun.

Pak Dengklek sekarang berada di wahana 1 dan ingin mengunjungi wahana N . Apabila Pak Dengklek mengikuti prakiraan cuaca j , yaitu hujan mulai turun di detik ke- T_j , hitunglah waktu tempuh tersingkat untuk mencapai tujuan tanpa kehujanan, atau laporkan bahwa tujuan tidak mungkin tercapai.

Batasan

- $2 \leq N \leq 100\,000$
- $1 \leq M \leq 200\,000$
- $1 \leq U_i < V_i \leq N$, untuk semua $1 \leq i \leq M$
- $1 \leq W_i \leq 10\,000$, untuk semua $1 \leq i \leq M$
- $Z_i = 1$ atau $Z_i = 2$, untuk semua $1 \leq i \leq M$
- $1 \leq Q \leq 100\,000$
- $1 \leq T_j \leq 10^9$, untuk semua $1 \leq j \leq Q$

Subsoal

1. (7 poin) $Z_i = 2$; $W_i = 1$
2. (8 poin) $Z_i = 2$
3. (6 poin) $Z_i = 1$
4. (19 poin) $N, M, Q \leq 2000$
5. (22 poin) Jika $Z_i = 2$, maka $V_i = N$.

6. (19 poin) $N, M \leq 2000$
 7. (19 poin) Tidak ada batasan tambahan.

Masukan

Masukan diberikan dalam format berikut:

```
N M
U1 V1 W1 Z1
U2 V2 W2 Z2
⋮
UM VM WM ZM
Q
T1
T2
⋮
TQ
```

Keluaran

Keluarkan Q baris. Baris ke- j berisi sebuah bilangan bulat yang menyatakan waktu tempuh tersingkat dari wahana 1 ke wahana N apabila hujan mulai turun di detik ke- T_j . Jika wahana N tidak dapat tercapai, keluarkan -1 .

Contoh Masukan

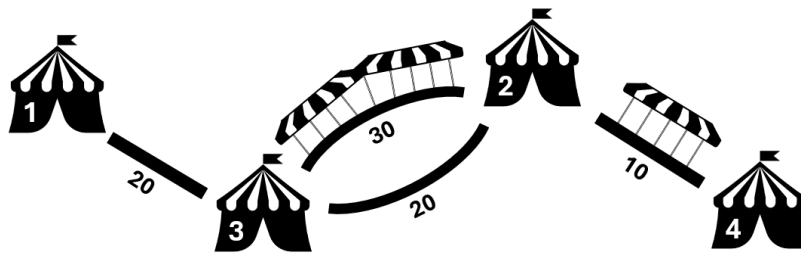
```
4 4
1 3 20 1
2 3 30 2
2 3 20 1
2 4 10 2
3
100
20
1
```

Contoh Keluaran

```
50
60
-1
```

Penjelasan

Jatim Park pada masukan dapat diilustrasikan sebagai berikut.



Pada prakiraan cuaca pertama, $T_1 = 100$. Pak Dengklek dapat melewati jalan 1, 3, lalu 4, dan mencapai tujuan dalam waktu 50 detik sebelum hujan turun.

Pada prakiraan cuaca kedua, $T_2 = 20$. Pak Dengklek dapat berjalan dari wahana 1 ke wahana 2 dengan satu-satunya jalan dalam 20 detik, tepat sebelum hujan turun. Untuk seterusnya, Pak Dengklek harus berjalan melalui jalan beratap, dan mencapai tujuan dengan total waktu 60 detik.

Pada prakiraan cuaca ketiga, $T_3 = 1$. Satu-satunya jalan yang bisa Pak Dengklek lalui pada awalnya memerlukan waktu 20 detik, dan hujan sudah akan turun sehingga tidak bisa digunakan. Karena Pak Dengklek tidak bisa mencapai tujuan, maka Anda harus mengeluarkan .

JAWABAN

```
#include <bits/stdc++.h>
using namespace std;

using ll = long long;
const int MX = 1e5 + 5;
const int INF = 2e9 + 69;

vector<pair<int, int> > adj_all[MX], adj_z2[MX];
int dist1[MX], dist2[MX];

int main() {
    cin.tie(0) -> sync_with_stdio(0);

    int n, m, A, B;
    cin >> n >> m;
    A = 1; B = n;

    for (int u, v, w, z, i = 0; i < m; i++) {
        cin >> u >> v >> w >> z;
        adj_all[u].push_back(make_pair(v, w));
        adj_all[v].push_back(make_pair(u, w));
        if (z == 2) {
            adj_z2[u].push_back(make_pair(v, w));
            adj_z2[v].push_back(make_pair(u, w));
        }
    }

    for (int i = 1; i <= n; i++) {
        dist1[i] = INF;
        dist2[i] = INF;
    }

    // Dijkstra source A graph adj_all
    priority_queue<pair<int, int>, vector<pair<int, int> >, greater<pair<int, int> > > pq;
    dist1[A] = 0;
    pq.push(make_pair(0, A));
    for (; !pq.empty(); pq.pop()) {
        int dst = pq.top().first;
        int nw = pq.top().second;
        if (dst > dist1[nw]) continue;
        for (pair<int, int> e : adj_all[nw]) {
            int nx = e.first;
            int wt = e.second;
            if (dist1[nx] > dist1[nw] + wt) {
                dist1[nx] = dist1[nw] + wt;
                pq.push(make_pair(dist1[nx], nx));
            }
        }
    }

    // Dijkstra source B graph adj_z2
    for (; !pq.empty(); pq.pop()); // clear
    dist2[B] = 0;
```

```

pq.push(make_pair(0, B));
for (; !pq.empty(); pq.pop()) {
    int dst = pq.top().first;
    int nw = pq.top().second;
    if (dst > dist2[nw]) continue;
    for (pair<int, int> e : adj_z2[nw]) {
        int nx = e.first;
        int wt = e.second;
        if (dist2[nx] > dist2[nw] + wt) {
            dist2[nx] = dist2[nw] + wt;
            pq.push(make_pair(dist2[nx], nx));
        }
    }
}

vector<pair<int, int> > arr;
for (int i = 1; i <= n; i++) {
    if (dist1[i] >= INF || dist2[i] >= INF) continue;
    arr.push_back(make_pair(dist1[i], dist1[i] + dist2[i]));
}
sort(arr.begin(), arr.end());

int q;
cin >> q;
vector<pair<int, int> > queries(q);
for (int i = 0; i < q; i++) {
    cin >> queries[i].first;
    queries[i].second = i;
}
sort(queries.begin(), queries.end());

vector<int> ans(q);

int j = 0; int res = INF;
for (int i = 0; i < q; i++) {
    for (; j < (int)arr.size() && arr[j].first <= queries[i].first; j++) {
        res = min(res, arr[j].second);
    }
    ans[queries[i].second] = (res >= INF ? -1 : res);
}

for (int i = 0; i < q; i++) {
    cout << ans[i] << "\n";
}
return 0;
}

```

SOAL 1B : LARIK TARIK

Larik Tarik

Time limit	2 s
Memory limit	512 MB

Deskripsi

Untuk memperluas wawasan kulinernya, Bu Dengklek memutuskan untuk berlanglang di kota Malang. Ia pun mengunjungi restoran Umami Makan Malang (UMM). Sembari menunggu makanannya datang, ia mengamati pelayan restoran sedang meracik dengan menarik-narik sekumpulan larik.

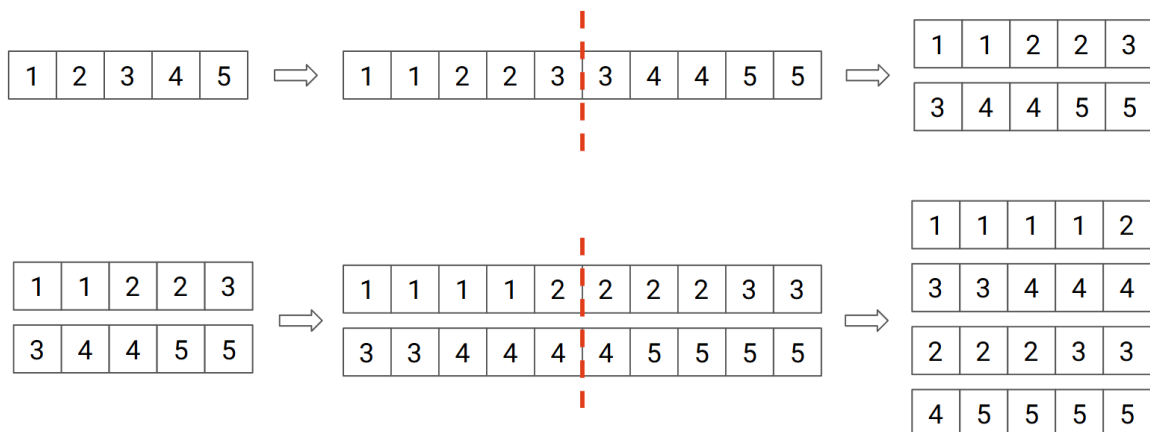
Operasi *tarik* pada sebuah larik $a = [a_1, a_2, \dots, a_n]$ sepanjang n didefinisikan sebagai berikut:

1. Buatlah larik a' sepanjang $2n$, dengan elemen ke- $(2i - 1)$ dan elemen ke- $(2i)$ dari a' diambil dari elemen ke- i dari a . Dengan kata lain, $a'[2i - 1] = a'[2i] = a[i]$ (untuk $1 \leq i \leq n$).
2. Potong larik a' menjadi dua larik, masing-masing sepanjang n , yaitu larik $a'[1..n]$ dan $a'[n + 1..2n]$. Kedua larik ini menjadi hasil dari tarik, sebut saja mereka sebagai *potongan kiri* dan *potongan kanan*.

Operasi *tarik* juga bisa dilakukan sekaligus pada sebarisan larik. Ketika sebarisan larik ditarik, lakukan langkah-langkah berikut:

1. Lakukan operasi tarik pada masing-masing larik. Ini akan menghasilkan sekumpulan potongan kiri dan potongan kanan.
2. Susun semua potongan kiri pada awal barisan hasil tarik. Urutan penyusunan sesuai dengan urutan asal mereka pada barisan sebelum ditarik.
3. Susun semua potongan kanan pada akhir barisan hasil tarik. Urutan penyusunan sesuai dengan urutan asal mereka pada barisan sebelum ditarik.

Sebagai contoh, bila awalnya hanya terdapat satu larik $[1, 2, 3, 4, 5]$, operasi tarik akan menghasilkan sebuah barisan dengan dua larik: $[1, 1, 2, 2, 3]$ dan $[3, 4, 4, 5, 5]$. Apabila barisan larik ini ditarik lagi, akan menghasilkan barisan $[1, 1, 1, 1, 2], [3, 3, 4, 4, 4], [2, 2, 2, 3, 3], [4, 5, 5, 5, 5]$, dengan urutan tersebut.



Awalnya, Bu Dengklek hanya mengamati sebuah larik A sepanjang N . Larik ini kemudian akan dilakukan operasi tarik sebanyak K kali. Bu Dengklek pun penasaran, untuk masing-masing larik dari hasil tarikan, berapakah hasil penjumlahan semua elemen larik tersebut. Apabila banyaknya larik pada hasil akhir melebihi 200 000, Bu Dengklek cukup ingin tahu hasil penjumlahan dari 200 000 larik pertama. Bantulah Bu Dengklek mencari hasil penjumlahannya!

Batasan

- $1 \leq N, K \leq 200\,000$
- $0 \leq A[i] \leq 10^9$, untuk semua $1 \leq i \leq N$

Subsoal

1. (9 poin) $K \leq 3$
2. (13 poin) $K \leq 20$; $A[1] = 1$; $A[i] = 0$ (untuk $i \geq 2$)
3. (14 poin) $K \leq 20$; $N = 2^k$ untuk suatu bilangan bulat k
4. (23 poin) $K \leq 20$
5. (24 poin) $N = 3$
6. (17 poin) Tidak ada batasan tambahan.

Masukan

Masukan diberikan dalam format berikut:

```
N K
A[1] A[2] ... A[N]
```

Keluaran

Keluarkan hasil penjumlahan dari masing-masing larik pada barisan hasil tarik pada baris yang terpisah. Apabila terdapat lebih dari 200 000 larik pada barisan akhir, cukup keluarkan hasil penjumlahan dari 200 000 larik pertama.

Contoh Masukan 1

```
5 2
1 2 3 4 5
```

Contoh Keluaran 1

```
6
18
12
24
```

Penjelasan Contoh 1

Contoh yang diberikan sama seperti dengan contoh yang ada pada deskripsi. Hasil akhir setelah 2 tarik, dan hasil penjumlahan mereka adalah:

- $[1, 1, 1, 1, 2]$: $1 + 1 + 1 + 1 + 2 = 6$
- $[3, 3, 4, 4, 4]$: $3 + 3 + 4 + 4 + 4 = 18$
- $[2, 2, 2, 3, 3]$: $2 + 2 + 2 + 3 + 3 = 12$
- $[4, 5, 5, 5, 5]$: $4 + 5 + 5 + 5 + 5 = 24$

Contoh Masukan 2

```
1 20
0
```

Contoh Keluaran 2

```
0
0
0
... (sisa 199997 baris berisi 0)
```

Penjelasan Contoh 2

Hasil akhir setelah 20 tarik adalah 1048756 larik yang masing-masing berisi satu elemen 0. Karena Bu Dengklek hanya tertarik dengan hasil penjumlahan 200 000 larik pertama, maka cukup keluarkan 0 sebanyak 200 000 kali.

JAWABAN

```
#include <bits/stdc++.h>
using namespace std;
typedef long long LL;

const int MAX_N = 2e5;
const int MAX_K = 2e5;
int ar[MAX_N + 5];

typedef pair<int,int> pii;
#define fi first
#define se second
#define mp make_pair

vector<pii> v[2 * MAX_K + 5], v_before[2 * MAX_K + 5], lef[MAX_K + 5], rig[MAX_K + 5];

int main(){
    int n, k;
    scanf("%d%d", &n, &k);

    for(int i = 0; i < n; ++i){
        scanf("%d", &ar[i]);
        v[0].push_back(mp(ar[i], 1));
    }

    v_before[0] = v[0];

    // int cnt_loop = 0;
    int siz = 1;
    for(int i = 0; i < k; ++i/*, ++cnt_loop*/){
        for(int j = 0; j < siz; ++j){
            v_before[j] = v[j];
            vector<pii> cur_left;
            vector<pii> cur_right;
            int cur_sum = 0;
            for(pii& x: v[j]){
                if(cur_sum < n) {
                    int banyak = min(n - cur_sum, 2 * x.se);
                    int sisa = 2 * x.se - banyak;
                    cur_left.push_back(mp(x.fi, banyak));
                    if(sisa){
                        cur_right.push_back(mp(x.fi, sisa));
                    }
                }
            }
        }
    }
```

```

    }
    else{
        cur_right.push_back(mp(x.fi, 2 * x.se));
    }

    cur_sum += 2 * x.se;
}
lef[j] = cur_left;
rig[j] = cur_right;
}

int idx_v = 0;
for(int j = 0; j < siz; ++j, ++idx_v){
    v[idx_v] = lef[j];
}
for(int j = 0; j < siz; ++j, ++idx_v){
    v[idx_v] = rig[j];
}

siz <<= 1;
if(siz >= MAX_K) {
    bool same = true;
    for(int j = 0; j < MAX_K && same; ++j){
        if(v[j] != v_before[j]) same = false;
    }
    siz = min(siz, MAX_K);
    if(same) break;
}

for(int i = 0; i < siz; ++i){
    LL total = 0;
    for(pii &x: v[i]){
        total += 1LL * x.fi * x.se;
    }
    printf("%lld\n", total);
}

return 0;
}

```

SOAL 1C : MIKROBA BRANTAS

Mikroba Brantas

Time limit	1 s
Memory limit	256 MB

Deskripsi

Pak Dengklek sedang berada di kota Malang! Di Malang, terdapat banyak sungai, salah satunya Sungai Brantas. Di Sungai Brantas terdapat banyak mikroba. Pak Dengklek sangat senang bermain dengan mikroba dan mengajak Anda untuk bermain bersama. Sebelum permainan dimulai, Anda dan Pak Dengklek terlebih dahulu melakukan persiapan sebagai berikut.

1. Pertama, Anda akan menentukan sebuah bilangan bulat positif N ($6 \leq N \leq 50$).
2. Pak Dengklek kemudian akan menyiapkan papan berukuran $N \times N$ yang setiap petaknya bersifat **tidak steril**.
3. Selanjutnya, Pak Dengklek akan meletakkan satu mikroba pada salah satu petak di papan tersebut. Tetapi, Anda tidak tahu di mana Pak Dengklek meletakkannya.

Untuk memenangkan permainan ini, Anda harus menebak petak tempat Pak Dengklek meletakkan mikroba. Anda dapat berinteraksi dengan Pak Dengklek dengan melakukan operasi-operasi sebagai berikut.

- **QUERY**: Anda akan menulis angka di petak-petak papan sebagai berikut.
 - Untuk setiap petak yang **tidak steril**, Anda akan menulis sebuah bilangan bulat di antara 1 hingga 36 (inklusif).
 - Untuk setiap petak yang **steril**, Anda **wajib** menulis angka 0.
 - Setelah Anda selesai menulis angka di semua petak, Pak Dengklek akan menghitung dua buah nilai:
 - Nilai *stabilitas* mikroba (S) yakni angka yang tertulis pada petak tempat mikroba berada.
 - Nilai *mobilitas* petak tempat mikroba berada (M). Nilai mobilitas suatu petak p adalah banyaknya petak berbeda yang dapat dikunjungi dari p dengan melakukan serangkaian pergerakan empat arah: atas, bawah, kiri, dan kanan; melalui petak-petak yang angkanya sama dengan yang tertulis pada petak p .
 - Di akhir operasi ini, Pak Dengklek akan melakukan dua hal berikut.
 1. Pak Dengklek akan melaporkan nilai S dan M kepada Anda.
 2. Berdasarkan nilai S dan M tersebut, Pak Dengklek akan mengubah sifat **semua** petak dengan angka **selain** S ataupun petak dengan nilai mobilitas **selain** M menjadi **steril**. Kasarnya, petak-petak yang tidak mungkin merupakan petak tempat mikroba berada akan berubah menjadi steril.
- **ANSWER**: Anda menebak petak tempat mikroba tersebut berada.

Karena keterbatasan waktu, Anda hanya dapat melakukan **paling banyak tiga** operasi **QUERY**. Anda akan menang apabila Anda berhasil menebak petak tempat mikroba ditempatkan.

Batasan

- $6 \leq N \leq 50$

Informasi Tipe Soal

Soal ini bertipe "interaktif". Pada soal ini, Anda akan berinteraksi dengan program pengujian melalui masukan standar (*stdin*) dan keluaran standar (*stdout*). Perhatikan interaksi di bawah ini dengan saksama.

Interaksi

Awalnya, Anda akan memberikan nilai N dengan memberikan keluaran dalam format berikut:

N

Setelah itu, Anda dapat melakukan paling banyak tiga operasi **QUERY** dalam format berikut:

QUERY

$A_{1,1} \ A_{1,2} \ \dots \ A_{1,N}$

$A_{2,1} \ A_{2,2} \ \dots \ A_{2,N}$

$\cdot \ \cdot \ \cdot$

$\cdot \ \cdot \ \cdot$

$A_{N,1} \ A_{N,2} \ \dots \ A_{N,N}$

dengan $A_{i,j}$ merupakan angka yang ditulis pada petak baris i dan kolom j .

Setelah setiap operasi **QUERY** dilakukan, Pak Dengklek akan mengeluarkan nilai S dan M sesuai yang dideskripsikan dalam format berikut:

S M

Setelah semua operasi **QUERY** dilakukan, Anda harus menebak petak tempat mikroba berada, yakni baris X dan kolom Y , dalam format berikut:

ANSWER

X Y

Tepat setelah itu, program Anda harus langsung berhenti.

Penilaian

Tidak terdapat subsoal pada soal ini, melainkan program Anda akan diuji terhadap 50 kasus uji. Untuk suatu kasus uji, Anda akan mendapatkan poin apabila Anda berhasil menebak petak tempat mikroba berada dengan benar. Poin akhir dari soal ini adalah poin minimum dari seluruh kasus uji, dibulatkan ke bilangan bulat terdekat.

Untuk suatu kasus uji, poin yang Anda dapatkan akan berdasarkan N dan angka paling besar K yang pernah Anda tulis dari seluruh operasi **QUERY**. Perhitungan poinnya adalah sebagai berikut:

Kondisi	Poin
$6 < K \leq 36$	4
$4 < K \leq 6$	9

$K = 4$	16
$K \leq 3; 6 \leq N < 9$	$26 + 3.0 \times (N - 6)$
$K \leq 3; 9 \leq N < 18$	$41 + 2.0 \times (N - 9)$
$K \leq 3; 18 \leq N < 30$	$63 + 1.5 \times (N - 18)$
$K \leq 3; 30 \leq N \leq 36$	$84 + 2.5 \times (N - 30)$
$K \leq 3; N > 36$	100

Program Anda mungkin mendapatkan "Wrong Answer" atau "Time Limit Exceeded" (dan mendapatkan 0 poin) jika:

- melakukan operasi `QUERY` lebih dari tiga kali;
- menuliskan bilangan bulat positif pada petak yang steril, atau menulis angka 0 pada petak yang tidak steril;
- menjawab tempat petak mikroba secara tidak tepat pada operasi `ANSWER`;
- menghasilkan keluaran dengan format yang salah atau di luar batasan dan ketentuan;
- tidak melakukan operasi `ANSWER`;
- masih mengeluarkan operasi lain setelah operasi `ANSWER` dilakukan.

Anda bisa melihat informasi penilaian setiap kasus uji secara detail di halaman pengumpulan. Secara spesifik:

- Apabila program Anda menghasilkan keluaran dengan format yang salah atau di luar batasan dan ketentuan, maka Anda akan mendapatkan informasi berupa batasan dan ketentuan yang dilanggar.
- Apabila program Anda menghasilkan keluaran sesuai dengan format dan ketentuan yang berlaku, namun **tidak** berhasil menjawab tempat petak mikroba secara tepat, maka Anda akan mendapatkan informasi `INCORRECT ANSWER` dengan nilai N , nilai K , dan nilai S maupun M hasil setiap operasi `QUERY`.
- Apabila program Anda berhasil menjawab tempat petak mikroba secara tepat dan sesuai dengan format dan batasan, maka Anda akan mendapatkan informasi berupa poin, nilai N , dan nilai K .

Perhatikan bahwa *grader* bisa saja bersifat **adaptif**. Dengan kata lain, petak tempat mikroba ditempatkan di awal dapat berubah setelah interaksi dimulai, namun jawaban yang Anda terima dari hasil interaksi masih akan konsisten dengan tempat mikroba tersebut berada sekarang.

Contoh Interaksi

Berikut adalah sebuah contoh interaksi yang mungkin. Pada contoh interaksi, Pak Dengklek akan **selalu** menempatkan mikroba di baris 4 dan kolom 2 tanpa mempertimbangkan nilai N sama sekali.

Masukan	Keluaran
	6
	QUERY
	1 1 1 3 3 3
	2 2 3 2 3 4
	4 3 3 4 4 4

	2 3 4 2 3 3 3 1 2 2 3 3 2 1 3 2 4 3
3 4	
	QUERY 0 0 0 5 7 5 0 0 5 0 7 0 0 6 5 0 0 0 0 5 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
5 1	
	QUERY 0 0 0 2 0 3 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
1 1	
	ANSWER 4 2

Pada contoh di atas, nilai N adalah 6. Secara berturut-turut, berikut adalah operasi-operasi yang dilakukan oleh program Anda.

1. Setelah operasi **QUERY** pertama, tersisa delapan petak yang ditulis angka $S = 3$ dengan nilai mobilitas $M = 4$.
2. Setelah operasi **QUERY** kedua, tersisa tiga petak yang ditulis angka $S = 5$ dengan nilai mobilitas $M = 1$.
3. Setelah operasi **QUERY** ketiga, hanya tersisa satu petak yang mungkin sebagai petak tempat mikroba berada, yaitu petak di baris 4 dan kolom 2.
4. Pada akhirnya, operasi **ANSWER** dilakukan untuk menjawab petak tersebut.

Karena program berhasil menebak posisi mikroba dengan tepat, maka program Anda akan mendapatkan poin. Perhatikan bahwa angka paling besar yang pernah Anda tulis dari seluruh operasi **QUERY** adalah $K = 7$. Oleh karena itu, Anda akan mendapatkan 4 poin untuk contoh ini.

Peringatan

Selalu lakukan *flush* setiap kali setelah program Anda mengeluarkan keluaran.

- Untuk *library* `stdio.h` (`cstdio`):

```
fflush(stdout);
```

- Untuk *library* `iostream`:

```
std::cout << std::flush;
```

JAWABAN

```
#include <bits/stdc++.h>
using namespace std;
```

```
int n, k;
int color, sz;
int a[57][57];
bool inPlay[57][57];
```

```
void QUERY() {
    printf("QUERY\n");
    for (int i = 1; i <= n; i++) {
        for (int j = 1; j <= n; j++) {
            printf("%d ", a[i][j]);
        }
        printf("\n");
    }
    fflush(stdout);
    scanf("%d%d", &color, &sz);
}
```

```
int flag[57][57];
int cc;
```

```
void DFS1(int x, int y) {
    cc++;
    flag[x][y] = 1;
    if (flag[x - 1][y] == 2 && a[x - 1][y] == a[x][y]) DFS1(x - 1, y);
    if (flag[x + 1][y] == 2 && a[x + 1][y] == a[x][y]) DFS1(x + 1, y);
    if (flag[x][y - 1] == 2 && a[x][y - 1] == a[x][y]) DFS1(x, y - 1);
    if (flag[x][y + 1] == 2 && a[x][y + 1] == a[x][y]) DFS1(x, y + 1);
}
```

```
void DFS0(int x, int y) {
    inPlay[x][y] = false;
    flag[x][y] = 0;
    if (flag[x - 1][y] == 1 && a[x - 1][y] == a[x][y]) DFS0(x - 1, y);
    if (flag[x + 1][y] == 1 && a[x + 1][y] == a[x][y]) DFS0(x + 1, y);
    if (flag[x][y - 1] == 1 && a[x][y - 1] == a[x][y]) DFS0(x, y - 1);
    if (flag[x][y + 1] == 1 && a[x][y + 1] == a[x][y]) DFS0(x, y + 1);
}
```

```
void UPDATE() {
    for (int i = 1; i <= n; i++) {
        for (int j = 1; j <= n; j++) {
            if (inPlay[i][j]) {
```

```

        flag[i][j] = 2;
    } else {
        flag[i][j] = 0;
    }
}
}

for (int i = 1; i <= n; i++) {
    for (int j = 1; j <= n; j++) {
        if (flag[i][j] == 2) {
            cc = 0;
            DFS1(i, j);
            if (a[i][j] != color || cc != sz) {
                DFS0(i, j);
            }
        }
    }
}

void ANSWER(int x, int y) {
    printf("ANSWER\n");
    printf("%d %d\n", x, y);
    fflush(stdout);
}

int pattern[57][57];
int sizeP[57][57];
int rowP, colP, labelP;
bool doneTriColor;
int limit[4][57];

vector<int> query2[57];

void populateLimit() {
    for (int i = 1; i <= k; i++) {
        for (int j = 1; j <= 24; j++) {
            limit[i][j] = query2[j].size();
        }
    }
}

void initPattern() {
    rowP = 0;
    labelP = 0;

    doneTriColor = false;
    populateLimit();
}

```

```
}
```

```
void makePattern(vector<int> vec) {
    rowP++;
    colP = 0;

    for (int i = 0; i < vec.size(); i++) {
        labelP++;
        for (int j = 0; j < vec[i]; j++) {
            colP++;
            pattern[rowP][colP] = labelP;
            sizeP[rowP][colP] = vec[i];
        }
    }
}
```

```
void makeTriple(vector<int> vec, vector<int> insideVec = {}) {
    makePattern(vec);
    if (!insideVec.empty()) {
        makeTriple(insideVec);
    }
    makePattern(vec);
    makePattern(vec);
}
```

```
void triColor(int x = 1, int y = 1) {
    if (x > n) {
        doneTriColor = true;
        return;
    }

    if (y > n) {
        triColor(x + 1, 1);
        return;
    }

    for (int i = 1; i <= k && !doneTriColor; i++) {
        int toColor = ((i + x - 2) % 3) + 1;

        if (x > 1 && a[x - 1][y] == toColor) continue;
        if (y > 1 && pattern[x][y] == pattern[x][y - 1] && a[x][y - 1] != toColor) continue;
        if (y > 1 && pattern[x][y] != pattern[x][y - 1] && a[x][y - 1] == toColor) continue;
        if (limit[toColor][sizeP[x][y]] == 0) continue;

        a[x][y] = toColor;
        limit[toColor][sizeP[x][y]]--;
        triColor(x, y + 1);
        if (doneTriColor) break;
    }
}
```

```

        limit[toColor][sizeP[x][y]]++;
        a[x][y] = 0;
    }
}

int main() {
    srand(1412);

    n = 37;
    k = 3;

    for (int i = 1; i <= n; i++) {
        for (int j = 1; j <= n; j++) {
            inPlay[i][j] = true;
        }
    }

    printf("%d\n", n);
    fflush(stdout);

    // This could/should be done by a program (Knapsack-ish) but I'm too lazy to
    code
    // And yes, this is also a semi-output-only thing...
    query2[1] = {1, 2, 3, 1, 2, 3, 1, 2, 3};
    query2[2] = {1, 1, 2, 2, 3, 3, 1, 2, 3, 1, 2, 3, 1, 2};
    query2[3] = {1, 1, 1, 2, 2, 2, 3, 3, 3, 1, 1, 2, 2, 2, 3, 3, 3, 1, 1, 2, 3, 1, 2, 3};
    query2[4] = {1, 1, 1, 2, 2, 2, 2, 3, 3, 3, 3, 1, 1, 1, 2, 2, 3, 3, 1, 2, 3, 1, 2, 3};
    query2[5] = {1, 1, 1, 2, 2, 2, 2, 2, 3, 3, 3, 3, 3, 1, 1, 1, 2, 3, 1, 2};
    query2[6] = {1, 1, 1, 2, 2, 3, 2, 2, 2, 3, 3, 1, 3, 3, 3, 1, 1, 2, 1, 2, 3, 1, 2, 3};
    query2[7] = {1, 1, 1, 2, 2, 1, 2, 2, 2, 2, 3, 3, 2, 3, 3, 3, 3, 1, 1, 3, 1};
    query2[8] = {1, 1, 1, 2, 2, 1, 2, 3, 2, 2, 2, 3, 3, 2, 3, 1, 3, 3, 3, 1, 1, 3, 1, 2};
    query2[9] = {1, 1, 1, 2, 2, 2, 3, 3, 3, 1, 2, 3, 1, 2, 3, 1, 2, 3};
    query2[10] = {1, 1, 1, 2, 2, 2, 3, 3, 3, 1, 1, 1, 2, 2, 3, 3, 2, 3, 1, 2};
    query2[11] = {1, 1, 1, 2, 2, 2, 3, 3, 3, 1, 1, 2, 2, 3, 3, 1, 2, 3, 1, 2, 3, 1};
    query2[12] = {1, 1, 1, 2, 2, 2, 3, 3, 3, 1, 1, 2, 2, 2, 3, 3, 1, 3, 2, 1, 3, 2, 1, 3};
    for (int i = 13; i <= 24; i++) {
        query2[i] = {1, 1, 1, 2, 2, 2, 3, 3, 3, 1, 2, 3, 1, 2, 3, 1, 1, 2, 2, 3, 3, 1, 2, 3};
        while (query2[i].size() != i) {
            query2[i].pop_back();
        }
    }

    // Lol, same thing with this one, so sorry...
    // Please note that there exists a Bruteforce code to actually generate these
    initPattern();
    makeTriple({24, 13}, {12, 12, 6, 4, 3});
    makeTriple({23, 14}, {5, 5, 5, 5, 3, 2, 2, 2, 2, 2, 2, 2});
    makeTriple({22, 15}, {11, 11, 4, 4, 4, 3});

```



```
makeTriple({21, 16}, {7, 7, 7, 6, 6, 4});
makeTriple({20, 17}, {10, 10, 8, 6, 3});
makeTriple({19, 18}, {8, 8, 3, 9, 9});
makePattern({4, 3, 3, 3, 3, 3, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1});
triColor();
```

```
QUERY();
UPDATE();
```

```
int tmp2 = 0;
for (int i = 1; i <= n; i++) {
    for (int j = 1; j <= n; j++) {
        if (inPlay[i][j]) {
            a[i][j] = query2[sz][tmp2++];
        } else {
            a[i][j] = 0;
        }
    }
}
```

```
QUERY();
UPDATE();
```

```
int tmp3 = 0;
for (int i = 1; i <= n; i++) {
    for (int j = 1; j <= n; j++) {
        if (inPlay[i][j]) {
            tmp3 = tmp3 % 3 + 1;
            a[i][j] = tmp3;
        } else {
            a[i][j] = 0;
        }
    }
}
```

```
QUERY();
UPDATE();
```

```
int x, y;
for (int i = 1; i <= n; i++) {
    for (int j = 1; j <= n; j++) {
        if (inPlay[i][j]) {
            x = i;
            y = j;
        }
    }
}
ANSWER(x, y);
```

SOAL 2A : FESTIVAL KPK

Festival KPK

Time limit	1 s
Memory limit	256 MB

Deskripsi

Kota Malang merupakan salah satu kota yang sering menyelenggarakan festival. Dengan adanya OSN di Malang ini, Pak Dengklek akan ikut memeriahkan dengan membuat festival baru, yaitu Festival KPK!

Terdapat N lapak yang berpartisipasi dalam festival ini. Dalam festival ini, Pak Dengklek meminta setiap lapak ke- i untuk menyebutkan sebuah bilangan bulat positif A_i . Pak Dengklek kemudian meminta pengunjung festival untuk memberikan sebuah barisan B yang terdiri dari $N + 1$ bilangan bulat positif, sedemikian sehingga:

- Untuk setiap indeks i ($1 \leq i \leq N$), A_i merupakan **Kelipatan Persekutuan Terkecil (KPK)** dari B_i dan B_{i+1} .

Misalnya, apabila barisan A yang didapat adalah $[3, 12, 12, 4]$, maka salah satu kemungkinan B yang memenuhi aturan adalah $[1, 3, 12, 4, 1]$ karena:

- $A_1 = 3, B_1 = 1, B_2 = 3$. $\text{KPK}(1, 3) = 3$.
- $A_2 = 12, B_2 = 3, B_3 = 12$. $\text{KPK}(3, 12) = 12$.
- $A_3 = 12, B_3 = 12, B_4 = 4$. $\text{KPK}(12, 4) = 12$.
- $A_4 = 4, B_4 = 4, B_5 = 1$. $\text{KPK}(4, 1) = 4$.

Pengunjung akan mendapatkan hadiah untuk setiap barisan B berbeda yang diberikan. Dua barisan B dan B' dikatakan berbeda apabila terdapat suatu indeks i ($1 \leq i \leq N + 1$) sehingga $B_i \neq B'_i$.

Supaya festival dapat berjalan sukses, Pak Dengklek ingin mengetahui berapa banyaknya hadiah yang harus disiapkan apabila semua kemungkinan barisan B berhasil ditebak. Karena jumlahnya bisa sangat besar, keluarkan hasilnya modulo 1 000 000 007.

Catatan

KPK dari dua buah bilangan bulat positif didefinisikan sebagai bilangan bulat positif terkecil yang habis dibagi dua bilangan tersebut. Sebagai contoh, KPK dari 4 dan 6 adalah 12, karena 12 habis dibagi 4 maupun 6, dan tidak ada bilangan positif lebih kecil yang habis dibagi dua bilangan tersebut.

Batasan

- $1 \leq N \leq 100\,000$
- $1 \leq A_i \leq 1\,000\,000$ untuk $1 \leq i \leq N$

Subsoal

1. (8 poin) $N \leq 5; A_i \leq 12$

2. (8 poin) $N = 1$
3. (13 poin) $N \leq 100; A_i \leq 100$
4. (15 poin) $N \leq 100; A_i \leq 5000$
5. (18 poin) $A_i = 2^k$ untuk sebuah bilangan bulat nonnegatif k
6. (17 poin) $A_i \leq 5000$
7. (21 poin) Tidak ada batasan tambahan.

Masukan

Masukan diberikan dalam format berikut:

N
 $A_1 \ A_2 \ \dots \ A_N$

Keluaran

Sebuah bilangan yang menyatakan banyaknya kemungkinan barisan B modulo 1 000 000 007.

Contoh Masukan 1

4
3 12 12 4

Contoh Keluaran 1

15

Penjelasan Contoh 1

Semua kemungkinan barisan B yang memenuhi aturan adalah sebagai berikut:

1. [1, 3, 12, 1, 4]
2. [1, 3, 12, 2, 4]
3. [1, 3, 12, 4, 1]
4. [1, 3, 12, 4, 2]
5. [1, 3, 12, 4, 4]
6. [3, 1, 12, 1, 4]
7. [3, 1, 12, 2, 4]
8. [3, 1, 12, 4, 1]
9. [3, 1, 12, 4, 2]
10. [3, 1, 12, 4, 4]
11. [3, 3, 12, 1, 4]
12. [3, 3, 12, 2, 4]
13. [3, 3, 12, 4, 1]
14. [3, 3, 12, 4, 2]
15. [3, 3, 12, 4, 4]

Contoh Masukan 2

1

16

Contoh Keluaran 2

9

Penjelasan Contoh 2

Semua kemungkinan barisan B yang memenuhi aturan adalah sebagai berikut:

1. $[1, 16]$
2. $[2, 16]$
3. $[4, 16]$
4. $[8, 16]$
5. $[16, 1]$
6. $[16, 2]$
7. $[16, 4]$
8. $[16, 8]$
9. $[16, 16]$

Contoh Masukan 3

24
8 8

Contoh Keluaran 3

674257757

Penjelasan Contoh 3

Banyaknya kemungkinan barisan B yang memenuhi aturan adalah 1 674 257 764. Karena angkanya melebihi 1 000 000 007, maka keluarkan hasilnya setelah dimodulo.

JAWABAN

```
#include <bits/stdc++.h>
using namespace std;

#define f1 first
#define s2 second
#define pb push_back

using ii = pair<int, int>;
using ll = long long;

template<int MOD>
class Mint
{
public:
    int v;
    Mint() : v(0) {}
    Mint(int64_t _v) {
        v = int((-MOD < _v && _v < MOD) ? (_v) : (_v % MOD));
        if (v < 0) v += MOD;
    }

    friend bool operator==(const Mint &a, const Mint &b) {return a.v == b.v;}
    friend bool operator!=(const Mint &a, const Mint &b) {return a.v != b.v;}
    friend bool operator<(const Mint &a, const Mint &b) {return a.v < b.v;}
    friend bool operator<=(const Mint &a, const Mint &b) {return a.v <= b.v;}
    friend bool operator>(const Mint &a, const Mint &b) {return a.v > b.v;}
    friend bool operator>=(const Mint &a, const Mint &b) {return a.v >= b.v;}

    Mint &operator+=(const Mint &a) {if ((v += a.v) >= MOD) v -= MOD; return *this;}
    Mint &operator-=(const Mint &a) {if ((v -= a.v) < 0) v += MOD; return *this;}
    Mint &operator*=(const Mint &a) {v = int(1ll * v * a.v % MOD); return *this;}
    Mint &operator/=(const Mint &a) {return (*this) *= inverse(a);}

    friend Mint fpow(Mint a, long long x) {
        Mint res = 1;
        for (; x /= 2, a *= a) if (x & 1) res *= a;
        return res;
    }
    friend Mint inverse(Mint a) {return fpow(a, MOD - 2);}

    Mint operator+() const {return Mint(v);}
    Mint operator-() const {return Mint(-v);}
    Mint operator++() const {return *this += 1;}
    Mint operator--() const {return *this -= 1;}

    friend Mint operator+(Mint a, const Mint &b) {return a += b;}
    friend Mint operator-(Mint a, const Mint &b) {return a -= b;}
    friend Mint operator*(Mint a, const Mint &b) {return a *= b;}
    friend Mint operator/(Mint a, const Mint &b) {return a /= b;}

    friend istream &operator>>(istream &is, Mint &v) {return is >> v.v;}
    friend ostream &operator<<(ostream &os, const Mint &v) {return os << v.v;}
};

const int ModA = 1e9 + 7;
using MintA = Mint<ModA>;
```

```

const int MAX = 1 << 17;
const int MAXM = 1 << 20;

int N;
int lpf[MAXM];
vector<ii> pos[MAXM];

int main()
{
    ios :: sync_with_stdio(0);
    cin.tie(0);

    iota(lpf, lpf + MAXM, 0);
    for (int i = 4; i < MAXM; i += 2)
        lpf[i] = 2;
    for (int i = 3; i < MAXM; i += 2) if (lpf[i] == i)
        for (ll j = 1ll*i*i; j < MAXM; j += i) if (lpf[j] == j)
            lpf[j] = i;

    cin >> N;
    for (int i = 1; i <= N; ++i)
    {
        int k; cin >> k;

        int p = 0, fq = 0;
        for (; k > 1; k /= lpf[k])
        {
            if (p == lpf[k]) fq++;
            else
            {
                if (p) {
                    pos[p].pb({i, fq});
                }
                p = lpf[k]; fq = 1;
            }
        }
        pos[p].pb({i, fq});
    }

    MintA Z = 1;
    for (int p = 2; p < MAXM; ++p) if (!pos[p].empty())
    {
        int max_pwr = 0;
        for (ll cur = p; cur <= MAXM; cur *= p)
            max_pwr++;

        vector<MintA> dp(max_pwr+1, 1), nxt(max_pwr+1);

        int prv = 0;
        for (auto [i, fq] : pos[p])
        {
            if (i > prv + 1)
            {
                Z *= dp[0];
                fill(dp.begin(), dp.end(), 0);
                dp[fq] = 1; prv = i;
            }
            else

```



```

    {
        fill(nxt.begin(), nxt.end(), 0);
        for (int x = 0; x < fq; ++x) if (dp[x] != 0)
        {
            nxt[fq] += dp[x];
        }
        if (dp[fq] != 0)
        {
            for (int y = 0; y <= fq; ++y)
                nxt[y] += dp[fq];
        }
        dp = nxt; prv = i;
    }
}

if (auto [i, fq] = pos[p].back(); i == N)
{
    MintA sum = 0;
    for (int x = 0; x <= fq; ++x)
        sum += dp[x];
    Z *= sum;
}
else
{
    Z *= dp[0];
}
}

cout << Z << '\n';
return 0;
}

```

SOAL 2B : PERTAHANAN MALANG

Pertahanan Malang

Time limit	2 s
Memory limit	256 MB

Deskripsi

Kota Malang sedang diserang oleh pasukan dari Kota X selama Q hari ke depan! Untungnya, Pak Dengklek merupakan mata-mata dari Kota Malang. Ia mendapatkan informasi bahwa Kota X memiliki N prajurit, dan prajurit ke- i memiliki kekuatan A_i . Pak Dengklek ingin menyelamatkan Kota Malang dengan cara **menghalau** seluruh prajurit setiap harinya.

Untuk menghalau prajurit-prajurit Kota X, Pak Dengklek telah membangun 10^{100} gapura ajaib secara berjejeran di perbatasan Kota Malang. Seluruh prajurit akan selalu bergerak bersamaan, melewati gapura-gapura tersebut, satu gapura dalam suatu waktu. Setiap kali seluruh prajurit akan melewati sebuah gapura, gapura tersebut secara ajaib akan menghalau mereka sebagai berikut: misalkan terdapat k prajurit di hadapan gapura tersebut, maka seluruh prajurit dengan kekuatan **tepat** k tidak dapat melewati gapura tersebut, dan akan kembali ke markas kota X. Seluruh prajurit sisanya akan melaju menuju gapura berikutnya, dan seterusnya.

Pak Dengklek dikatakan berhasil menyelamatkan Kota Malang pada suatu hari tertentu, apabila tidak ada prajurit yang berhasil melewati seluruh gapura. Namun, perhatikan bahwa untuk suatu konfigurasi kekuatan dari N prajurit, mungkin saja ada setidaknya satu prajurit yang berhasil melewati seluruh gapura. Oleh karena itu, Pak Dengklek memiliki sebuah senter ajaib yang dapat mengubah kekuatan prajurit **mana pun** menjadi **berapa pun**. Senter tersebut membutuhkan energi yang sangat tinggi, sehingga Pak Dengklek ingin banyaknya prajurit yang diubah kekuatannya oleh senter tersebut **sesedikit mungkin**. Pak Dengklek hanya dapat menggunakan senter ini **sebelum** prajurit mulai melewati gapura pertama. Perubahan kekuatan oleh senter ini bersifat sementara dan hanya berlaku sampai akhir hari tersebut.

Ternyata, Kota X mengetahui bahwa Pak Dengklek merupakan mata-mata, sehingga Kota X akan melakukan strategi berikut: pada awal hari ke- j , prajurit ke- X_j berubah kekuatannya menjadi Y_j . Perubahan ini bersifat permanen dan berlaku untuk hari-hari berikutnya.

Pak Dengklek ingin mengetahui, untuk setiap hari ke- j , berapa banyak prajurit minimum yang perlu diubah kekuatannya oleh senter agar ia dapat menyelamatkan Kota Malang pada hari tersebut. Bantulah Pak Dengklek!

Batasan

- $1 \leq N, Q \leq 200\,000$
- $1 \leq A_i \leq 1\,000\,000$ untuk $1 \leq i \leq N$
- $1 \leq X_j \leq N$ untuk $1 \leq j \leq Q$
- $1 \leq Y_j \leq 1\,000\,000$ untuk $1 \leq j \leq Q$

Subsoal

1. (8 poin) $N \leq 5; Q \leq 10$

2. (6 poin) A_i maupun Y_j selalu bernilai 1 atau N
3. (14 poin) $N \leq 100$; $Q \leq 10$
4. (13 poin) $N \leq 1000$; $Q \leq 10$
5. (17 poin) $N \leq 1000$; $Q \leq 5000$
6. (19 poin) Untuk setiap kasus uji, terdapat paling banyak 50 angka berbeda dari gabungan seluruh nilai A_i dan Y_j .
7. (23 poin) Tidak ada batasan tambahan.

Masukan

Masukan diberikan dalam format berikut:

```
N
A1 A2 ... AN
Q
X1 Y1
X2 Y2
X3 Y3
...
...
XQ YQ
```

Keluaran

Keluarkan Q baris, dengan baris ke- j menyatakan banyaknya prajurit minimum yang harus diubah kekuatannya dengan senter ajaib Pak Dengklek pada hari ke- j .

Contoh Masukan

```
4
1 1 1 2
5
3 2
1 4
4 3
3 4
4 4
```

Contoh Keluaran

```
2
1
0
1
0
```

Penjelasan

Pada hari ke-1, kekuatan prajurit adalah $[1, 1, 2, 2]$. Salah satu cara optimal untuk menyelamatkan Kota Malang adalah mengubah kekuatan prajurit ke-1 menjadi 4 dan prajurit ke-3 menjadi 4 juga,

sehingga kekuatan prajurit menjadi [4, 1, 4, 2]. Seluruh prajurit kemudian mulai melewati gapura-gapura, sehingga terjadi hal-hal sebagai berikut.

1. $A = [4, 1, 4, 2]$: tersisa 4 prajurit, sehingga dua prajurit dengan kekuatan 4 tidak dapat melewati gapura.
2. $A = [1, 2]$: tersisa 2 prajurit, sehingga satu prajurit dengan kekuatan 2 tidak dapat melewati gapura.
3. $A = [1]$: tersisa 1 prajurit, sehingga satu prajurit dengan kekuatan 1 tidak dapat melewati gapura.
4. Tidak ada prajurit yang tersisa dan Pak Dengklek berhasil menyelamatkan Kota Malang.

Pada hari ke-2, kekuatan prajurit adalah [4, 1, 2, 2]. Salah satu cara optimal untuk menyelamatkan Kota Malang adalah mengubah kekuatan prajurit ke-3 menjadi 4, sehingga kekuatan prajurit menjadi [4, 1, 4, 2]. Setelah itu, kejadian yang sama terjadi pada prajurit seperti hari ke-1 ketika melewati gapura.

Pada hari ke-3, kekuatan prajurit adalah [4, 1, 2, 3]. Pak Dengklek tidak perlu mengubah kekuatan prajurit mana pun, karena ketika prajurit melewati gapura, terjadi hal-hal sebagai berikut.

1. $A = [4, 1, 2, 3]$: tersisa 4 prajurit, sehingga satu prajurit dengan kekuatan 4 tidak dapat melewati gapura.
2. $A = [1, 2, 3]$: tersisa 3 prajurit, sehingga satu prajurit dengan kekuatan 3 tidak dapat melewati gapura.
3. $A = [1, 2]$: tersisa 2 prajurit, sehingga satu prajurit dengan kekuatan 2 tidak dapat melewati gapura.
4. $A = [1]$: tersisa 1 prajurit, sehingga satu prajurit dengan kekuatan 1 tidak dapat melewati gapura.
5. Tidak ada prajurit yang tersisa dan Pak Dengklek berhasil menyelamatkan Kota Malang.

Pada hari ke-4, kekuatan prajurit adalah [4, 1, 4, 3]. Salah satu cara optimal untuk menyelamatkan Kota Malang adalah mengubah kekuatan prajurit ke-4 menjadi 4, sehingga kekuatan prajurit menjadi [4, 1, 4, 4]. Setelah itu, seluruh prajurit mulai melewati gapura dan terjadi hal-hal sebagai berikut.

1. $A = [4, 1, 4, 4]$: tersisa 4 prajurit, sehingga tiga prajurit dengan kekuatan 4 tidak dapat melewati gapura.
2. $A = [1]$: tersisa 1 prajurit, sehingga satu prajurit dengan kekuatan 1 tidak dapat melewati gapura.
3. Tidak ada prajurit yang tersisa dan Pak Dengklek berhasil menyelamatkan Kota Malang.

Pada hari ke-5, kekuatan prajurit menjadi [4, 1, 4, 4]. Pak Dengklek tidak perlu mengubah kekuatan prajurit mana pun, karena seluruh prajurit akan mulai melewati gapura dan kejadian yang sama akan terjadi seperti hari ke-4.

JAWABAN

```
#include <bits/stdc++.h>
using namespace std;
```

```
const int MX = 200005;
int n, q, a[MX], freq[MX];
```

```
struct node {
    int min;
    int count;
} st[MX * 4];
```

```

void upd(int nd, int cl, int cr, int ps, int val) {
    if (ps < cl || cr < ps) return;
    if (ps == cl && ps == cr) {
        st[nd].min += val;
        st[nd].count = 1;
        return;
    }

    int cm = (cl + cr) / 2;
    upd(nd * 2, cl, cm, ps, val);
    upd(nd * 2 + 1, cm + 1, cr, ps, val);

    if (st[nd * 2].min == st[nd * 2 + 1].min) {
        st[nd].min = st[nd * 2].min;
        st[nd].count = st[nd * 2].count + st[nd * 2 + 1].count;
    } else if (st[nd * 2].min < st[nd * 2 + 1].min) {
        st[nd] = st[nd * 2];
    } else {
        st[nd] = st[nd * 2 + 1];
    }
    return;
}

int main() {
    cin.tie(0) -> sync_with_stdio(0);

    cin >> n;
    for (int i = 0; i < n; i++) {
        cin >> a[i];
        freq[min(a[i], n + 1)]++;
    }

    vector<int> pref(n + 2, 0);
    for (int i = 1; i <= n; i++) if (freq[i] > 0) {
        int lf = max(i - freq[i] + 1, 1), rg = i;
        pref[lf]++; pref[rg + 1]--;
    }
    for (int i = 1; i <= n + 1; i++) {
        pref[i] += pref[i - 1];
        upd(1, 1, n, i, pref[i]);
    }

    cin >> q;
    for (int x, y; q--;) {
        cin >> x >> y; x--;
        int old = min(a[x], n + 1), left = max(old - freq[old] + 1, 0);
        if (old <= n && left >= 1)
            upd(1, 1, n, left, -1);
        freq[old]--;
        int nw = min(y, n + 1);
        freq[nw]++; left = max(nw - freq[nw] + 1, 0);
        if (nw <= n && left >= 1)
            upd(1, 1, n, left, 1);
        a[x] = nw;
    }

    int mn = st[1].min, count = st[1].count;
    if (mn > 0) cout << 0 << endl;
    else cout << count << endl;
}

return 0;
}

```

SOAL 2C : TUKAR XOR

Tukar XOR

Time limit	2 s
Memory limit	512 MB

Deskripsi

Pada suatu subuh di puncak Gunung Bromo, Pak Dengklek bermain dengan barisan miliknya sembari menunggu matahari terbit.

Pak Dengklek memiliki sebarisan bilangan $(A_0, A_1, \dots, A_{N-1})$ sepanjang N . Panjang barisan N merupakan bilangan 2^k untuk suatu bilangan bulat positif k .

Pak Dengklek ingin melakukan Q operasi, yang masing-masing berupa salah satu dari tiga tipe operasi berikut.

1. **1 X**: Secara berurutan dari $i = 0$ hingga $i = N - 1$, apabila $i < (i \oplus X)$, tukar elemen A_i dan $A_{i \oplus X}$. Operator $\oplus$ merupakan operator *bitwise XOR*.
2. **2 L R**: Hitung hasil dari $A_L + A_{L+1} + \dots + A_R$.
3. **3 L R**: Hitung hasil dari $A_L \times 1 + A_{L+1} \times 2 + \dots + A_R \times (R - L + 1)$.

Untuk setiap operasi tipe 2 dan 3, Pak Dengklek ingin mengetahui hasil dari operasi tersebut. Bantulah dia!

Catatan

Bitwise XOR dari dua buah bilangan bulat x dan y dapat dihitung dengan cara sebagai berikut.

1. Tulis x dan y dalam basis dua dengan panjang bit yang sama.
2. Lakukan operasi XOR untuk setiap pasang bit yang bersesuaian dengan:
 - $0 \text{ XOR } 0 = 0$
 - $0 \text{ XOR } 1 = 1$
 - $1 \text{ XOR } 0 = 1$
 - $1 \text{ XOR } 1 = 0$
3. Ubah hasil XOR yang didapatkan kembali ke basis sepuluh.

Sebagai contoh, $6 \text{ XOR } 10 = 12$. Karena $6 = 0110$ dan $10 = 1010$ dalam basis dua, sehingga didapatkan *bitwise XOR*-nya adalah $1100 = 12$ dalam basis sepuluh.

Batasan

- $2 \leq N \leq 2^{19}$
- $1 \leq Q \leq 200\,000$
- $N = 2^k$ untuk suatu bilangan bulat positif k .
- $1 \leq A_i \leq 1\,000\,000$ untuk setiap $0 \leq i \leq N - 1$.
- $0 \leq X \leq N - 1$ untuk semua operasi tipe 1.
- $0 \leq L \leq R \leq N - 1$ untuk semua operasi tipe 2 dan 3.

- Terdapat setidaknya satu operasi tipe 2 atau 3.

Subsoal

1. (6 poin) $N \leq 2^{10}$; $Q \leq 1000$
2. (8 poin) Tidak ada operasi tipe 1.
3. (10 poin) Semua operasi tipe 1 terjadi sebelum operasi tipe 2 atau 3.
4. (20 poin) Tidak ada operasi tipe 3.
5. (17 poin) $N \leq 2^{16}$
6. (19 poin) $L = 0$ dan $R = N - 1$ untuk semua operasi tipe 2 dan 3.
7. (20 poin) Tidak ada batasan tambahan.

Masukan

Masukan diberikan dalam format berikut:

```
N Q
A0 A1 ... AN-1
Operasi1
Operasi2
⋮
OperasiQ
```

Keluaran

Untuk setiap operasi tipe 2 dan tipe 3, keluarkan dalam satu baris hasil operasinya.

Contoh Masukan

```
8 5
1 2 3 4 5 6 7 8
1 3
2 1 6
1 7
2 0 7
3 2 7
```

Contoh Keluaran

```
27
36
73
```

Penjelasan

Pada operasi pertama, pasangan indeks yang ditukar adalah (0, 3), (1, 2), (4, 7), (5, 6), sehingga barisan A sekarang menjadi (4, 3, 2, 1, 8, 7, 6, 5).

Pada operasi kedua, Pak Dengklek ingin menghitung $A_1 + A_2 + A_3 + A_4 + A_5 + A_6 = 3 + 2 + 1 + 8 + 7 + 6 = 27$.

Pada operasi ketiga, pasangan indeks yang ditukar adalah (0, 7), (1, 6), (2, 5), (3, 4), sehingga barisan A sekarang menjadi (5, 6, 7, 8, 1, 2, 3, 4).

Pada operasi keempat, Pak Dengklek ingin menghitung $A_0 + A_1 + A_2 + A_3 + A_4 + A_5 + A_6 + A_7 = 5 + 6 + 7 + 8 + 1 + 2 + 3 + 4 = 36$.

Pada operasi kelima, Pak Dengklek ingin menghitung $A_2 \times 1 + A_3 \times 2 + A_4 \times 3 + A_5 \times 4 + A_6 \times 5 + A_7 \times 6 = 7 \times 1 + 8 \times 2 + 1 \times 3 + 2 \times 4 + 3 \times 5 + 4 \times 6 = 73$

JAWABAN

```
#include <bits/stdc++.h>
using namespace std;

int main() {
    int N, Q;
    scanf("%d %d", &N, &Q);

    vector<int> A(N);
    for (int i = 0; i < N; ++i) {
        scanf("%d", &A[i]);
    }

    int logN = __builtin_ctz(N) + 1;
    vector<vector<long long>> pre0(logN, vector<long long>(N));
    for (int i = 0; i < N; ++i) pre0[0][i] = A[i];

    auto pre1 = pre0;

    for (int k = 1; k < logN; ++k) {
        int len = 1 << (k - 1);
        for (int i = 0; i < N; i += len * 2) {
            for (int j = 0; j < len; ++j) {
                pre0[k][i + j] = pre0[k][i + j + len] = pre0[k - 1][i + j] + pre0[k - 1][i + j + len];
                pre1[k][i + j] = pre1[k - 1][i + j] + pre1[k - 1][i + j + len] + pre0[k - 1][i + j + len] * len;
                pre1[k][i + j + len] = pre1[k - 1][i + j + len] + pre1[k - 1][i + j] + pre0[k - 1][i + j] * len;
            }
        }
    }

    int X = 0;
    while (Q--) {
        int t;
        scanf("%d", &t);
        if (t == 1) {
            int x;
            scanf("%d", &x);
            X ^= x;
        } else {
            int L, R;
            scanf("%d %d", &L, &R);
            ++R;

            int len = 0;
            long long sum0 = 0, sum1 = 0;
            for (int i = 0; i < logN; ++i) {
                if (L + (1 << i) > R) break;
                if (!(L >> i & 1)) continue;
                sum0 += pre0[i][L ^ X];
                sum1 += pre1[i][L ^ X] + pre0[i][L ^ X] * len;
                len += 1 << i;
                L += 1 << i;
            }

            for (int i = logN - 1; i >= 0; --i) {
                if (L + (1 << i) > R) continue;
                sum0 += pre0[i][L ^ X];
                sum1 += pre1[i][L ^ X] + pre0[i][L ^ X] * len;
                len += 1 << i;
                L += 1 << i;
            }

            if (t == 2) {
                printf("%lld\n", sum0);
            } else {
                printf("%lld\n", sum1);
            }
        }
    }
    return 0;
}
```




KEBUMIHAN

Teks Pengantar Soal OSN 2025 Final

Sumberdaya Kebumian di Pulau Flores dan Sekitarnya

Bumi memiliki sumberdaya yang sangat melimpah baik itu sumberdaya yang bisa dimanfaatkan oleh manusia untuk memenuhi kebutuhannya (sumberdaya yang sifatnya positif) ataupun sumberdaya yang merugikan manusia (sumberdaya yang bersifat negatif). Manusia berusaha mengelola sumberdaya tersebut. Sumberdaya dimanfaatkan semaksimal mungkin dengan tanpa merusak kondisi alamiahnya dan jika ada potensi bencana maka dilakukan langkah mitigasi agar dampaknya tidak terlalu merugikan.

Pulau Flores di Nusa Tenggara Timur (NTT) akhir-akhir ini cukup menjadi pusat perhatian karena adanya kejadian letusan Gunung Api Lewotobi. Letusan ini sebagai contoh bagaimana kondisi bumi memberikan sumberdaya bagi manusia baik itu yang positif atau negatif. Gunung Api Lewotobi Laki-laki di Flores tercatat aktif dan terus dipantau oleh lembaga terkait. Aktivitas erupsinya menghasilkan kolom abu yang tinggi dan produk vulkanik yang terendapkan hingga ke lembah sungai. Material ini membentuk endapan aluvial seperti pasir dan kerikil, yang kemudian dimanfaatkan masyarakat sebagai sumber daya galian. Di lapangan, pengamatan terhadap stratigrafi menunjukkan adanya variasi endapan, baik yang terbentuk dari aliran lumpur maupun dari produk piroklastik, sehingga diperlukan ketelitian untuk membedakannya.

Sebagai bagian dari pulau vulkanik Flores di daerah tropis, Kompleks Gunung Api Lewotobi berinteraksi dengan lingkungan sekitarnya, misalnya tubuh magmanya bersentuhan dengan batuan sedimen non-vulkanik yang lebih tua, ekosistem terumbu karang yang sedang berkembang di perairan sekitarnya, dan tanah dari lapukan abu vulkanik mendukung kesuburan lereng gunung. Aktivitas vulkanisme di kompleks ini juga muncul dengan manifestasi panas bumi (geotermal) di permukaan, mengindikasikan potensi pemanfaatan sumber daya energi panas bumi.

Dalam kaitannya dengan iklim, kegiatan gunung api juga memiliki pengaruh. Gunung api juga melepaskan gas rumah kaca CO₂, namun secara global kontribusi vulkanik hanya $\pm 0,13-0,44$ Gt CO₂/tahun, jauh lebih kecil dibanding emisi energi-terkait manusia - 37,4 Gt pada 2023 dan 37,8 Gt pada 2024 (IEA 2025, USGS 2021). Oleh karena itu efek pemanasan jangka panjang tetap didominasi CO₂ antropogenik, sedangkan SO₂ dan aerosol vulkanik memberi pendinginan sementara melalui peningkatan albedo atmosfer.

NTT terletak di wilayah tropis maritim yang dinamis karena pengaruh monsun Asia–Australia, sirkulasi Walker, dan fenomena ENSO, yang bersama-sama mengontrol pola curah hujan, radiasi surya, dan kecepatan angin. NTT termasuk wilayah dengan radiasi surya tinggi, angin musiman yang relatif kuat, serta aliran sungai orografis dari topografi pegunungan. Kajian berbasis model WRF yang dipadukan dengan data NASA menunjukkan bahwa potensi kecepatan angin di NTT cukup menjanjikan untuk pengembangan PLTB skala besar (Hesti, N. W., dkk., 2021). Hal ini menegaskan bahwa faktor meteorologi dan iklim sangat menentukan ketersediaan energi terbarukan, terutama dari PLTA, PLTB, dan PLTS.

Secara prinsip, ketiga teknologi tersebut dipengaruhi oleh parameter atmosfer sebagai berikut:

- **PLTA** bergantung pada curah hujan dan debit sungai, dengan daya dihitung menggunakan:

$$P_{\text{hidro}} = \rho g Q H \eta$$

dengan $\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$, $g = 9,8 \text{ m/s}^2$, $Q = \text{debit sungai (m}^3/\text{s)}$, $H = \text{tinggi jatuh (m)}$, dan $\eta = \text{efisiensi}$.

- **PLTB** sangat dipengaruhi oleh kecepatan angin, karena daya yang dihasilkan sebanding dengan:

$$P_{\text{angin}} = \frac{1}{2} \rho A v^3 C_p \eta$$

dengan $\rho = \text{densitas udara } (\rho = 1,2 \text{ kg/m}^3)$, $r = \text{jari-jari rotor}$, $v = \text{kecepatan angin}$, $C_p = \text{koefisien daya (maksimum teoritis 0,593)}$, dan $\eta = \text{efisiensi sistem}$.

- **PLTS** mengandalkan radiasi surya global horizontal (GHI):

$$E_{\text{surya}} = G \cdot \eta \cdot A$$

dengan $G = \text{radiasi (kWh/m}^2/\text{hari)}$, $\eta = \text{efisiensi panel}$, dan $A = \text{luas panel}$. Efisiensi panel menurun sekitar 0,5% untuk setiap kenaikan 1°C di atas 25°C .

Laut Sawu yang terletak di wilayah tersebut ternyata juga sangat dinamis. Kondisi oseanografi Laut Sawu meliputi kondisi gelombang, pasang surut dan arus laut. Gelombang Laut Sawu dalam setahun terjadi gelombang pada Musim Barat (November-April) gelombang datang dari arah barat utara dan barat Laut berbelok ketika memasuki kawasan Laut Sawu sehingga angin menuju ke arah timur dan Tenggara. Sebaliknya Gelombang Musim Timur (April - Oktober) gelombang datang dari arah selatan Samudra Hindia yang memasuki perairan Laut Sawu berbelok menuju ke arah barat dan barat laut dan menyebabkan pembangkitan gelombang timur dan tenggara.

Tipe pasang surut perairan Laut Sawu adalah pasang surut campuran cenderung ke harian ganda (*mixed, prevailing, semidiurnal*), dalam sehari terjadi dua kali pasang dan dua kali surut tetapi dengan tinggi dan waktu yang berbeda. Arus laut di Laut Sawu meliputi arus yang diakibatkan angin dan arus pengaruh pasang surut serta arus global termasuk arus Arlindo. Pada saat pasang naik, massa air di permukaan bergerak menuju ke utara memasuki perairan Laut Sawu dan melewati pulau-pulau di bagian selatan Laut Sawu. Sebaliknya pada waktu surut, di daerah laut terbuka (laut dalam) mengalami arus menuju ke Selatan.

Gelombang laut dapat dimanfaatkan untuk pembangkit energi Listrik. Pembangkit Listrik Tenaga Gelombang Laut (PLTGL) adalah energi gelombang laut menggunakan prinsip energi momentum (gelombang) laut. Potensi pemanfaatan gelombang laut yang di konversi menjadi energi listrik dengan menggunakan metoda *Oscillating Water Column*. Variabel gelombang laut salah satunya periode gelombang laut dipengaruhi oleh panjang dan gelombang

berdasarkan pada rata-rata tinggi gelombang. Rumus perhitungan periode gelombang laut (T , satuan detik) dapat menggunakan persamaan (1) yang disarankan oleh Kim Nielsen (Azizie *et al.*, 2020), sedangkan panjang gelombang (λ , satuan m) menggunakan rumus (2) dan kecepatan gelombang (V , satuan m/dt) dengan rumus (3) sebagai berikut,

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{H}{g}} \quad (1)$$

$$\lambda = \frac{gT^2}{2\pi} \quad (2)$$

$$V = \frac{\lambda}{T} \quad (3)$$

Energi gelombang laut dengan metode *Oscillating Water Column* bisa dihitung dengan menggunakan rumus perhitungan berdasarkan persamaan (4) (Faulincia, 2019),

$$E_w = \frac{1}{2} \rho g a^2 \lambda w \quad (4)$$

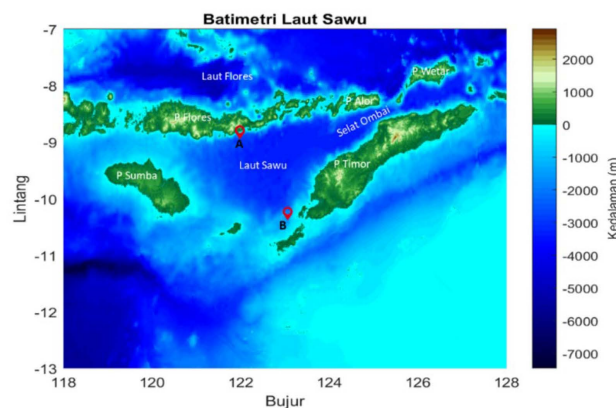
dengan E_w adalah energi gelombang (Joule), w lebar *chamber* (meter), ρ densitas air laut (kg/m^3), g percepatan gravitasi Bumi (m/detik^2), a amplitudo gelombang (meter), dan λ merupakan panjang gelombang (meter).

Daya yang dibangkitkan dari energi gelombang laut dapat diperoleh dengan menggunakan rumus perhitungan berdasarkan persamaan (5) (Masters, 2005),

$$P_w = \frac{E_w}{T} \quad (5)$$

dengan P_w adalah daya listrik (Watt), E_w adalah energi gelombang (Joule), dan T periode gelombang (detik).

Lokasi pengembangan energi gelombang untuk tenaga listrik terdapat di antara Pulau Sumba, Pulau Sawu, Pulau Rote, Pulau Timor, dan Pulau Flores. Luas Laut Sawu sekitar $3,5 \times 10^4 \text{ km}^2$. Dari hasil perhitungan diperoleh potensi energi gelombang di Laut Sawu Nusa Tenggara Timur pada tahun 2018 di lokasi A dengan koordinat $09^\circ 00' 00'' \text{ LS}$, $122^\circ 00' 00'' \text{ BT}$ mempunyai potensi energi sebesar 45969 kWh/m dalam setahun dan di lokasi B. dengan koordinat $10^\circ 30' 00'' \text{ LS}$, $123^\circ 00' 00'' \text{ BT}$ mempunyai potensi energi sebesar 45042 kWh/m dalam setahun (Warpindyasmoro, *et al.*, 2024).



Gambar 1. Kondisi Batimetri Laut. Sawu dan Lokasi pengembangan energi gelombang titik A (dekat Pulau Flores) dengan koordinat $09^\circ 00' 00'' \text{ LS}$, $122^\circ 00' 00'' \text{ BT}$ dan titik B (dekat Pulau Rote) dengan koordinat $10^\circ 30' 00'' \text{ LS}$, $123^\circ 00' 00'' \text{ BT}$.

Seperti yang kita ketahui, matahari adalah sekaligus sumber energi utama bagi kehidupan di Bumi. Energinya menjaga iklim, menopang ekosistem, serta menjadi dasar perkembangan peradaban manusia. Namun, di balik perannya sebagai “pemberi kehidupan”, Matahari juga menyimpan potensi ancaman. Aktivitas seperti *solar flare* dan *coronal mass ejection* (CME) dapat mengganggu teknologi modern, sementara ancaman kosmik lain—seperti asteroid—juga mengintai. Kajian mengenai hubungan Matahari dan Bumi dengan demikian bukan sekadar upaya ilmiah, melainkan juga langkah strategis demi keberlangsungan hidup umat manusia.

Energi yang dilepaskan di inti Matahari merambat ke luar dan dipancarkan ke angkasa dalam bentuk spektrum elektromagnetik yang menyerupai radiasi benda hitam. Spektrum puncaknya dapat dihitung dengan Hukum Pergeseran Wien:

$$\lambda_{\max} = \frac{b}{T}$$

Untuk $T = 5778 \text{ K}$, diperoleh $\lambda_{\max} \approx 502 \text{ nm}$, yaitu berada di wilayah cahaya tampak. Sedangkan intensitas radiasi per satuan luas dijelaskan oleh Hukum Stefan–Boltzmann:

$$I = \sigma T^4$$

dengan $\sigma = 5,67 \times 10^{-8} \text{ W m}^{-2} \text{ K}^{-4}$.

Di Bumi, atmosfer bertindak sebagai filter dan pengatur alami, misal Ozon menyerap radiasi UV-B dan UV-C berbahaya. Selanjutnya gas rumah kaca alami seperti CO_2 dan H_2O menjaga kestabilan iklim sedangkan adanya Hamburan Rayleigh dapat menjelaskan warna biru langit. Intensitas hamburan Rayleigh dituliskan sebagai berikut

$$I \propto \frac{1}{\lambda^4}$$

Memahami Matahari memerlukan observasi lintas spektrum, karena banyak informasi tidak dapat diperoleh hanya dengan pengamatan kasat mata. SOHO dengan koronagrafnya membuka wawasan tentang struktur korona dan lontaran massa korona (CME). Sementara itu, *Solar Dynamics Observatory* (SDO) menghasilkan citra resolusi tinggi medan magnet fotosfer, membantu ilmuwan menjelaskan kaitan antara bintang matahari, *flare*, dan siklus aktivitas 11 tahunan.

Instrumen landas bumi juga berperan penting. Teleskop *H-alpha* memperlihatkan prominensa besar yang kerap menjadi awal CME, sedangkan teleskop radio mendeteksi emisi partikel berenergi tinggi dari *solar flare*. Dari kombinasi observasi ini, para ilmuwan dapat merumuskan hubungan penting antara medan magnet dan dinamika plasma Matahari. Salah satu konsep kunci adalah kecepatan Alfvén, yaitu kecepatan rambat gelombang magnetohidrodinamika (MHD) di plasma:

$$v_A = \frac{B}{\sqrt{\mu_0 \rho}}$$

dengan B medan magnet, ρ massa jenis plasma, dan μ_0 permeabilitas vakum. Besaran ini digunakan untuk menafsirkan bagaimana energi magnetik dilepaskan saat *flare* atau CME, serta bagaimana gangguan tersebut dapat menjalar menuju Bumi.

Seperti telah diketahui bahwa Matahari mengalami siklus aktivitas 11 tahunan, ditandai dengan variasi jumlah bintik matahari. Pada puncaknya, energi magnetik dapat dilepaskan dalam bentuk yang dikenal sebagai *solar flare*, yaitu semburan radiasi elektromagnetik dan dapat tiba di Bumi dalam ± 8 menit atau bisa pula berbentuk *Coronal Mass Ejection* (CME) yakni lontaran plasma bermassa hingga 10^{12} kg yang dapat mencapai Bumi dalam 1–3 hari.

Laju pelepasan energi magnetik oleh CME atau *flare* dapat diperkirakan dari:

$$P \approx B^2 L^2 v_{in} / \mu_0$$

di mana B = kuat medan magnet, L = skala panjang wilayah rekoneksi, v_{in} = kecepatan plasma yang masuk ke daerah medan netral. Satu *flare* kelas X dapat melepaskan energi hingga 10^{25} joule, yang setara miliaran bom nuklir (dalam satuan megaton).

Dampak CME ke Bumi bisa diukur lewat indeks geomagnetik seperti *Dst* (*Disturbance storm time*). Partikel energetik yang dihasilkan (*solar energetic particles* atau SEP) diukur melalui fluks partikel (partikel/ $cm^2 \cdot sr \cdot s$). Badai ekstrem dengan nilai di bawah -100 nT (nano Tesla) hingga -500 nT menandakan gangguan serius pada sistem magnetosfer. Untuk badai kuat hingga ekstrem, *Dst* bisa turun sampai -200 hingga -400 nT.

Interaksi CME dengan magnetosfer Bumi tentunya dapat menimbulkan badai geomagnetik. Besarnya energi kinetik CME dapat ditaksir:

$$E_k \approx \frac{1}{2} M v^2$$

Dengan $M \approx 10^{12}$ kg dan $v \approx 500$ km/s, menghasilkan energi $E_k \approx 10^{25}$ J.

Dampaknya meliputi, gangguan jaringan listrik (contoh: Quebec 1989), kerusakan satelit dan navigasi GPS, memberikan radiasi tinggi bagi astronot. Namun, interaksi partikel bermuatan dengan medan magnet Bumi juga menciptakan aurora yang indah. Secara fisika, cahaya aurora muncul saat elektron tereksitasi kembali ke keadaan dasar, dengan foton dipancarkan pada panjang gelombang khas (misalnya pada panjang gelombang 557,7 nm untuk O_2).

Aktivitas Surya, dampak, dan contoh langkah mitigasi diberikan dalam Tabel 1.

Tabel 1. Aktivitas Surya, Dampak, dan Mitigasi

Aktivitas Surya	Fenomena Fisika	Dampak di Bumi	Upaya Mitigasi
Solar Flare	Pelepasan energi elektromagnetik, tiba dalam ± 8 menit	Gangguan komunikasi radio, navigasi GPS, peningkatan radiasi di atmosfer atas	Sistem peringatan dini berbasis satelit (NOAA, NASA), protokol penerbangan untuk menghindari lintasan radiasi tinggi
Coronal Mass Ejection (CME)	Lontaran plasma bermassa 10^{12} kg, kecepatan hingga 10^3 km/s, terhubung dengan kecepatan Alfvén (v_A)	Badai geomagnetik, kerusakan satelit, gangguan jaringan listrik, aurora	Perkuat infrastruktur listrik (transformator tahan GIC), proteksi satelit, model prediksi cuaca antariksa
Variasi Siklus Bintik Matahari (11 tahunan)	Dinamika medan magnet Matahari memengaruhi jumlah <i>flare</i> & CME	Fluktuasi intensitas radiasi UV, memengaruhi iklim dan ionosfer	Observasi jangka panjang (SOHO, SDO), integrasi model iklim dan aktivitas surya
Angin Matahari	Aliran partikel bermuatan (p^+ , e^-)	Variasi ionosfer, gangguan komunikasi HF dan navigasi	<i>Real-time monitoring</i> (satelit ACE, DSCOVR), adaptasi frekuensi komunikasi
Energi Partikel Surya (Solar Energetic Particles/SEP)	Proton & elektron berenergi tinggi ($E > 10$ MeV)	Radiasi berbahaya untuk astronot, degradasi panel surya	Perlindungan astronot dengan <i>shielding</i> , sistem prediksi partikel berenergi tinggi

Efisiensi teoretis sel surya dijelaskan oleh batas Shockley–Queisser:

$$\eta_{\max} \approx 33\% \text{ untuk silikon } E_g \approx 1,1 \text{ eV}$$

Sel silikon kristalin saat ini mencapai 20–25% efisiensi, sementara material baru seperti **perovskite** menjanjikan efisiensi lebih tinggi dengan biaya rendah. Indonesia, dengan potensi energi surya sekitar 4,8 KWh/m² per hari, memiliki peluang besar untuk mengembangkan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) sebagai tulang punggung transisi energi.

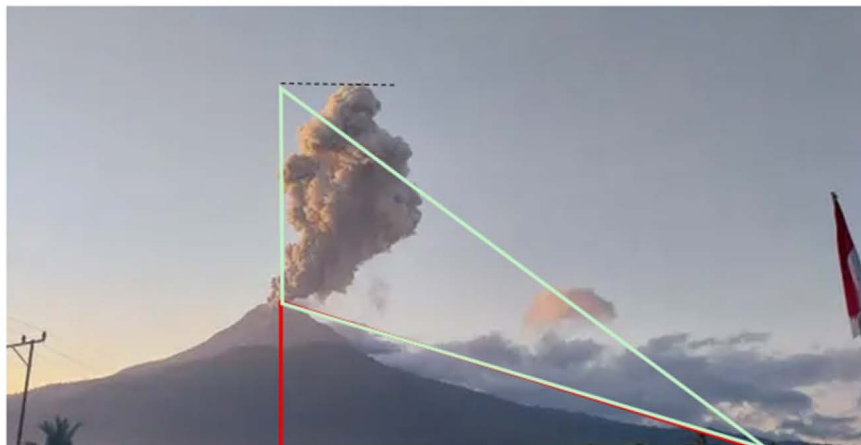
Sumber bacaan

- Article from ScienceDaily / National University of Singapore team. (2023, June 23). *Perovskite solar cells set new record for power conversion efficiency*. ScienceDaily. <https://www.sciencedaily.com/releases/2023/06/230622120852.htm>.
- Azizie, M. R., Wicaksono, D. A., & Fitriana, F. (2020). Analisis energi gelombang air laut menggunakan teknologi Oscillating Water Column. *Jurnal Teknik Elektro dan Komputasi (ELKOM)*, 2(1), 1–10. <https://doi.org/10.32528/elkom.v2i1.3148>.
- Bahcall, J. N., & Pinsonneault, M. H. (1992). Standard solar models, with and without helium diffusion, and the solar neutrino problem. *Reviews of Modern Physics*, 64(4), 885–926. <https://doi.org/10.1103/RevModPhys.64.885>.
- Benz, A. O. (2017). Flare observations. *Living Reviews in Solar Physics*, 14(2). <https://doi.org/10.1007/s41116-016-0004-3>.
- Dafiuddin, S. (2011). Konservasi mamalia laut (Cetacea) di perairan Laut Sawu Nusa Tenggara Timur. *Jurnal Kelautan*, 4(1). ISSN: 1907-9931.
- Einstein, A. (1905). Does the inertia of a body depend upon its energy content? *Annalen der Physik*, 18, 639–641. <https://doi.org/10.1002/andp.19053231314>.
- ESA/NASA. (1995). *The SOHO mission*. European Space Agency/National Aeronautics and Space Administration. <https://sohowww.nascom.nasa.gov/>.
- Faulincia. (2019). Studi potensi pembangkit listrik tenaga gelombang laut dengan metode Oscillating Water Column di perairan Kendari Indonesia. *Journal of Mechanical Engineering and Mechatronic*, 4(1), 7–14.
- Green, J., & Board, R. (2017). *Near-Earth object survey and deflection analysis of alternatives*. NASA Planetary Defense Coordination Office. <https://www.nasa.gov/planetarydefense>
- Hesti, N. W., et al. (2021). Wind resource assessment using WRF and NASA data for Eastern Indonesia. *Sustainability*, 13(24), 13421. <https://doi.org/10.3390/su132413421>
- International Energy Agency (IEA). (2025). *Global energy review 2025*. Paris: IEA.
- Kasharjanto, A., Rahuna, D., & Rina, D. (2017). Study on the implementation of marine current energy in Indonesia. *Journal of Renewable Energy Studies*, 11, 75–84.
- Khuntia, S., Mishra, W., & Agarwal, A. (2025). Evolution of the interacting coronal mass ejections that drove the great geomagnetic storm of 10 May 2024. *Astronomy & Astrophysics*, 698, A79. <https://doi.org/10.1051/0004-6361/202452866>.
- Masters, G. M. (2005). *Renewable and efficient electric power systems*. Hoboken, NJ: John Wiley & Sons. <https://doi.org/10.5860/choice.42-3448>.
- Mohammad Sidik, & Nazarudin Sinaga. (2023). Potensi pemanfaatan gelombang laut menjadi tenaga listrik dengan metoda Oscillating Water Column di Pulau Bawean Gresik. *Jurnal Energi Baru & Terbarukan*, 4(2), 132–144.

- NASA Earth Observatory. (2025). *Eruption of Lewotobi Laki-Laki, Indonesia*.
<https://earthobservatory.nasa.gov>.
- NASA Goddard Space Flight Center. (2010). *Solar Dynamics Observatory (SDO)*.
<https://sdo.gsfc.nasa.gov/>.
- Pandey, V. K., & Pandey, A. C. (2006). Heat transport through Indonesian throughflow. *Journal of the Indian Geophysical Union*, 10(4), 273–277.
- Rivera, Y. J., Badman, S. T., Stevens, M. L., Verniero, J. L., Stawarz, J. E., Shi, C., ... & Bale, S. D. (2024). In situ observations of large amplitude Alfvén waves heating and accelerating the solar wind. *arXiv*. <https://arxiv.org/abs/2409.00267>.
- Rizya Ardiwijaya, R., Salm, R., Turak, E., Yusuf, S., Purwanto, A. H., Lazuardi, M. E., Ihsan, E. N., Rusydi, Indaryanto, G. P., Khalid, M., Warner, E., Fajariyanto, Y., & Anjan, S. (2015). *Hayati pesisir Taman Nasional Perairan Laut Sawu*. Jakarta: The Nature Conservancy.
- Shockley, W., & Queisser, H. J. (1961). Detailed balance limit of efficiency of p-n junction solar cells. *Journal of Applied Physics*, 32(3), 510–519. <https://doi.org/10.1063/1.1736034>
- Sprintall, J., Wijffels, S. E., Molcard, R., & Jaya, I. (2009). Direct estimates of the Indonesian Throughflow entering the Indian Ocean: 2004–2006. *Journal of Geophysical Research: Oceans*, 114, C07001.
- Toon, O. B., Zahnle, K., Morrison, D., Turco, R. P., & Covey, C. (1997). Environmental perturbations caused by the impacts of asteroids and comets. *Reviews of Geophysics*, 35(1), 41–78. <https://doi.org/10.1029/96RG03038>.
- U.S. Geological Survey (USGS). (2021). *Volcanic gases and their effects* [Fact sheet].
- Warpindyasmoro, H. S., Kantonno, E. R., & Limanto, J. (2024). Potensi energi gelombang laut di Laut Sawu Nusa Tenggara Timur. *Jurnal Teknik Elektro*, 17(1), 51–54.
- Williams, D. R. (2019). *Sun fact sheet*. NASA Goddard Space Flight Center.
<https://nssdc.gsfc.nasa.gov/planetary/factsheet/sunfact.html>.

[Geologi]

1. [h] Gunung api Lewotobi Laki-laki pernah erupsi dengan ketinggian kolom abu vulkanik seperti pada gambar di atas. Pusat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Geologi (PVMBG) melakukan pengamatan dan pengukuran besar erupsi gunung ini. ?



Terukur puncak gunung yang terlihat pada sudut elevasi 30° sedangkan puncak kolom abu vulkanik terlihat pada sudut elevasi 45° . Jika ketinggian puncak gunung 1.703 meter di atas muka air laut, maka tinggi kolom abu dari puncak adalah ...

- a. 1250.45 m
 - b. 1245.78 m
 - c. 1246.68 m
 - d. 1248.0 m
 - e. 1243.79 m
2. [h] Sebagian produk erupsi gunung api terendapkan di lembah sungai sebagai endapan sirtu (pasir batu) yang tergolong bahan galian golongan C, seperti pada lereng selatan Gunung Api Lewotobi Perempuan. Berbeda dengan golongan A (strategis) dan B (vital), bahan galian C umumnya dikelola masyarakat atau pemerintah daerah, tidak untuk pasar internasional, namun tetap bernilai ekonomi. Untuk pemanfaatannya, diperlukan perhitungan volume endapan. Sebuah tim survei melakukan pengukuran pada salah satu segmen sungai dengan bentuk penampang lembah sungai berupa trapesium, dengan hasil sebagai berikut:

No segmen	Lebar permukaan (m)	Lebar dasar (m)	Ketebalan (m)	Panjang segmen (m)
5A	15	10	25	750

Berapakah volume endapan?

- a. 230645 m³
- b. 234375 m³
- c. 250045 m³
- d. 334375 m³
- e. 454745 m³

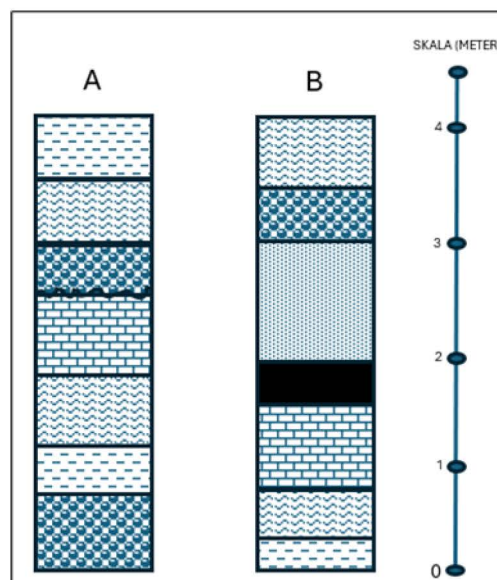
3. [m] Dalam stratigrafi gunung api, endapan lahar (*debris flow/volcaniclastic mudflow*) dan endapan aliran piroklastik (*pyroclastic flow*) kadang sulit dibedakan. Secara umum, ciri stratigrafis yang paling tepat untuk membedakan keduanya adalah ...
- Endapan lahar terbentuk dari erupsi efusif, sementara endapan piroklastik terbentuk dari erupsi eksplosif.
 - Endapan lahar bersifat masif dan tidak terpilah, seringkali mengandung fragmen batuan yang cenderung menyudut hingga membulat sebagai fungsi jarak transportasi, sedangkan aliran piroklastik memiliki pemilahan yang cukup baik.
 - Endapan lahar selalu memiliki warna merah atau kecoklatan, sementara endapan piroklastik selalu berwarna keabuan.
 - Endapan lahar biasanya terkonsolidasi dengan kuat, sedangkan endapan aliran piroklastik mudah hancur.
 - Endapan aliran piroklastik dapat mengandung matriks abu halus dan fragmen yang tajam serta terkadang menunjukkan struktur gas panas (*welded tuff*), sementara endapan lahar biasanya mengandung matriks lumpur yang kental dan fragmen yang dapat membulat.
4. [m] Dalam beberapa erupsi, lava andesit dapat membawa bongkah batuan asing (*xenolith*) yang terlepas dari dinding saluran atau dari batuan sedimen di sekitarnya. Ketika sebuah bongkah batulempung ikut terperangkap dalam tubuh lava panas, suhunya naik secara drastis. Kondisi ini dapat mengubah tekstur dan mineralogi batulempung sehingga berbeda jelas dari batuan asalnya. Perubahan yang paling mungkin terjadi adalah ...
- Batulempung mencair seluruhnya dan melebur menjadi bagian dari lava andesit, sehingga tidak ada sisa xenolith yang dapat dikenali.
 - Batulempung mengalami metamorfisme kontak, berubah menjadi hornfels bertekstur rapat dan keras akibat rekristalisasi mineral lempung pada suhu tinggi.
 - Batulempung tetap bertahan tanpa perubahan berarti karena waktu kontak dengan lava terlalu singkat untuk memengaruhi mineral di dalamnya.
 - Batulempung langsung terurai menjadi tanah liat sekunder karena terkena panas dan air, lalu bercampur dengan matriks lava.
 - Batulempung berubah menjadi batugamping karena tekanan dan suhu yang tinggi di dalam aliran lava.
5. [e] Sebagai pulau vulkanik yang dikelilingi paparan terumbu, Gunung Lewotobi diduga menembus batuan non-vulkanik berupa batugamping. Tubuh magma yang menerobos ke dalam batugamping dapat menyebabkan perubahan besar pada batuan di sekitarnya. Panas dari intrusi membuat mineral kalsit dalam batugamping mengalami rekristalisasi, sehingga tekstur aslinya hilang dan terbentuk marmer berbutir lebih kasar. Perubahan ini terjadi karena ...

- a. Tekanan air laut yang tinggi memberikan beban besar pada batugamping sehingga memaksanya berubah menjadi marmer.
 - b. Proses pendinginan cepat lava yang tumpah ke dasar laut secara langsung mengubah batugamping menjadi marmer.
 - c. Panas dari tubuh magma yang menerobos menyalurkan energi cukup besar untuk merekristalisasi kalsit dalam batugamping, membentuk marmer.
 - d. Aktivitas gelombang laut yang menghantam batugamping terus-menerus membuat teksturnya berubah dan menghasilkan marmer.
 - e. Endapan abu vulkanik yang menutupi terumbu karang menekan batugamping di bawahnya sehingga bertransformasi menjadi marmer.
6. [m] Tropical volcanic islands are often surrounded by coral reefs. A major eruption can have serious impacts on these ecosystems.
- i. Pyroclastic flows entering the sea carry ash and hot fragments that can blanket the reef surface, killing the corals.
 - ii. Coral reefs buried by volcanic deposits can become preserved and later appear in the stratigraphic record as carbonate–volcaniclastic successions.
 - iii. Volcanic eruptions always accelerate coral growth because volcanic ash is assumed to add nutrients to the ocean.
 - iv. Lava flowing into the sea will instantly transform coral into a new igneous rock without further diagenetic processes.

Which statements are correct?

- a. i and ii
 - b. iii only
 - c. i, ii, and iv
 - d. ii and iii
 - e. iv only
7. [m] Dalam ilmu paleontologi, sering kali disampaikan bahwa fosil lebih mudah dijumpai atau ditemukan pada batupasir atau batulempung. Namun mungkin orang berfikir bahwa pada lingkungan dengan dominasi aktivitas vulkanik cukup susah untuk dijumpai. Salah satu tantangan utama dalam mempelajari fosil di sekitar gunung berapi adalah material vulkanik seringkali sulit untuk diinterpretasi. Mengapa material seperti tuff (batuan abu vulkanik) dapat menyulitkan penanggalan fosil secara langsung?
- a. Suhu tinggi dari material vulkanik merusak semua kandungan karbon organik.
 - b. Tuff dapat terbentuk dari banyak erupsi yang berbeda, mencampurkan material dari berbagai periode waktu.
 - c. Batuan tuff mengandung mineral radioaktif yang sangat sedikit.
 - d. Kandungan mineralnya tidak stabil dan mudah berubah seiring waktu.
 - e. Proses pembentukan tuff seringkali tidak linear dan dapat terganggu oleh erosi atau erupsi berikutnya.

8. [e] Belerang (sulfur) merupakan mineral penting yang banyak ditambang di area vulkanik, walaupun di Gunung Lewotobi Laki-laki tidak terbentuk dalam jumlah ekonomis. Unsur ini sering dimanfaatkan luas sebagai bahan baku industri dan pertanian. Di gunung api, belerang umumnya ditemukan dalam bentuk unsur murni atau mineral, dan terbentuk melalui proses ...
- Kristalisasi dari mineral-mineral silikat di dalam batuan beku.
 - Sublimasi gas hidrogen sulfida (H_2S) dan sulfur dioksida (SO_2) yang keluar dari fumarol.
 - Pendinginan batuan beku di dalam dapur magma.
 - Pembusukan sisa-sisa dari organisme purba yang terkubur di bawah material vulkanik.
 - Penguapan dari danau kawah yang asam.
9. [h] Dalam penelitian sumber daya, pemahaman mengenai asal-usul batuan dan tanah dapat dilakukan melalui analisis stratigrafi. Proses di suatu daerah juga perlu dikorelasikan dengan daerah lain agar diperoleh gambaran geologi yang utuh. Pada satu sesi penelitian, dibuat dua kolom stratigrafi di daerah A dan B.



Jika lapisan batugamping pada kedua kolom digunakan sebagai lapisan penunjuk (*key bed*), pernyataan yang paling tepat mengenai umur relatif lapisan di sekitarnya adalah ...

- Semua lapisan di Kolom A lebih tua dari semua lapisan di Kolom B.
- Lapisan serpih di atas batugamping Kolom A lebih tua dari batugamping tersebut.
- Lapisan serpih di atas batugamping Kolom B lebih muda dari lapisan batugamping tersebut.
- Lapisan batupasir di bawah batugamping Kolom B memiliki umur yang sama dengan batugamping tersebut.
- Lapisan batulempung di Kolom A lebih muda dari lapisan batugamping di kolom yang sama.

10. [h] Geothermal energy is a renewable resource because heat is continuously generated within the earth. It is used for bathing, heating, and electricity. For generating electricity, geothermal power plants operate mainly in two systems: Binary Cycle (107–182 °C, using a low-boiling organic fluid) and Flash Steam (125–290 °C, converting pressurized hot water into steam). In both systems, the produced vapor rotates a turbine to generate electricity. The table below shows data from production wells at Company X. Based on this data, the most correct statement is ...

Well code	Depth of Reservoir (m)	Water Temp (°C)
G-01	800	120
G-02	1500	185
G-03	2200	250
G-04	1050	155
G-05	2500	280
G-06	1900	220
G-07	1300	170

- Well G-01 is ideal for flash steam power generation, while G-05 cannot be used for power generation.
- Well G-05 produces the highest temperature fluids and is therefore more suitable for direct use, while G-04 is only suitable for binary cycle power generation.
- Both G-04 and G-05 are ideal for flash steam power generation because they both have temperatures above 150°C.
- Well G-04 is best suited for binary cycle power generation because of its moderate temperature, while G-05 is ideal for flash steam power generation due to its very high temperature.
- Both G-03 and G-02 are only suitable for direct use because neither reaches temperatures sufficient for power generation.

[Meteorologi]

- 11. [e]** Bagaimana pengaruh ENSO fase positif yang kuat terhadap potensi sumberdaya terkait cuaca di Flores?
- Musim hujan menjadi kering sehingga debit Sungai menurun signifikan.
 - Terjadi peningkatan tutupan awan konvektif menyebabkan radiasi surya menurun drastis.
 - Terjadi penguatan sirkulasi Hadley yang mengakibatkan ecepatan angin meningkat seragam.
 - Curah hujan meningkat signifikan, sehingga potensi PLTA meningkat.
 - Konsentrasi ozon meningkat, mempengaruhi intensitas UV di permukaan.
- 12. [e]** Perubahan suhu permukaan laut di Laut Sawu sebesar $+1.5\text{ }^{\circ}\text{C}$ akibat anomali iklim, yang paling mungkin berdampak pada
- Penurunan produksi panel surya permanen
 - Melemahnya angin darat-laut
 - Bertambahnya densitas udara
 - Peningkatan curah hujan lokal
 - Kenaikan albedo di wilayah tersebut
- 13. [m]** Pagi hari lebih dingin dibanding siang hari yang panas lembap. Jika v (kecepatan angin) sama, bagaimana pengaruh terhadap daya yang dihasilkan? (lihat persamaan dalam teks pengantar)
- Daya pagi lebih kecil
 - Daya pagi lebih besar
 - Daya sama
 - Tidak berpengaruh karena C_p dominan
 - Hanya mempengaruhi λ , bukan daya
- 14. [m]** Jika letusan Lewotobi menurunkan GHI rata-rata 15% selama 7 hari, karena peningkatan aerosol sulfat di stratosfer. Jika GHI harian normal adalah $5,5\text{ kWh/m}^2/\text{hari}$, maka berapakah total radiasi permukaan yang hilang akibat letusan selama 7 hari ...
- $\sim 1\text{ kWh/m}^2$
 - $\sim 5\text{ kWh/m}^2$
 - $\sim 6\text{ kWh/m}^2$
 - $\sim 7\text{ kWh/m}^2$
 - $\sim 10\text{ kWh/m}^2$
- 15. [m]** Erupsi Lewotobi 2025 menghasilkan aerosol sulfat yang dapat menurunkan transmisi radiasi surya. Jika *optical depth aerosol* (τ) meningkat, maka hubungan yang benar adalah...
- Transmittansi radiasi meningkat eksponensial terhadap τ .
 - Radiasi permukaan hanya berkurang pada panjang gelombang ultraviolet.
 - Radiasi difus cenderung meningkat meskipun radiasi langsung berkurang.
 - Radiasi gelombang panjang (IR) justru meningkat drastis karena aerosol.
 - Sudut zenit matahari tidak memengaruhi efek optis aerosol.

16. [m] Pertimbangkan efek aerosol vulkanik terhadap radiasi matahari:

1. Aerosol sulfat meningkatkan hamburan Mie, sehingga porsi radiasi difus ke permukaan bertambah.
2. Reduksi radiasi akibat aerosol hanya terjadi pada panjang gelombang ultraviolet.
3. *Optical depth* yang lebih besar menyebabkan transmittansi radiasi menurun eksponensial.
4. Sudut zenit matahari tidak memengaruhi besarnya penurunan radiasi oleh aerosol.

Pilihlah pernyataan yang benar mengenai efek aerosol terhadap radiasi matahari

- a. 1 dan 2 benar
- b. 2 dan 3 benar
- c. 1 dan 3 benar
- d. 1, 2 dan 3 benar
- e. 2, 3 dan 4 benar

17. [h] Abu vulkanik yang dilepas ke troposfer dapat berperan sebagai inti kondensasi awan (*cloud condensation nuclei/CCN*), memodifikasi proses mikrofisika presipitasi.

Terkait dengan hal tersebut pilihlah mana saja dari pernyataan berikut yang benar :

1. Awan *Cumulonimbus* dapat menembus *tropopause* dan menghasilkan *overshooting top*.
2. Proses Bergeron–Findeisen menjelaskan pertumbuhan butir hujan di awan dingin melalui deposisi uap air ke kristal es.
3. Awan *Cirrus* terutama berperan dalam meningkatkan albedo permukaan bumi.
4. Awan Stratokumulus maritim luas dapat menurunkan radiasi masuk ke permukaan.

Pernyataan yang benar adalah:

- a. 1 dan 2 benar
- b. 2 dan 3 benar
- c. 2 dan 4 benar
- d. 1, 2 dan 3 benar
- e. 1, 2 dan 4 benar

18. [h] Variabilitas iklim di kawasan tropis maritim, termasuk NTT, tidak hanya ditentukan oleh monsun dan ENSO tetapi juga oleh gelombang atmosfer skala besar. Gelombang Rossby, Kelvin, dan fenomena intra-seasonal seperti *Madden–Julian Oscillation* (MJO) sangat memengaruhi pola konveksi dan curah hujan, yang pada gilirannya berdampak pada ketersediaan energi terbarukan berbasis cuaca.

1. Gelombang Rossby di troposfer tengah–atas bergerak ke arah barat relatif terhadap aliran zonal.
2. Gelombang Kelvin ekuator bergerak ke timur tanpa rotasi vortisitas.
3. Gelombang MJO (*Madden–Julian Oscillation*) memiliki periode 30–60 hari dan memengaruhi konveksi tropis.

4. Gelombang Rossby hanya muncul di lintang tinggi dan tidak berpengaruh pada tropis.

Pernyataan yang benar adalah:

- a. 1 dan 2 benar
- b. 2 dan 3 benar
- c. 2 dan 4 benar
- d. 1, 2 dan 3 benar
- e. 1, 2 dan 4 benar

19. [h] Potensi energi angin di NTT terutama ditentukan oleh angin musiman monsun Asia–Australia yang berulang tiap tahun. Pernyataan dibawah ini yang benar adalah

- a. Pada puncak monsun barat, gradien tekanan utara–selatan menguat sehingga angin barat yang membawa uap air mendominasi wilayah NTT.
- b. Variabilitas ENSO dapat memodifikasi intensitas monsoon dengan mengubah Lokasi sel konveksi utama dalam sirkulasi Walker.
- c. Angin monsoon di NTT sepenuhnya ditentukan oleh rotasi bumi (efek Coriolis) tanpa dipengaruhi gradien tekanan benua-laut.
- d. Kecepatan angin permukaan di pesisir NTT dapat melambat akibat efek kanal antar-pulau dan perbukitan, terutama pada monsoon timur.
- e. Selama fase La Nina, kecepatan angin *monsoon* timur di NTT selalu lebih lemah karena distribusi SPL Pasifik.

20. [h] Volcanic eruptions like Lewotobi cause temporary negative radiative forcing by injecting sulfate aerosols into the stratosphere. Meanwhile, anthropogenic greenhouse gases impose persistent positive forcing. Understanding the Earth's radiation budget requires distinguishing between shortwave and longwave processes as well as their spatial patterns. Which Statement about global radiation budget is correct:

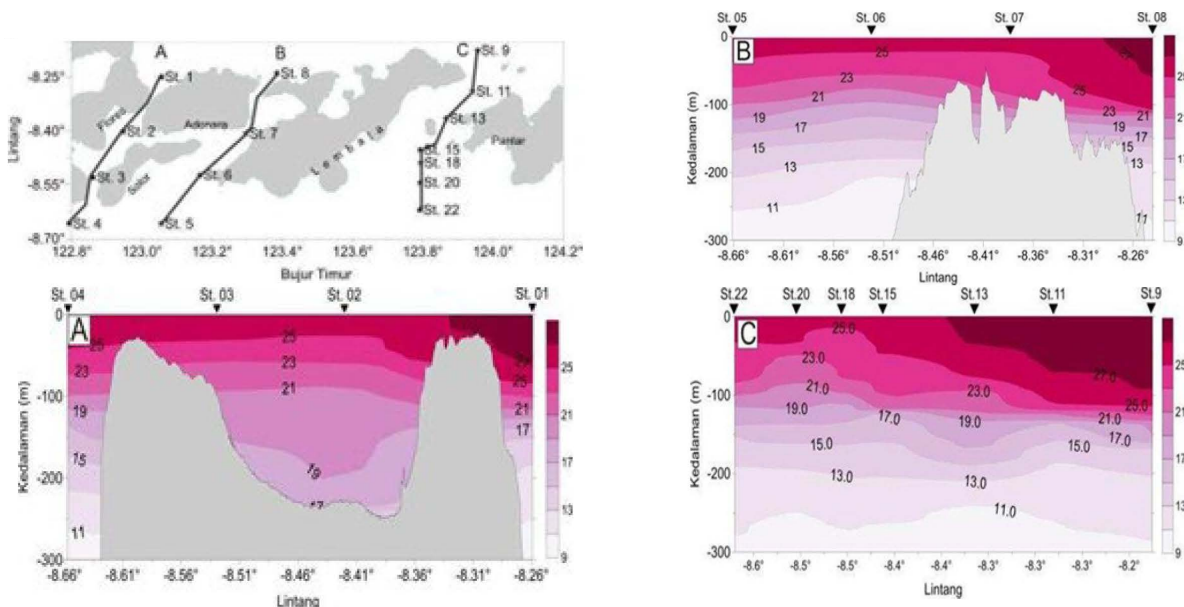
- a. Earth's surface emits primarily shortwave radiation, peaking at $\sim 0.5 \mu\text{m}$, according to Planck's law.
- b. The average planetary albedo is ~ 0.7 , meaning most incoming solar radiation is reflected.
- c. In the tropics, the net radiation balance is positive, which drives poleward energy transport.
- d. The greenhouse effect cools the surface by enhancing the emission of outgoing longwave radiation.
- e. Volcanic aerosol forcing warms the troposphere in the short term by increasing absorbed solar flux.

[Oseanografi]

- 21. [e]** Ketika gelombang laut merambat dari laut lepas ke perairan pantai, gelombang akan mengalami deformasi. Salah satu bentuk deformasi tersebut adalah refraksi gelombang. Refraksi gelombang merupakan proses perubahan arah penalaran gelombang yang diakibatkan oleh perbedaan kedalaman. Pernyataan berikut yang paling benar terkait dengan refraksi gelombang adalah ...
- Refraksi gelombang akan cenderung membuat muka gelombang (wave crest) tegak lurus dengan garis pantai.
 - Refraksi gelombang akan cenderung membuat muka gelombang sejajar dengan garis pantai.
 - Refraksi gelombang akan cenderung membuat muka gelombang sejajar dengan sinar gelombang (wave rays).
 - Refraksi gelombang akan cenderung membuat sinar gelombang sejajar dengan garis pantai.
 - Refraksi gelombang akan cenderung membuat sinar gelombang sejajar dengan kontur kedalaman.
- 22. [e]** Kondisi temperatur air laut di permukaan laut sangat dipengaruhi oleh adanya olakan karena angin dan gelombang laut menghasilkan lapisan temperatur air laut tercampur (*mixing*) mencapai kedalaman 500 meter dengan temperatur air laut berkisar antara $(-2)^{\circ}\text{C}$. Temperatur air laut mulai kedalaman 500 meter sampai kedalaman 1000 meter terdapat lapisan termoklin tetap (*permanent thermocline*). Selanjutnya kedalaman 1000 meter sampai sekitar 5000 meter akan turun dengan cepat mencapai temperatur 3°C . Temperatur air laut tercampur (*mixing*) berdasarkan posisi garis lintang yang berbeda di samudera, maka pernyataan yang paling benar adalah ...
- Temperatur air laut tercampur (*mixing*) di lintang rendah berkisar antara 10°C - 15°C .
 - Temperatur air laut tercampur (*mixing*) di lintang tinggi berkisar antara 5°C - 10°C .
 - Lapisan termoklin pada lintang sedang dengan temperatur berkisar 5°C - 10°C .
 - Lapisan termoklin pada lintang rendah dengan temperatur berkisar 5°C - 10°C .
 - Lapisan termoklin pada lintang rendah dengan temperatur 1°C - 5°C .

- 23. [m]** Berdasarkan hasil penelitian di sekitar Perairan Taman Nasional Perairan (TNP) Laut Sawu terjadi sebaran termoklin di bagian utara perairan Laut Sawu yang berbatasan dengan Pulau Solor, Pulau Lembata, Pulau Pantar selama pengamatan menunjukkan bahwa batas atas lapisan termoklin terdapat pada kedalaman (12-76)m dengan suhu (25,25–26,75)°C, sedangkan batas bawahnya pada kedalaman sekitar 88-250 m dengan berkisar antara (11,00–20,27) °C. Secara umum lapisan termoklin lebih dangkal, letaknya lebih mendekati pantai yakni berada pada kisaran kedalaman (12-27)m dengan suhu perairan pada permukaan termoklin berkisar antara 24,81 °C dan 25,78 °C. Dangkalnya lapisan termoklin dan dinginnya massa air permukaan serta pembalikan arah angin muson secara musim akan menyebabkan terjadinya fenomena
- Upwelling membawa massa air dengan suhu tinggi dari dalam perairan.
 - Upwelling membawa massa air dari pantai yang memiliki suhu yang relatif tinggi.
 - Upwelling membawa massa air kaya nutrisi dari lapisan yang lebih ke permukaan.
 - Upwelling membawa massa air kaya nutrisi dari laut lepas.
 - Upwelling membawa massa air kaya nutrisi dari sungai di sekitar.

- 24. [m]** Penelitian dilaksanakan di perairan sekitar Laut Flores hingga Laut Sawu Nusa Tenggara Timur yang tanggal 20-30 Juli 2011 di 22 stasiun pengamatan terdiri dari 4 stasiun di Selat Flores, 4 stasiun berlokasi di Selat Lamalera dan 7 stasiun di Selat Alor hingga Laut Sawu menggunakan kapal KR. Baruna Jaya VIII. Data suhu pada setiap stasiun pengamatan untuk setiap kedalaman diukur secara kontinu dengan menggunakan *Conductivity Temperature Depth* (CTD) tipe SBE 911+ dari Seabird Electronic Inc. Lihat gambar berikut



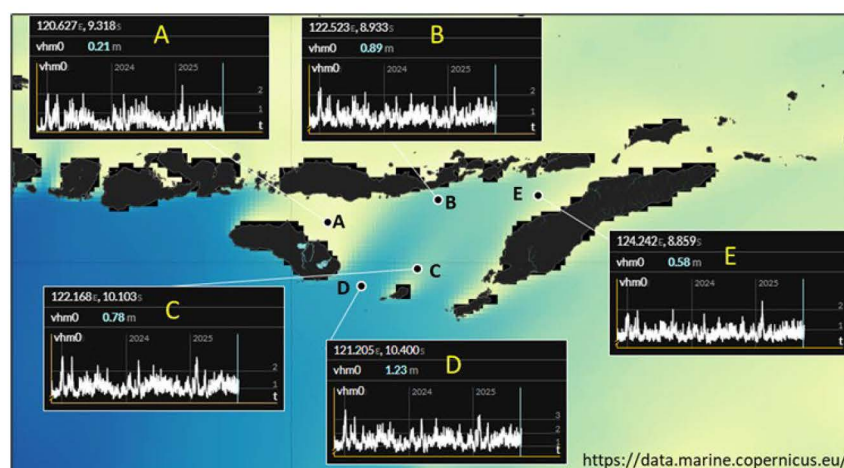
Hasil pengukuran diperoleh hasil penampang vertikal suhu seperti terlihat pada gambar bahwa lintasan (A) suhu vertikal di selat Flores, (B) suhu vertikal di selat Boling dan Lamereka dan (C) suhu vertikal di Selat Alor. Gambaran suhu vertikal di laut Sawu terlihat pada lokasi stasiun 4 di lintasan selat Flores (gambar A), stasiun 5 di lintasan Bling dan Lamakera (Gambar B) dan stasiun 20 dan 22 di lintasan selat Alor (gambar C). Berdasarkan ketiga lintasan suhu diperoleh hasil dan dapat dinyatakan sebagai berikut:

1. Sebaran vertikal di kedalaman 100 meter dari ketiga lintasan mempunyai nilai suhu relatif sama sebesar 21°C .
2. Sebaran vertikal di kedalaman 200 m dari ketiga lintasan nilai suhu air laut 13°C .
3. Secara umum sebaran suhu horizontal di ketiga lintasan di bagian Utara Perairan laut Sawu (lokasi 3, lokasi 6 dan lintasan 13) nilai suhu air laut berkisar $(21 - 23)^{\circ}\text{C}$.
4. Secara umum di ketiga lintasan sebaran suhu vertikal di kedalaman 300 m nilai suhu sekitar 11°C .

Pernyataan yang benar adalah ...

- a. 1 dan 2.
- b. 2 dan 3.
- c. 2 dan 4.
- d. 1 dan 4.
- e. 1 dan 3.

25. [m] Berdasarkan hasil *hindcast* tinggi gelombang laut yang diperoleh dari model gelombang selama tiga tahun terakhir di perairan Laut Sawu ditunjukkan pada gambar di bawah ini.



Lokasi yang paling berpotensi menghasilkan energi gelombang yang paling besar adalah

- a. C
- b. D
- c. E
- d. A
- e. B

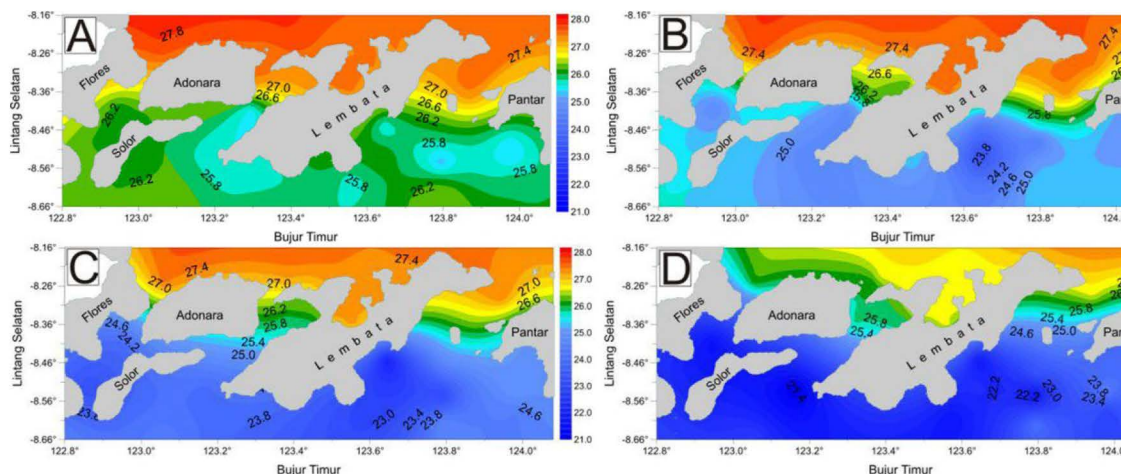
26. [m] You have joined a team of scientists who are studying the effects of El Niño on biological systems in the ocean. Specifically, you are interested in the relationship between sea surface temperature (SST) and productivity, as measured by the amount of chlorophyll-a. Your task is to determine if there is a relationship between sea surface temperature and the distribution of phytoplankton, and, if so, how this relationship is impacted during El Niño. Which statement best describes the relationship between El Niño, SST, and chlorophyll concentration?

- a. SST and chlorophyll concentration increase along the equator during non-El Niño years.
- b. SST increases and chlorophyll concentration decreases along the equator during El Niño years.
- c. Chlorophyll concentration always decreases as SST decreases.
- d. There is no relationship between El Niño, SST, and chlorophyll concentration.
- e. None of the above statements is correct.

27. [h] Erupsi G. Lewotobi Laki-laki, Flores Timur, Provinsi Nusa Tenggara Timur pada tanggal 21 September 2025 pukul 07:22 WITA dengan tinggi kolom abu teramati ± 800 m di atas puncak (± 2.384 m di atas permukaan laut). Kolom abu teramati berwarna kelabu dengan intensitas sedang condong ke arah barat daya. Arah angin pada saat terjadi erupsi ke arah barat daya dari G. Gunungapi Lewotobi Laki-laki, sedangkan posisi perairan L. Sawu terletak di posisi Selatan letusan, sehingga kemungkinan sebaran debu akan sampai di Perairan laut Sawu. Perairan laut Sawu sebelumnya mempunyai tingkat produktivitas tinggi. Letusan G. Lewotobi Laki-laki yang menyemburkan abu vulkanik akan menghasilkan endapan. Endapan tersebut berpengaruh terhadap kesuburan perairan Laut Sawu. Pilihlah pernyataan yang paling benar.

- a. Kandungan Klorofil-a dan fitoplankton di perairan Laut Sawu tidak berpengaruh dengan adanya endapan abu vulkanik letusan G. Lewotobi Laki-laki, sehingga kesuburan perairan tetap dan kemungkinan tidak berpengaruh terhadap populasi biota karang.
- b. Endapan abu vulkanik letusan G. Lewotobi Laki-laki yang jatuh di Laut Sawu akan menambah kandungan klorofil-a dan fitoplankton, sehingga kesuburan perairan meningkat dan tidak berpengaruh terhadap populasi biota karang.
- c. Endapan abu vulkanik letusan G. Lewotobi Laki-Laki yang jatuh di Laut Sawu akan mengurangi kandungan klorofil-a dan fitoplankton, sehingga kesuburan perairan menurun dan kemungkinan tidak berpengaruh terhadap populasi biota karang.

- d. Endapan abu vulkanik letusan G. Lewotobi Laki-laki yang jatuh di Laut Sawu akan mengurangi kandungan klorofil-a dan fitoplankton, sehingga kesuburan perairan menurun dan kemungkinan berpengaruh terhadap populasi biota karang.
- e. Kandungan Klorofil-a dan fitoplankton di perairan Laut Sawu tidak berpengaruh dengan adanya endapan abu vulkanik letusan G. Lewotobi Laki-laki, sehingga kesuburan perairan tetap dan kemungkinan berpengaruh terhadap populasi biota karang.
28. [h] Dengan data parameter gelombang Laut Sawu dengan tinggi gelombang 2,2 m dan periode 8 detik, kedalaman perairan = 2000 m, lebar *chamber* sebesar 200 m, maka potensi daya listrik yang dibangkitkan oleh gelombang tersebut adalah ...
- 15184 W.
 - 1518,4 W.
 - 15,184 kW.
 - 1518,4 kW.
 - 151,84 kW.
29. [h] Perairan Selat Flores, Selat Lamakera, Selat Alor, dan Laut Sawu merupakan bagian dari lintasan sirkulasi Arus Lintas Indonesia (Arlindo). Arlindo yang mengalir melalui Selat Makassar selanjutnya mengalami percabangan, sebagian masuk ke Samudra Hindia melalui Selat Lombok dan sebagian lagi dibelokan ke arah timur menuju Laut Flores dan Laut Banda sebelum masuk ke Samudra Hindia melalui Laut Timor dan Selat Ombai. Berikut adalah sebaran horizontal suhu perairan ($^{\circ}\text{C}$) pada permukaan laut A) kedalaman 0, B) kedalaman 25 m, C) kedalaman 50 m, dan D) kedalaman 75 m.



Perbedaan suhu di bagian utara dan selatan perairan kemungkinan disebabkan oleh terjadinya:

- Percampuran massa air baik secara horisontal maupun vertikal akibat kuatnya arus, sempit dan dangkalnya perairan.
- Upwelling di perairan bagian selatan akibat *Ekman pumping* menyebabkan suhu permukaan laut dan suhu pada lapisan *subsurface* relatif lebih rendah.

- c. Proses *Caballing* yang terjadi di Laut Sawu.
- d. Perbedaan densitas, densitas massa air lebih rendah pada perairan bagian selatan jika dibandingkan dengan bagian utara perairan.
- e. Proses *downwelling* di perairan bagian selatan akibat gelombang Kelvin.

30. [h] Persamaan Ekman menunjukkan bahwa Coriolis + gesekan = 0. Untuk penyederhanaan, dianggap angin berhembus dalam arah y sehingga solusi persamaan Ekman dituliskan sbb:

$$u(z) = V_0 e^{-z/D_E} \cos\left(45^\circ - \frac{z}{D_E}\right),$$

$$v(z) = V_0 e^{-z/D_E} \sin\left(45^\circ - \frac{z}{D_E}\right)$$

dengan V_0 = kecepatan arus Ekman; D_E = kedalaman Ekman. Manakah pernyataan yang tidak benar?

- a. Pada permukaan arah arus tidak searah dengan arah angin yaitu membentuk sudut 45° ke arah kanan (pada BBU) dari arah angin.
- b. Pada kedalaman tidak jauh dari permukaan terlihat arah arus mengalami perputaran searah jarum jam (pada BBU).
- c. Pada kedalaman tidak jauh dari permukaan semakin bertambahnya kedalaman kecepatan juga semakin berkurang.
- d. Pada kedalaman $z = D_E$ didapat bahwa pada kedalaman perairan tidak sama dengan kedalaman Ekman (D_E), kecepatan akan berkurang sebanyak 4 % dan arah arusnya akan berbalik atau berlawanan arah dengan arus yang terjadi di permukaan.
- e. Di permukaan, kecepatan arus Ekman akan sama dengan V_0 .

[Planetary Science]

- 31. [e]** Manakah pernyataan berikut yang paling tepat menggambarkan hubungan antara Matahari dan kehidupan di Bumi berdasarkan teks?
- Matahari hanya memberikan energi untuk fotosintesis.
 - Matahari menjaga iklim, menopang ekosistem, dan mendukung perkembangan peradaban.
 - Matahari adalah ancaman utama bagi Bumi.
 - Matahari tidak mempengaruhi teknologi modern.
 - Energi Matahari hanya dimanfaatkan untuk pembangkit listrik.
- 32. [e]** Jika suatu badai geomagnetik memiliki indeks Dst sebesar -350 nT, apa implikasi yang paling mungkin berdasarkan teks?
- Gangguan kecil pada komunikasi radio.
 - Gangguan serius pada jaringan listrik dan satelit.
 - Tidak ada dampak signifikan.
 - Peningkatan efisiensi sel surya.
 - Terjadi pemanasan global.
- 33. [m]** Calculate the photon energy (in eV) corresponding to the auroral green line at 557.7 nm. Then, determine which atomic transition energy (approximately) this corresponds to. Which option is the closest match? (use $h = 6.626 \times 10^{-34} \text{ kg} \cdot \text{m}^2/\text{s}$, $c = 3.00 \times 10^8 \text{ m/s}$, and $1 \text{ eV} = 1.602 \times 10^{-19} \text{ J}$)
- 2.22 eV— corresponds to O I transition (~2.2 eV).
 - 1.10 eV— corresponds to hydrogen alpha.
 - 3.50 eV— corresponds to UV transition.
 - 0.50 eV— corresponds to IR transition.
 - 10.0 eV— corresponds to ionization energy.
- 34. [m]** Anda diminta mengevaluasi prioritas pengamatan untuk memprediksi CME yang berpotensi merusak satelit. Dari instrumen berikut, kombinasi mana paling logis untuk mendeteksi awal dan memantau evolusi CME?
- H-alpha teleskop + pengukuran ozon.
 - Koronagraf (mis. SOHO) + magnetogram resolusi tinggi (mis. SDO) + pengamatan radio.
 - Kamera optik yang terpasang di satelit.
 - Detector neutrino + spektrometer inframerah.
 - Thermometer* atmosfer + sensor kelembapan.
- 35. [m]** Berdasarkan teks, langkah mana yang paling efektif untuk mengurangi dampak badai geomagnetik pada infrastruktur listrik?
- Mematikan semua jaringan listrik saat terjadi badai.
 - Menggunakan transformator tahan GIC.
 - Menambah jumlah panel surya.
 - Membangun satelit baru.
 - Mengurangi penggunaan listrik.

- 36. [m]** Apa peran kecepatan Alfvén dalam konteks aktivitas Matahari menurut teks?
- Menentukan efisiensi sel surya.
 - Menghitung energi tumbukan asteroid.
 - Menjelaskan propagasi gangguan magnetik dalam plasma.
 - Mengukur intensitas radiasi UV.
 - Menentukan warna aurora.
- 37. [h]** Coronal mass ejections (CMEs) are massive eruptions of plasma and magnetic fields from the Sun's corona, often associated with solar flares. These events can traverse interplanetary space and, when directed toward Earth, have the potential to trigger severe space weather. The interaction between CMEs and Earth's magnetosphere involves complex physical processes that can lead to widespread disruption. What is the primary mechanism by which coronal mass ejections cause geomagnetic storms?
- They emit visible light that heats the atmosphere.
 - They carry plasma and magnetic fields that interact with Earth's magnetosphere.
 - They increase the intensity of solar radiation.
 - They carry helium atom particles and electrical fields that interact with Earth's magnetosphere.
 - They prevent the formation of auroras.
- 38. [h]** Jika medan magnet lokal B dan massa jenis plasma ρ , manakah nilai kecepatan Alfvén yang paling mendekati? (Gunakan $\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7}$).
- $6,9 \times 10^1$ km/s.
 - $6,9 \times 10^0$ km/s.
 - $3,0 \times 10^2$ km/s.
 - $2,0 \times 10^1$ km/s.
 - $1,2 \times 10^2$ km/s.
- 39. [h]** A coronal mass ejection (CME) traveling at a speed of 1800 km/s is detected leaving the Sun. The Sun–Earth distance is approximately 150 million km. If the early warning system requires 8 hours for data processing and alert issuance, and mitigation measures take an additional 20 hours to implement after the alert, the available response timeline is insufficient. Specifically, the CME travel time is about 23.15 hours, while the total time required from detection to readiness is 28 hours. This leaves a deficit of nearly 5 hours. Which of the following design proposals would most effectively ensure sufficient time for mitigation against CMEs of this speed??
- Focus on enhancing data transmission speeds and improving the accuracy of solar weather models to reduce alert dissemination time, without altering data processing or mitigation protocols.
 - Reduce data processing and alert issuance time to less than 4 hours and mitigation implementation time to less than 16 hours, ensuring the total response time is under 20 hours.

- c. Prioritize only the reduction of mitigation time to 10 hours through automated systems and pre-positioned resources, while maintaining data processing at 8 hours.
- d. Invest in deep space monitoring satellites to detect CMEs earlier than at the Sun's surface, aiming to gain an additional 5 hours of warning time.
- e. Improve the robustness of the observation network to ensure all CMEs are detected, while maintaining current data processing and mitigation times.

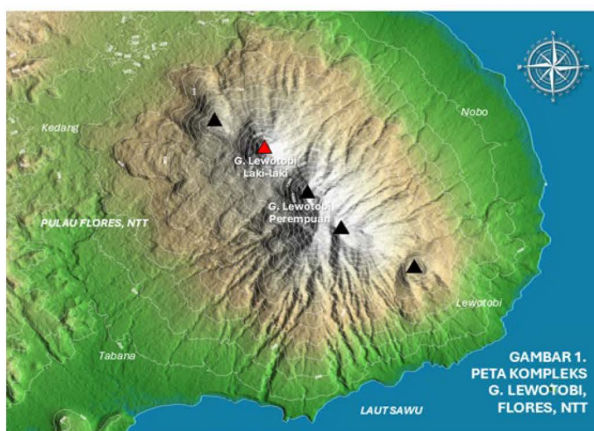
40. [h] Teks pengantar menyebutkan bahwa Indonesia memiliki potensi energi surya sekitar $4,8 \text{ kWh/m}^2$ per hari. Sebuah kota di NTT mengonsumsi listrik 100 GWh per tahun. Pemerintah berencana membangun PLTS grid-connected di lahan seluas 1 km^2 dengan efisiensi panel 20%. Berapa persen kebutuhan listrik kota yang dapat dipenuhi oleh PLTS tersebut?

- a. 350%
- b. 35%
- c. 125%
- d. 3,5%
- e. 0,35%

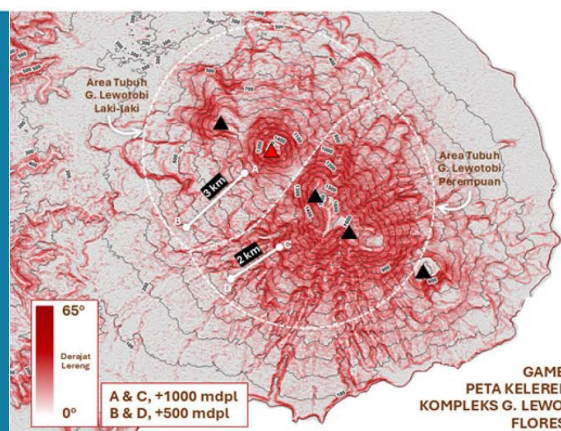
[ESAI]

41. Perhatikan dua gambar peta yang tersedia. Gambar 1 menampilkan variasi elevasi topografi Kompleks Gunung Api Lewotobi, meliputi tubuh Lewotobi Laki-laki di sebelah barat laut dari tubuh Lewotobi Perempuan; sedangkan Gambar 2 menampilkan variasi kelerengan dengan skala warna merah, yang diolah dari data topographic position index dan slope, turunan dari data digital elevation model. Data hasil pemetaan geologi permukaan, didapat data sebagai berikut:

- a. Gunung Api Lewotobi Perempuan didominasi endapan piroklastik (65%) dan lava (35%).
- b. Gunung Api Lewotobi Laki-laki didominasi lava (80%) dan endapan piroklastik (20%).



GAMBAR 1.
PETA KOMPLEKS
G. LEWOTOB
FLORES, NTT



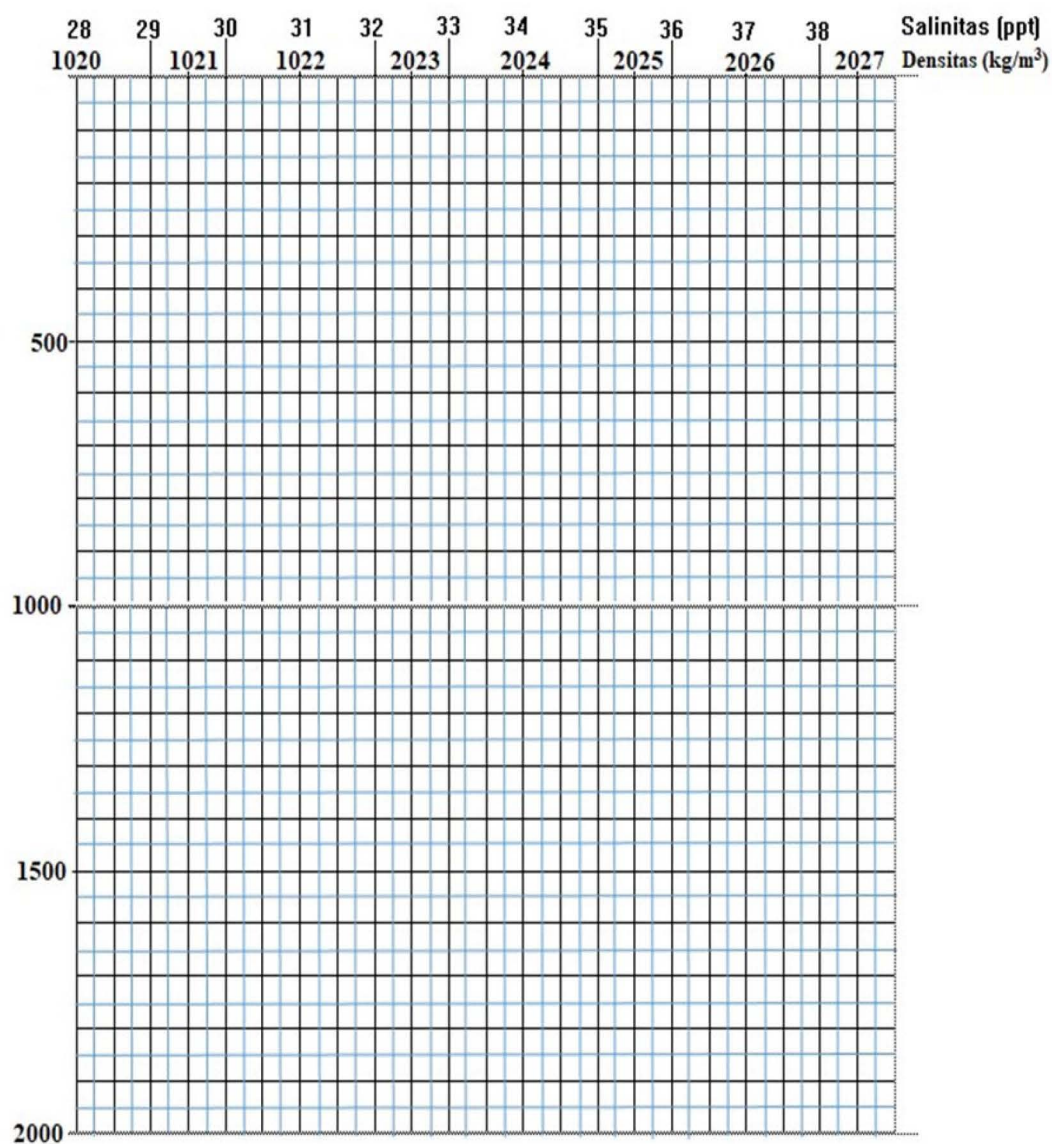
GAMBAR 2.
PETA Kelerengan
KOMPLEKS G. LEWOTOB
FLORES, NTT

Pertanyaan:

- a. Perhatikan titik A – B pada lereng Gunung Api Lewotobi Laki-laki dan titik C – D pada lereng Gunung Api Lewotobi Perempuan. Hitung kelerengan masing-masing gunung dengan data yang ada, sajikan langkah perhitungannya!
 - b. Dari hasil perhitungan soal A dan juga indeks kemerahan warna pada Gambar 2, gunung api mana yang memiliki tingkat kelerengan yang lebih curam dari yang lain? Berikan alasannya!
 - c. Dominasi produk vulkanik kedua gunung tersebut berbeda, yang bisa jadi menjadi faktor pembentuk lereng yang berbeda karena karakter kedua produk dominan tersebut juga berbeda. Bagaimana hubungan antara karakter produk vulkanik yang dominan tersebut dengan kemiringan lereng yang terbentuk!
- 42.** At the coastal region of Flores, daily wind cycles are strongly influenced by sea–land breeze and local valley–mountain circulations. In a typical dry-season pattern, measured wind speed averages about 6.0 m/s during the daytime (lasting 6 hours) and about 4.5 m/s during the evening period (also lasting 6 hours). To estimate the wind power potential, two wind turbines are considered:
1. Turbine A: rotor radius 4 m
 2. Turbine B: rotor radius 6 m
- Air density is assumed $\rho = 1.2 \text{ kg m}^{-3}$, with a power coefficient $C_p = 0.45$ and overall mechanical–electrical efficiency $\eta = 0.90$. Because the available wind power is proportional to both the swept area $A = \pi r^2$ and the cube of the wind speed v^3 , the combination of a larger rotor and stronger sea-breeze winds in the daytime generally contributes most of the daily energy output. Use the equation: $P = \frac{1}{2} \rho A v^3 C_p \eta$.
- Question:**
- a. Based on the given data, compare the average hourly power output of Turbine A and Turbine B for each wind-speed interval (daytime 6m/s, evening–night 4.5 m/s).
 - b. Compute the daily energy output (in kWh) for each turbine.
 - c. Describe your analysis based on the results from questions a and b.
- 43.** Air di lautan memiliki nilai salinitas yang umumnya berbanding terbalik dengan nilai densitas. Nilai densitas akan bertambah seiring bertambahnya kedalaman di suatu perairan laut. Salinitas dan densitas memiliki lapisan yang berbeda setiap kedalamannya. Secara sebaran vertical salinitas terbagi menjadi 3 lapisan yaitu lapisan permukaan (*homogeneous layer*), lapisan haloklin dan lapisan dalam. Secara sebaran vertical densitas air laut memiliki 3 lapisan yaitu lapisan permukaan (*homogeneous layer*), *lapisan piknoklin dan lapisan dalam*. Lapisan haloklin ditandai dengan perubahan salinitas secara drastis seiring bertambahnya kedalaman. densitas pada lapisan piknoklin mengalami peningkatan yang drastis seiring meningkatnya kedalaman. Berdasarkan hasil pengukuran salinitas dan densitas di perairan laut diperoleh data seperti pada tabel.

Tabel. Data kedalaman terhadap densitas dan data kedalaman terhadap salinitas air laut.

Salinitas		Densitas	
Kedalaman (m)	Salinitas (ppt)	Kedalaman (m)	Nilai Densitas (kg/m ³)
0	32	0	1025
100	33	200	1027
200	30	500	1028
500	29	1500	1029
1500	29	2000	1029
2000	29	2000	1029



Pertanyaan:

- Gambarkan grafik hubungan kedalaman (sumbu y, positif ke bawah) terhadap salinitas (sumbu x) pada kotak/area yang tersedia.
- Tentukan posisi lapisan berdasarkan grafik salinitas yang Anda gambar

	Kedalaman (m)	Nilai salinitas (ppt)
Lapisan Permukaan		
Lapisan Haloklin		
Lapisan		

- Gambarkan grafik hubungan kedalaman (sumbu y, positif ke bawah) terhadap densitas (sumbu x) pada kotak/area yang tersedia.
- Tentukan posisi lapisan berdasarkan grafik densitas yang Anda gambar.

	Kedalaman (m)	Nilai densitas (kg/m ³)
Lapisan Permukaan		
Lapisan Haloklin		
Lapisan		

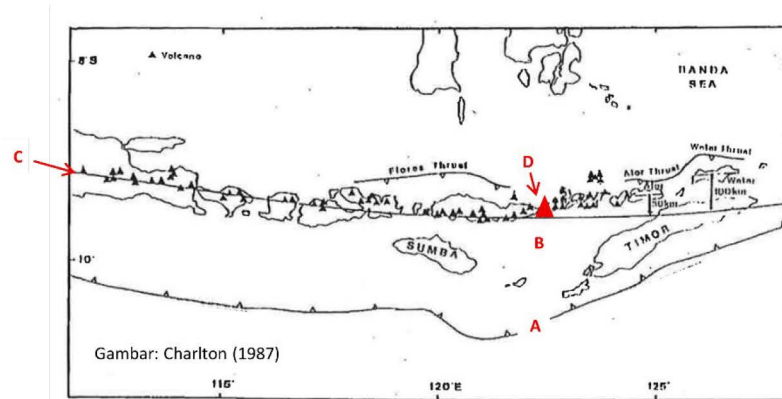
44. Suatu *coronal mass ejection* (CME) diamati dengan parameter berikut:

- o Massa CME: $8,0 \times 10^{12}$ kg
- o Kecepatan rata-rata: 900 km/s
- o Medan magnet antarplanet di dekat Bumi: $2,0 \times 10^{-4}$ T
- o Massa jenis plasma di magnetosfer: $2,0 \times 10^{-12}$ kg/m³
- o Nilai indeks Dst terpantau turun hingga -350 nT
- o Suhu fotosfer saat flare: 6000 K

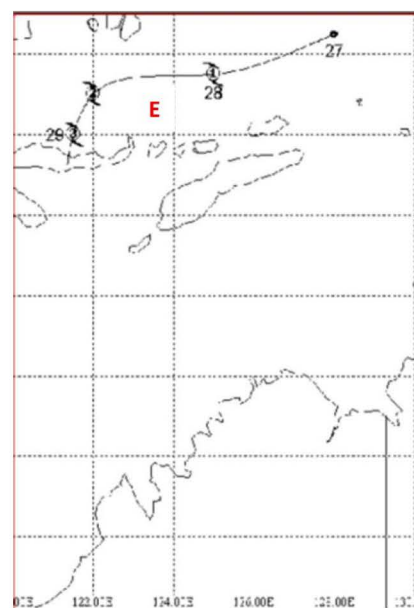
Pertanyaan

- Hitung energi kinetik CME. Bandingkan dengan energi setara 1 jam konsumsi listrik nasional (anggap $\sim 1.0 \times 10^{12}$ J).
- Hitung kecepatan Alfvén plasma di magnetosfer dan tentukan apakah CME ini supersonik relatif terhadap kecepatan Alfvén (v_A)
- Gunakan hukum Wien untuk menentukan panjang gelombang maksimum emisi radiasi fotosfer dan jelaskan signifikansinya dalam pemantauan flare.
- Dengan indeks Dst -350 nT, dampak apa yang harus diantisipasi pada jaringan listrik menurut klasifikasi badai geomagnetik?
- Rancang tiga kebijakan teknis mitigasi risiko berbasis angka hasil perhitungan Anda.

45. Perhatikan Gambar A dan Gambar B berikut:



Gambar A. Peta Wilayah



Gambar B. Jalur Siklon

- Fenomena geologi apakah yang terjadi pada A. Jelaskan.
- Sebutkan sumberdaya kebumihan yang mungkin diperoleh pada lokasi B. Bagaimana aspek hidrosfer dan atmosfer berinteraksi untuk menghasilkan sumberdaya tersebut? Jelaskan.
- Mengapa terjadi rangkaian gunung api yang digambarkan oleh garis C?
- Lokasi D adalah lokasi Gunung Lewotobi. Sumberdaya kebumihan apa saja yang mungkin terjadi di lokasi tersebut? Jelaskan.
- Pada tanggal 27-29 April 1973 terjadi Siklon Tropis Flores yang mengakibatkan korban jiwa mencapai sekitar 1500 orang. Perhatikan Gambar B.
 - Siklon tersebut bergerak dari arah mana ke mana?
 - Apa mekanisme munculnya siklon tropis tersebut?

Kunci Jawaban Soal Pilihan Ganda (1-40)

No	Jawaban	Tingkat	Bobot	No	Jawaban	Tingkat	Bobot
1	c	Sulit	5	21	a	Mudah	1
2	b	Sulit	5	22	d	Mudah	1
3	b	Menengah	3	23	c	Menengah	3
4	b	Menengah	3	24	d	Menengah	3
5	c	Mudah	1	25	d	Menengah	3
6	a	Menengah	3	26	b	Menengah	3
7	e	Menengah	3	27	d	Sulit	5
8	b	Mudah	1	28	c	Sulit	5
9	b	Sulit	5	29	b	Sulit	5
10	d	Sulit	5	30	d	Sulit	5
11	a	Mudah	1	31	b	Mudah	1
12	d	Mudah	1	32	b	Mudah	1
13	b	Menengah	3	33	a	Menengah	3
14	c	Menengah	3	34	b	Menengah	3
15	c	Menengah	3	35	b	Menengah	3
16	c	Menengah	3	36	c	Menengah	3
17	e	Sulit	5	37	b	Sulit	5
18	d	Sulit	5	38	a	Sulit	5
19	b	Sulit	5	39	d	Sulit	5
20	c	Sulit	5	40	a	Sulit	5

Solusi Soal Esai

Soal 41

a. Data yang diambil dari Gambar 1 & 2 (peta):

- Titik A = +1000 mdpl, Titik B = +500 mdpl, jarak horizontal A–B ≈ 3 km.
- Titik C = +1000 mdpl, Titik D = +500 mdpl, jarak horizontal C–D ≈ 2 km.

Perhitungan kelerengan (m)

Rumus:

$$m = \frac{\Delta h}{\Delta x} \times 100\%$$

A–B (G. Lewotobi Laki-laki)

$$\begin{aligned}\Delta h_{AB} &= 1000 - 500 = 500 \text{ m} \\ \Delta x_{AB} &= 3 \text{ km} = 3000 \text{ m} \\ m_{AB} &= \frac{500}{3000} \times 100\% = 16,67\%\end{aligned}$$

C–D (G. Lewotobi Perempuan)

$$\begin{aligned}\Delta h_{CD} &= 1000 - 500 = 500 \text{ m} \\ \Delta x_{CD} &= 2 \text{ km} = 2000 \text{ m} \\ m_{CD} &= \frac{500}{2000} \times 100\% = 25\%\end{aligned}$$

Hasil:

- Kelerengan A–B = **16,7%**
- Kelerengan C–D = **25%**

b. Berdasarkan peta kelerengan (Gambar 2), warna merah menunjukkan kelerengan curam. Dari perhitungan dan peta, Lereng Lewotobi Perempuan (C–D) lebih curam karena nilai kelerengan lebih besar dan area merah lebih dominan.

c. Penjelasan singkat

- Lava bersifat viskos dan menyebar luas, cenderung membentuk lereng landai.
- Piroklastik bersifat lepas dan terakumulasi dekat kawah, membentuk lereng curam.
- Lewotobi Laki-laki didominasi lava (80%) → lereng landai.
- Lewotobi Perempuan didominasi piroklastik (65%) → lereng curam.

Soal 42

a. Daya turbin: $P = \frac{1}{2} \rho A v^3 C_p \eta$, dengan $A = \pi r^2$.

- Turbin A ($r = 4 \text{ m}$)
 - Siang ($v = 6 \text{ m/s}$): $P \approx 2,64 \text{ kW}$
 - Malam ($v = 4,5 \text{ m/s}$): $P \approx 1,11 \text{ kW}$
- Turbin B ($r = 6 \text{ m}$)
 - Siang: $P \approx 5,94 \text{ kW}$
 - Malam: $P \approx 2,50 \text{ kW}$

b. Energi harian (6 jam siang dan 6 jam malam) ($E = P \times t$):

- Turbin A: $(2.64 \times 6) + (1.11 \times 6) = 22.5 \text{ kWh}$
- Turbin B: $(5.94 \times 6) + (2.50 \times 6) = 50.64 \text{ kWh}$

c. Analisis:

- Turbin B lebih efektif karena rotor lebih besar (**area A lebih besar**). Daya sebanding dengan v^3 , sehingga angin siang berkontribusi lebih besar.
- Turbin B cocok untuk lokasi dengan kecepatan angin cukup tinggi.
- Dalam konteks potensi energi angin pesisir Flores, semakin besar rotor dan semakin tinggi kecepatan angin, semakin besar energi yang dapat dimanfaatkan.

Soal 43

a. Grafik kedalaman vs salinitas:

Titik: (32,0), (33,100), (30,200), (29,500), (29,1500), (29,2000).

b. Lapisan berdasarkan salinitas:

- Permukaan: 0–100 m, salinitas 32–33 ppt.
- Haloklin: 100–500 m, salinitas turun drastis 33→29 ppt.
- Dalam: >500 m, salinitas konstan 29 ppt.

c. Grafik kedalaman vs densitas:

Titik: (1025,0), (1027,200), (1028,500), (1029,1500), (1029,2000).

d. Lapisan berdasarkan densitas:

- Permukaan: 0–200 m, densitas 1025–1027 kg/m^3 .
- Piknoklin: 200–1500 m, densitas naik drastis 1027→1029 kg/m^3 .
- Dalam: >1500 m, densitas konstan 1029 kg/m^3 .

Soal 44

a. $E_k = \frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2} \times 8.0 \times 10^{12} \times (900 \times 10^3)^2 = 3.24 \times 10^{24} \text{ J}$. Bandingkan dengan $1.0 \times 10^{12} \text{ J}$ (konsumsi listrik nasional per jam): $\frac{3.24 \times 10^{24}}{1.0 \times 10^{12}} = 3.24 \times 10^{12}$. Kesimpulan: Energi CME $\approx 3,24 \times 10^{12}$ kali energi 1 jam konsumsi nasional (sangat jauh lebih besar).

b. $v_A = \frac{B}{\sqrt{\mu_0 \rho}} = \frac{2.0 \times 10^{-4}}{\sqrt{4\pi \times 10^{-7} \times 2.0 \times 10^{-12}}} \approx 1.26 \times 10^5 \text{ m/s} = 126 \text{ km/s}$. Kecepatan CME $900 \text{ km/s} > v_A$, jadi supersonik. Kesimpulan: CME bergerak jauh lebih cepat daripada kecepatan Alfvén lokal → CME bersifat super-Alfvénic (supersonik relatif terhadap v_A). Ini penting karena gangguan magnetik dan gelombang kejut MHD kemungkinan terbentuk saat CME berinteraksi dengan magnetosfer.

c. Hukum Wien: $\lambda_{\max} = \frac{b}{T} = \frac{2.898 \times 10^{-3}}{6000} = 4.83 \times 10^{-7} \text{ m} = 483 \text{ nm}$. Jadi puncak spektral fotosfer $\approx 483 \text{ nm}$ (biru-hijau, bagian cahaya tampak). Signifikansi: flare sering memancarkan kuat di daerah ini, dapat dideteksi untuk peringatan dini.

d. Dst –350 nT termasuk badai geomagnetik ekstrem. Dampak: gangguan serius jaringan listrik, risiko kerusakan transformer, blackout, gangguan satelit. Juga dapat meningkatkan risiko pada penerbangan polar (via kutub).

e. Kebijakan mitigasi:

1. Pasang transformer tahan GIC.
2. Kembangkan sistem peringatan dini cuaca antariksa.
3. Siapkan rencana darurat untuk mengurangi beban listrik saat badai.
4. Proteksi infrastruktur satelit, penerbangan dan pengawasan *real-time*.

Soal 45

a. Fenomena di A: subduksi lempeng Indo-Australia di bawah Eurasia, membentuk Palung Jawa (*Java Trench*). Lokasi A berada di sepanjang zona tumbukan/penunjaman (subduksi) antara Lempeng Indo-Australia dan Lempeng Eurasia.

b. Sumber daya di B: endapan hidrotermal (logam dasar, emas, panas bumi). Interaksi: air laut meresap melalui rekahan, dipanaskan magma, muncul membawa mineral. Atmosfer mempengaruhi sirkulasi air laut. Interaksi hidrosfer–atmosfer yang menghasilkan sumberdaya:

- Laut Hangat (SST tinggi) $\Rightarrow$ penguapan intens $\Rightarrow$ uap air naik dan terkondensasi.
- Pelepasan panas laten memperkuat konveksi $\Rightarrow$ membentuk sistem siklon.
- Siklon membawa curah hujan lebat ke daratan, berkontribusi pada sumberdaya air permukaan dan bawah tanah.\

c. Garis C adalah busur vulkanik (*volcanic arc*) akibat subduksi, magma naik membentuk deretan gunung api.

d. Sumber daya di D (Gunung Lewotobi): bahan galian (pasir, batu), tanah subur, panas bumi, pariwisata geologi.

e. Penjelasan

i. Siklon Tropis Flores bergerak dari timur laut ke barat daya.

ii. Mekanisme pembentukan siklon tropis:

- SST sangat hangat ($>26.5^{\circ}\text{C}$),
- udara lembap naik $\rightarrow$ kondensasi $\rightarrow$ pelepasan panas laten,
- terbentuk *low pressure*,
- angin berputar oleh efek Coriolis (di Belahan Selatan),
- *outflow* di puncak awan menjaga sistem tetap intensif..



MATEMATIKA

Kumpulan Soal OSN

OSN MATEMATIKA SMA/MA 2025

Hari Pertama
Rabu, 8 Oktober 2025
Waktu: 240 menit (4 jam)

*Kerjakan semua soal di lembar jawaban yang telah disediakan.
Tidak diperkenankan menggunakan kalkulator, busur derajat, dan penggaris segitiga.
Skor maksimal untuk masing-masing soal adalah tujuh.*

1. Untuk setiap bilangan bulat positif n , didefinisikan $f(n)$ sebagai banyaknya pasangan terurut bilangan bulat positif (x, y) dengan $x, y \leq n$ sehingga faktor persekutuan terbesar dari ketiga bilangan x , y , dan n sama dengan 1. Buktikan bahwa untuk setiap bilangan komposit n berlaku

$$f(n) \leq n^2 - n$$

dan tentukan semua bilangan bulat positif n sehingga kesamaan terjadi.

2. Diberikan segitiga lancip ABC dengan titik pusat lingkaran luar O . Titik D dan E terletak pada lingkaran luar segitiga ABC sehingga AD tegak lurus BC dan BE tegak lurus CA . Ruas garis CD memotong lingkaran berdiameter DO di titik P , sedangkan ruas garis CE memotong lingkaran berdiameter EO di titik Q . Buktikan bahwa $OP = OQ$.
3. Diberikan papan berukuran 2×25 . Label-label diberikan pada **sebagian** kotak berukuran 1×1 pada papan tersebut dengan ketentuan sebagai berikut:
 - (a) Label-label yang digunakan merupakan bilangan bulat positif berurutan dimulai dari 1.
 - (b) Setiap kotak maksimal diberi 1 label dan setiap label digunakan tepat satu kali.
 - (c) Kotak pada kolom pertama baris pertama diberi label 1 dan label terakhir diberikan pada kotak yang terletak pada kolom ke-25.
 - (d) Dua kotak yang memiliki label berurutan memiliki sisi persekutuan.
 - (e) Untuk setiap kotak berukuran 2×2 , terdapat kotak yang tidak berlabel.

Buktikan bahwa banyaknya pelabelan yang label terakhirnya berada pada baris pertama sama dengan banyaknya pelabelan yang label terakhirnya berada pada baris kedua.

4. Diberikan barisan bilangan real positif $(a_n)_{n \geq 1}$ dan $(b_n)_{n \geq 1}$ sehingga $a_1, b_1 < 5$ dan untuk setiap bilangan bulat positif n berlaku

$$a_{n+1} = \frac{b_n + \sqrt{a_n b_n}}{2} \quad \text{dan} \quad b_{n+1} = \sqrt{\frac{a_n(a_n + b_n)}{2}}.$$

Buktikan bahwa

$$|a_{20} - b_{20}| < \frac{1}{2025}.$$

OSN MATEMATIKA SMA/MA 2025

Hari Kedua

Kamis, 9 Oktober 2025

Waktu: 240 menit (4 jam)

Kerjakan semua soal di lembar jawaban yang telah disediakan.

Tidak diperkenankan menggunakan kalkulator, busur derajat, dan penggaris segitiga.

Skor maksimal untuk masing-masing soal adalah tujuh.

1. Diberikan himpunan bagian $A_1, A_2, A_3, \dots, A_n$ dari $X = \{1, 2, 3, \dots, 22\}$, masing-masing dengan 15 anggota. Diketahui untuk setiap $B \subseteq X$ dengan 10 anggota, terdapat $i, j \in \{1, 2, 3, \dots, n\}$ berbeda sedemikian sehingga $B \subseteq A_i \cap A_j$. Tunjukkan bahwa $n \geq 431$.
2. Misalkan $\mathbb{R}^+$ menyatakan himpunan semua bilangan real positif. Tentukan semua fungsi $f : \mathbb{R}^+ \rightarrow \mathbb{R}^+$ yang memenuhi

$$f(x + y) = \max\{f(x), y\} + \min\{f(y), x\}$$

untuk setiap $x, y \in \mathbb{R}^+$.

3. Suatu bilangan bulat positif n dikatakan *asri* jika terdapat bilangan bulat positif a dan b sehingga

$$n = ab + 20a + 25b.$$

- (a) Buktikan terdapat bilangan **tidak** *asri* yang lebih besar dari 20^{25} .
 - (b) Buktikan terdapat 26 bilangan *asri* berurutan.
4. Diberikan segitiga ABC dengan sisi BC lebih panjang dari sisi CA dan M adalah titik tengah sisi AB . Lingkaran dalam segitiga ABC menyinggung sisi-sisi BC , CA , AB berturut-turut di titik-titik D , E , F . Misalkan G adalah titik potong garis DE dan garis AB , O adalah titik pusat lingkaran luar segitiga FCG , dan garis OA memotong lingkaran luar segitiga FOG di titik H ($H \neq O$). Jika $\angle OCB = 90^\circ$, buktikan bahwa MH menyinggung lingkaran luar segitiga FOG .

2 Solusi

2.1 Problem 1 Hari 1

Misalkan $n \geq 2$ komposit, dan $P = \{p : p \text{ prima}, p \mid n\}$. Untuk setiap $p \in P$, definisikan

$$A_p = \{(x, y) \in \{1, 2, \dots, n\}^2 : p \mid x \text{ dan } p \mid y\}.$$

Syarat $\text{FPB}(x, y, n) = 1$ ekuivalen dengan "tidak ada" prima $p \mid n$ yang secara bersamaan membagi x dan y , yakni $(x, y) \notin \bigcup_{p \in P} A_p$. Dengan demikian,

$$f(n) = \#(\{1, \dots, n\}^2) - \#\left(\bigcup_{p \in P} A_p\right) = n^2 - \#\left(\bigcup_{p \in P} A_p\right).$$

Sekarang, ambil $p_{\min}$ faktor prima terkecil dari n . Karena $p_{\min} \mid n$, banyaknya bilangan dalam $\{1, \dots, n\}$ yang kelipatan $p_{\min}$ adalah $n/p_{\min}$, sehingga

$$\#A_{p_{\min}} = \left(\frac{n}{p_{\min}}\right)^2.$$

Karena $p_{\min} \leq \sqrt{n}$ untuk n komposit, maka

$$\#A_{p_{\min}} = \left(\frac{n}{p_{\min}}\right)^2 \geq n.$$

Selain itu, $\#\left(\bigcup_{p \in P} A_p\right) \geq \#A_{p_{\min}}$, maka

$$\#\left(\bigcup_{p \in P} A_p\right) \geq n.$$

Dari sini diperoleh

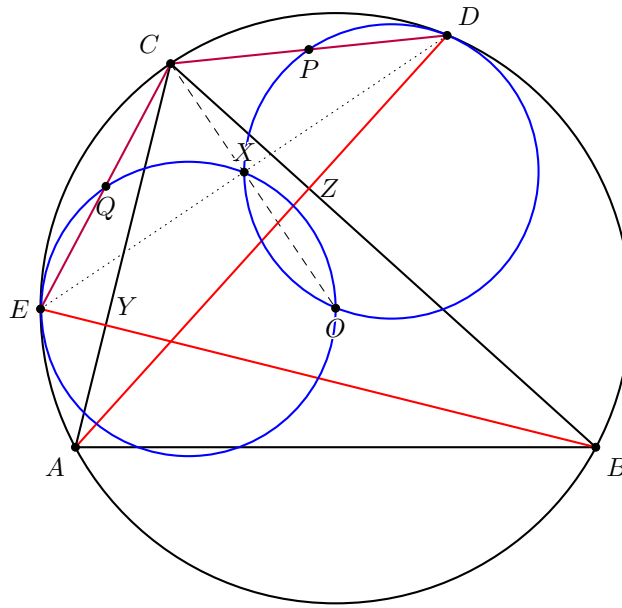
$$f(n) = n^2 - \#\left(\bigcup_{p \in P} A_p\right) \leq n^2 - n.$$

Agar kesamaan berlaku, haruslah $\#A_{p_{\min}} = n$, yaitu

$$\left(\frac{n}{p_{\min}}\right)^2 = n \iff n = p_{\min}^2.$$

Jadi kesamaan terjadi jika dan hanya jika $n = p^2$ untuk setiap bilangan prima p .

2.2 Problem 2 Hari 1



Solusi Versi 1. Perhatikan bahwa

$$\angle CED = \angle CAD \quad \text{dan} \quad \angle EBC = \angle EDC.$$

Selanjutnya, misalkan $AC \cap EB = Y$ dan $AD \cap BC = Z$. Diperoleh $AYZB$ merupakan segiempat tali busur, sehingga berlaku

$$\angle CAD = \angle YAZ = \angle YBZ = \angle EBC.$$

Dengan demikian,

$$\angle CED = \angle CAD = \angle EBC = \angle EDC,$$

sehingga $CE = CD$.

Misalkan $X \neq O$ perpotongan lingkaran luar segitiga DPO dan lingkaran luar segitiga EQO . Diperoleh

$$\angle OXE + \angle OXD = 90^\circ + 90^\circ = 180^\circ$$

sehingga D, X, E segaris.

Karena panjang $OE = OD$ dan $CE = CD$, maka $CDOE$ layang-layang sehingga $CO \perp DE$. Di lain pihak, $OX \perp DE$, sehingga dapat disimpulkan C, X, O kolinear.

Selanjutnya, berdasarkan teorema titik kuasa pada lingkaran luar segitiga EQO dan lingkaran luar segitiga DPO , diperoleh

$$CQ.CE = CX.CO = CP.CD \implies CQ = CP.$$

Di lain pihak, menurut aturan sinus pada segitiga CEO dan CDO , diperoleh

$$\frac{\sin \angle ECO}{EO} = \frac{\sin \angle EOC}{EC} = \frac{\sin \angle COD}{CD} = \frac{\sin \angle DCO}{DO}.$$

Karena $EO = DO$ dan $\angle ECO + \angle OCD < 180^\circ$, disimpulkan $\angle ECO = \angle OCD$.

Berdasarkan konsep sisi-sudut-sisi, diperoleh segitiga COQ dan COD kongruen (sama dan sebangun). Dengan demikian, $OQ = OP$. $\square$

Solusi Versi 2. Membuktikan $CE = CD$ sama seperti sebelumnya.

Selanjutnya, perhatikan bahwa $\angle EQO = \angle DPO = 90^\circ$ sebab EO dan OD diameter lingkaran. Akibatnya OQ dan OP berturut-turut garis sumbu CE dan CD . Diperoleh

$$CQ = \frac{CE}{2} = \frac{CD}{2} = CP.$$

Dengan memanfaatkan Teorema Pythagoras, diperoleh

$$OQ = \sqrt{OC^2 - CQ^2} = \sqrt{OC^2 - CP^2} = OP.$$

$\square$

Solusi Versi 3. Membuktikan $CE = CD$ sama seperti sebelumnya.

Perhatikan bahwa segitiga CEO dan CDO kongruen sebab ketiga sisi segitiga sama panjang. Akibatnya, tinggi segitiga CEO terhadap alas CE sama dengan tinggi segitiga CDO terhadap sisi CD . Di lain pihak, karena $\angle OQE = \angle OPD = 90^\circ$, maka OQ tinggi segitiga CEO terhadap alas CE dan OP tinggi segitiga CDO terhadap alas CD . Dengan demikian, $OP = OQ$. $\square$

2.3 Problem 3 Hari 1

Solusi Versi 1. Misalkan $m = \binom{22}{10}$ dan $B_1, B_2, \dots, B_m$ menyatakan semua himpunan bagian dari X dengan $|B_j| = 10$ untuk setiap $j = 1, 2, \dots, m$. Pasangan $(i, j) \in \{1, 2, \dots, n\} \times \{1, 2, \dots, m\}$ dikatakan *cantik* jika $B_j \subseteq A_i$. Akan ditinjau $P :=$ banyaknya pasangan cantik.

- Berdasarkan kondisi soal, untuk setiap j terdapat setidaknya 2 indeks $i \in \{1, 2, \dots, n\}$ berbeda sehingga (A_i, B_j) cantik. Dengan demikian, $P \geq 2m$.
- Untuk setiap $i \in \{1, 2, \dots, n\}$, maksimal ada sebanyak $\binom{15}{10}$ indeks $j \in \{1, 2, \dots, m\}$ sehingga (A_i, B_j) cantik. Dengan demikian, $P \leq n \binom{15}{10}$.

Berdasarkan dua observasi tersebut, diperoleh

$$n \binom{15}{10} \geq 2m = 2 \binom{22}{10} \implies n \geq \frac{2 \binom{22}{10}}{\binom{15}{10}} = \frac{1292}{2} = 430 \frac{2}{3}.$$

Karena n bulat, diperoleh $n \geq 431$. Terbukti H memiliki tidak kurang dari 431 anggota. $\square$

Solusi Versi 2. Diperhatikan bahwa himpunan bagian dari X yang memuat 10 anggota ada sebanyak $s = \binom{22}{10}$, sebutlah $B_1, B_2, \dots, B_s$. Setiap A_i memuat anggota himpunan bagian dengan 10 anggota sebanyak $\binom{15}{10}$.

Buat matriks $M = (m_{i,j})$ berukuran $n \times s$ dengan baris-baris bersesuaian dengan semua A_i dan kolom-kolom bersesuaian dengan semua himpunan bagian dengan 10 anggota, dengan $m_{i,j} = 1$ jika A_i memuat B_j dan $m_{i,j} = 0$ jika A_i tidak memuat B_j . Akibatnya jumlah bilangan pada setiap baris adalah $\binom{15}{10}$ dan jumlah bilangan pada setiap kolom paling sedikit 2. Diperoleh

$$n \binom{15}{10} \geq 2s,$$

sehingga

$$n \geq \frac{2 \binom{22}{10}}{\binom{15}{10}} = \frac{2 \cdot \frac{22!}{12!10!}}{\frac{15!}{10!5!}} = \frac{22!}{12!10!} \cdot \frac{10!5!}{15!} = \frac{1292}{3}.$$

Karena n bulat, diperoleh $n \geq 431$.

□

2.4 Problem 4 Hari 1

Bukti. Klaim utama soal ini adalah sebagai berikut:

Klaim. Untuk sembarang $n \geq 1$, berlaku

$$|a_{n+2} - b_{n+2}| \leq \frac{|a_n - b_n|}{2\sqrt{2}}.$$

Bukti. Kita bagi menjadi dua kasus:

Kasus 1: Jika $a_m > b_m$, maka

$$\begin{aligned} b_{m+1} - a_{m+1} &= \sqrt{\frac{a_m(a_m + b_m)}{2}} - \frac{b_m + \sqrt{a_m b_m}}{2} \\ &= \frac{1}{2} \sqrt{(a_m + a_m)(a_m + b_m)} - \frac{b_m + \sqrt{a_m b_m}}{2} \\ &\geq \frac{a_m + \sqrt{a_m b_m}}{2} - \frac{b_m + \sqrt{a_m b_m}}{2} && \text{Cauchy Schwarz} \\ &= \frac{a_m - b_m}{2} > 0. \end{aligned}$$

Akan dibuktikan bahwa

$$b_{m+1} - a_{m+1} \leq \frac{a_m - b_m}{\sqrt{2}}.$$

Misalkan $x = a_m/b_m$, maka $x > 1$ dan ketaksamaan di atas ekuivalen dengan

$$\sqrt{\frac{x(x+1)}{2}} - \frac{1+\sqrt{x}}{2} \leq \frac{x-1}{\sqrt{2}}$$

atau

$$\sqrt{x(x+1)} \leq (\sqrt{x} + 1) \left(\frac{1}{\sqrt{2}} + \sqrt{x} - 1 \right).$$

Misalkan $x = (b+1)^2$ untuk suatu $b > 0$, maka ini menjadi

$$(b+1)^2((b+1)^2 + 1) \leq (b+2)^2 \left(b + \frac{1}{\sqrt{2}} \right)^2$$

Untuk ini, kita cukup buktikan RHS - LHS merupakan polinom berkoefisien non-negatif dalam b . Ini cukup jelas sebab ketika $b > 0$,

$$(b+2)^2 \left(b + \frac{1}{\sqrt{2}} \right)^2 - (b+1)^2((b+1)^2 + 1) = \sqrt{2}b^3 + \underbrace{\left(4\sqrt{2} - \frac{5}{2} \right)}_{>0} b^2 + \underbrace{(4\sqrt{2} - 4)}_{>0} b > 0$$

Kasus 2: Jika $a_m < b_m$, maka

$$a_{m+1} - b_{m+1} > \frac{b_m + a_m}{2} - \sqrt{\frac{a_m(a_m + b_m)}{2}} > 0$$

dan

$$a_{m+1} - b_{m+1} \leq \frac{b_m + \sqrt{a_m b_m}}{2} - \frac{a_m + \sqrt{a_m b_m}}{2} = \frac{b_m - a_m}{2}$$

Untuk membuktikan klaim utama, tinjau bahwa $a_m - b_m, a_{m+1} - b_{m+1}, a_{m+2} - b_{m+2}$ selalu berganti tanda, dan menggunakan (a) dan (b), kita dapatkan

$$|a_{m+2} - b_{m+2}| \leq \frac{|a_m - b_m|}{2\sqrt{2}},$$

seperti yang diinginkan.

Sekarang kita buktikan ketaksamaan pada soal. Karena $0 < a_1, b_1 < 5$, maka $|a_1 - b_1| < 5$, sehingga $|a_2 - b_2| \leq \frac{|a_1 - b_1|}{\sqrt{2}} < \frac{5}{\sqrt{2}}$. Dengan menggunakan klaim di atas lagi,

$$|a_{20} - b_{20}| \leq \frac{|a_2 - b_2|}{(2\sqrt{2})^9} < \frac{5}{(\sqrt{2})(2\sqrt{2})^9} = \frac{5}{2^{14}} < \frac{1}{2^{11}} < \frac{1}{2025},$$

seperti yang diinginkan. □

2.5 Problem 1 Hari 2

Solusi: Tinjau kasus umum, papan berukuran $2 \times n$. Misalkan A_n menyatakan banyak pelabelan dengan label terakhir berada pada baris pertama dan B_n menyatakan banyak pelabelan dengan label terakhir berada pada baris kedua. Akan ditunjukkan bahwa $A_n = B_n$ jika dan hanya jika $n \equiv 1 \pmod{3}$.

Suatu kolom dikatakan *cantik* jika kedua kotaknya berlabel. Perhatikan bahwa setiap pelabelan berkorespondensi satu-satu dengan konfigurasi kolom-kolom cantik di mana tidak ada dua kolom cantik bersebelahan. Lebih lanjut,

- A_n sama dengan banyak konfigurasi sebanyak **genap** kolom cantik dari n kolom yang ada di mana tidak ada dua kolom cantik bersebelahan.
- B_n sama dengan banyak konfigurasi sebanyak **ganjil** kolom cantik dari n kolom yang ada di mana tidak ada dua kolom cantik bersebelahan.

Perhatikan bahwa

$$A_1 = 1, A_2 = 1, A_3 = 2 \quad \text{dan} \quad B_1 = 1, B_2 = 2, B_3 = 3$$

Sekarang, tinjau kasus $n \geq 4$. Klasifikasikan konfigurasi menjadi dua tipe, tipe I memuat $n - 1$ sebagai kolom cantik dan tipe II tidak memuat $n - 1$ sebagai kolom cantik.

- Pada konfigurasi tipe I, kolom $n - 2$ dan n bukan kolom cantik. Dengan demikian, banyaknya konfigurasi tipe I dengan label terakhir berada pada kolom ke- n baris pertama sama dengan B_{n-3} dan banyaknya konfigurasi tipe I dengan label terakhir berada pada kolom ke- n baris kedua sama dengan A_{n-3} .
- Pada konfigurasi tipe II, terdapat korespondensi satu-satu antara konfigurasi tipe II dengan label terakhir berada pada kolom ke- n baris pertama dengan konfigurasi tipe II dengan label terakhir berada pada kolom ke- n baris kedua (buat kolom ke- n dari tidak cantik menjadi cantik, atau sebaliknya). Akibatnya, banyak konfigurasi tipe II dengan label terakhir berada pada kolom ke- n baris pertama sama dengan banyak konfigurasi tipe II dengan label terakhir berada pada kolom ke- n baris kedua.

Berdasarkan observasi tersebut, diperoleh $A_n - B_n = B_{n-3} - A_{n-3}$. Dengan demikian, secara rekursif diperoleh

$$\begin{aligned} A_{3k} - B_{3k} &= (-1)^{k-1}(A_3 - B_3) = (-1)^k \\ A_{3k+1} - B_{3k+1} &= (-1)^k(A_1 - B_1) = 0 \\ A_{3k+2} - B_{3k+2} &= (-1)^k(A_2 - B_2) = (-1)^{k+1}. \end{aligned}$$

Dengan demikian, $A_n = B_n$ jika dan hanya jika $n \equiv 1 \pmod{3}$.

2.6 Problem 2 Hari 2

- Misalkan f suatu fungsi yang memenuhi persamaan (??). Dengan menukar x dan y pada (??) dan karena $f(x + y) = f(y + x)$, diperoleh

$$\max\{f(x), y\} + \min\{f(y), x\} = \max\{f(y), x\} + \min\{f(x), y\} \quad (1)$$

Substitusi $y = f(x)$ pada (1) memberikan

$$\begin{aligned} \max\{f(x), f(x)\} + \min\{f(f(x)), x\} &= \max\{f(f(x)), x\} + \min\{f(x), f(x)\} \\ \iff \min\{f(f(x)), x\} &= \max\{f(f(x)), x\} \end{aligned}$$

sehingga

$$f(f(x)) = x. \quad (2)$$

- Akan dibuktikan bahwa f injektif. Misalkan $f(a) = f(b)$ untuk suatu bilangan real a, b . Substitusikan $x = a$ dan $x = b$ pada (2) diperoleh

$$a = f(f(a)) = f(f(b)) = b,$$

sehingga f injektif.

- Substitusi y menjadi $f(y)$ pada (??) dan mengingat bahwa $f(f(y)) = y$ diperoleh

$$f(x + f(y)) = \max\{f(x), f(y)\} + \min\{y, x\}. \quad (3)$$

Dengan menukar x dan y pada persamaan (3), diperoleh

$$f(x + f(y)) = \max\{f(x), f(y)\} + \min\{x, y\} = f(y + f(x))$$

Karena f injektif, maka

$$x + f(y) = y + f(x). \quad (4)$$

Dengan mensubstitusi $y = 0$ pada (4) tersebut, diperoleh

$$f(x) = x + c \quad (5)$$

dengan $c = f(0)$.

- Substitusikan (5) ini ke (??) diperoleh

$$x + y + c = \max\{x + c, y\} + \min\{y + c, x\}. \quad (6)$$

Substitusi $x = c$ dan $y = 2c$ pada (6), diperoleh

$$4c = \max\{2c, 2c\} + \min\{3c, c\} \iff 2c = \min\{3c, c\}$$

yang berakibat $2c = 3c$ atau $2c = c$. Kedua kemungkinan ini memaksa $c = 0$. Jadi haruslah $f(x) = x$ untuk setiap bilangan real x .

- Kita cek bahwa ini memang memenuhi karena

$$x + y = \max\{x, y\} + \min\{x, y\}.$$

2.7 Problem 3 Hari 2

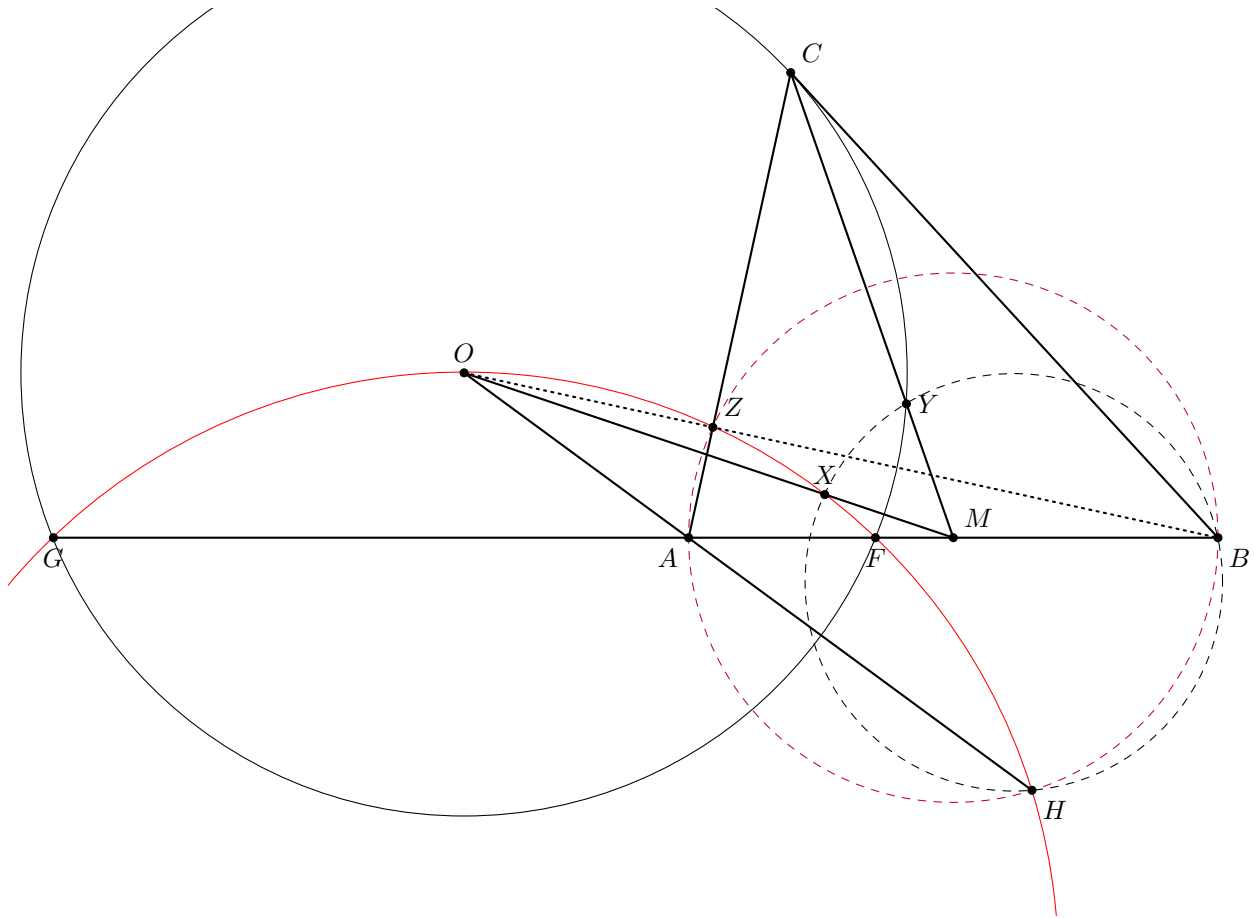
Misalkan n asri, dengan a dan b dua bilangan yang memenuhi soal. Perhatikan bahwa

$$n + 500 = (a + 25)(b + 20).$$

Jadi,

1. Pilih $n = p - 500$ dengan p bilangan prima lebih dari 20^{25} . Kita punya $n + 500$ prima yang tentu saja tidak asri karena semua bilangan asri pasti komposit.
2. Perhatikan bahwa jika $n + 500$ dapat dinyatakan sebagai perkalian dua bilangan asli yang lebih dari 25, maka n asri. Jadi, untuk mencari N yang memenuhi soal, cukup ambil $N = 50! + 25 - 500$. Ini dikarenakan untuk $k = 0, 1, \dots, 25$, $25 + k \mid N + 500 + k$. Dan juga, jelas $\frac{N + k}{25 + k} > 25$. Jadi, terbukti $N, N + 1, \dots, N + 25$ semuanya bersinar di kasus ini.

2.8 Problem 4 Hari 2



Bukti. Klaim utamanya adalah membuktikan H terletak di lingkaran berdiameter $\overline{AB}$. Misalkan Γ sebagai lingkaran berdiameter $\overline{AB}$. Perhatikan bahwa AD, BE, CF konkuren di Gergonne Point sehingga $(B, A; F, G) = -1$ yang berakibat $MF \cdot MG = MA^2$. Ini berarti (AFC) orthogonal dengan Γ .

Akan dibuktikan $OB \perp AC$ yang ekuivalen dengan membuktikan $OA^2 - OC^2 = BA^2 - BC^2$ (berlaku dua arah dengan pythagoras dan aturan cosinus). Ini ekuivalen pula dengan

$$BA^2 - BC^2 = BA^2 - BF \cdot BG, \quad OA^2 - OC^2 = -\text{Pow}_{\Omega}(A) = -AG \cdot AF.$$

Misalkan $AG = x, AF = y, FB = z$, maka $(B, A; F, G) = -1$ memberikan $\frac{z}{y} = \frac{x+y+z}{x}$ yang setara dengan

$$\frac{z}{y} = \frac{x+y+z}{x} = 1 + \frac{y+z}{x} \implies x = \frac{(y+z)y}{z-y}.$$

Ini berarti $-AG \cdot AF = -xy = -\frac{(y+z)y^2}{z-y}$ dan

$$\begin{aligned} BA^2 - BF \cdot BG &= (y+z)^2 - z(x+y+z) \\ &= (y+z)^2 - z\left(\frac{y+z}{z-y}y + (y+z)\right) \\ &= (y+z)^2 - z(y+z) \cdot \frac{z}{z-y} \\ &= \frac{(y+z)[(y+z)(z-y) - z^2]}{z-y} \\ &= -\frac{(y+z)y^2}{z-y} \\ &= -AG \cdot AF \end{aligned}$$

sehingga $OA^2 - OC^2 = BA^2 - BC^2$. Terbukti $OB \perp AC$ sehingga O, Z, B kolinear. Perhatikan bahwa $\angle OCB = \angle OZC = 90^\circ$ berakibat $OZ \cdot OB = OC^2$ (sifat well-known). Di sisi lain,

$$\begin{aligned} OA \cdot OH &= OA^2 + OA \cdot AH \\ &= \text{Pow}_{(ACF)}(A) + OC^2 + FA \cdot AG \\ &= -FA \cdot AG + OC^2 + FA \cdot AG \\ &= OC^2 \\ &= OZ \cdot OB. \end{aligned}$$

Ini berarti A, Z, B, H konsiklis pada lingkaran berdiameter $\overline{AB}$. Akibatnya, $MF \cdot MG = MA^2 = MH^2$ sehingga MH menyinggung (FGO) menurut *Power of a Point*. □

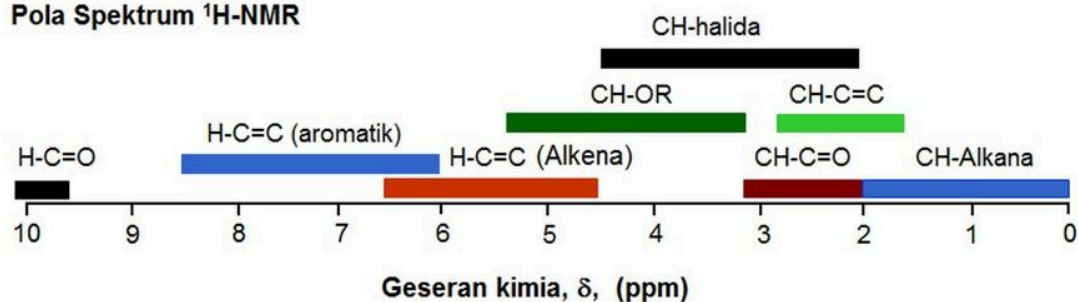


KIMIA

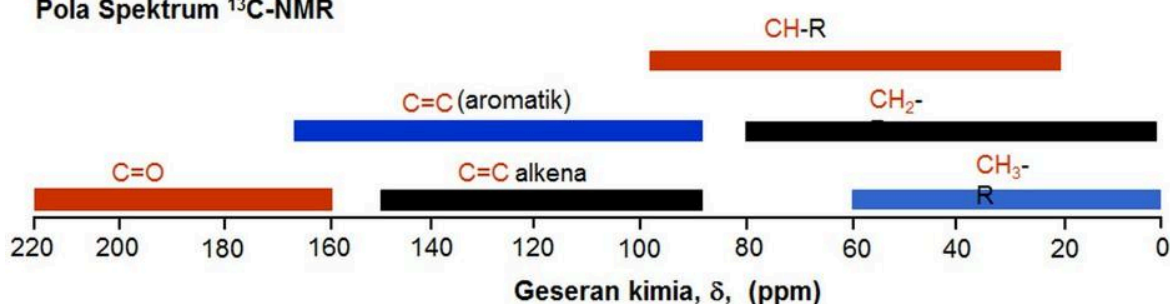
UJIAN TEORI

Pola geseran kimia dalam spektrum ^1H -NMR dan ^{13}C -NMR

Pola Spektrum ^1H -NMR



Pola Spektrum ^{13}C -NMR



Tabel Korelasi Spektrum IR

Bilangan Gelombang (cm ⁻¹)	Gugus Fungsi	Kemungkinan Golongan Senyawa
3700-3100	O-H N-H	Alkohol, aldehyd, asam karboksilat Amina, amida
3100-3000	$\equiv\text{C-H}$	Alkuna
3000-2800	$=\text{C-H}$	Aromatik dan alkena
2700-2400	C-H	Alifatik
	PO-H	Senyawa turunan fosfor
	S-H	Merkaptan atau tiol
	P-H	Fosfin
2400-2200	$\text{C}\equiv\text{N}$	Nitril
	$\text{N}=\text{N}=\text{N}$	Azida
	$\text{C}\equiv\text{C}$	Alkuna
1870-1650	C=O	Senyawa-senyawa turunan karbonil
1650-1550	C=C, C=N, N-H	Alifatik tak jenuh, aromatik, Heterosiklik tak jenuh, amina, amida, asam amino
1550-1300	NO_2	Senyawa nitro
1300-1000	CH_2 , CH_3	Alifatik
1000-800	C-O-C, C-OH	Eter, alkohol, gula
1000-650	S=O, P=O, C-F	Senyawa sulfur, fosfor dan fluor
	Si-O, P-O	Organosilikon dan senyawa fosfor
	$=\text{C-H}$	Alkena dan aromatik

Sistem Periodik Unsur

1 1 H 1.008																	18 2 He 4.003
3 Li 6.94	4 Be 9.01											13 5 B 10.81	14 6 C 12.01	15 7 N 14.01	16 8 O 16.00	17 9 F 19.00	10 Ne 20.18
11 Na 22.99	12 Mg 24.30	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13 Al 26.98	14 Si 28.09	15 P 30.97	16 S 32.06	17 Cl 35.45	18 Ar 39.95
19 K 39.10	20 Ca 40.08	21 Sc 44.96	22 Ti 47.87	23 V 50.94	24 Cr 52.00	25 Mn 54.94	26 Fe 55.85	27 Co 58.93	28 Ni 58.69	29 Cu 63.55	30 Zn 65.38	31 Ga 69.72	32 Ge 72.64	33 As 74.92	34 Se 78.96	35 Br 79.90	36 Kr 83.80
37 Rb 85.47	38 Sr 87.62	39 Y 88.91	40 Zr 91.22	41 Nb 92.91	42 Mo 95.96	43 Tc -	44 Ru 101.07	45 Rh 102.91	46 Pd 106.42	47 Ag 107.87	48 Cd 112.41	49 In 114.82	50 Sn 118.71	51 Sb 121.76	52 Te 127.60	53 I 126.90	54 Xe 131.29
55 Cs 132.91	56 Ba 137.33	57-71 -	72 Hf 178.49	73 Ta 180.95	74 W 183.84	75 Re 186.21	76 Os 190.23	77 Ir 192.22	78 Pt 195.08	79 Au 196.97	80 Hg 200.59	81 Tl 204.38	82 Pb 207.2	83 Bi 208.98	84 Po -	85 At -	86 Rn -
87 Fr -	88 Ra -	89-103 -	104 Rf -	105 Db -	106 Sg -	107 Bh -	108 Hs -	109 Mt -	110 Ds -	111 Rg -	112 Cn -	113 Nh -	114 Fl -	115 Mc -	116 Lv -	117 Ts -	118 Og -

57 La 138.91	58 Ce 140.12	59 Pr 140.91	60 Nd 144.24	61 Pm -	62 Sm 150.36	63 Eu 151.96	64 Gd 157.25	65 Tb 158.93	66 Dy 162.50	67 Ho 164.93	68 Er 167.26	69 Tm 168.93	70 Yb 173.05	71 Lu 174.97
89 Ac -	90 Th 232.04	91 Pa 231.04	92 U 238.03	93 Np -	94 Pu -	95 Am -	96 Cm -	97 Bk -	98 Cf -	99 Es -	100 Fm -	101 Md -	102 No -	103 Lr -

Tetapan dan Rumus

Bilangan Avogadro	$N_A = 6,022 \cdot 10^{23} \text{ partikel} \cdot \text{mol}^{-1}$
Tetapan gas universal, R	$R = 0,08205 \text{ L} \cdot \text{atm} / \text{mol} \cdot \text{K} = 8,3145 \text{ L} \cdot \text{kPa} / \text{mol} \cdot \text{K} = 8,314 \text{ J} / \text{mol} \cdot \text{K} = 1,987 \text{ kal} / \text{mol} \cdot \text{K} = 62,364 \text{ L} \cdot \text{torr} / \text{mol} \cdot \text{K}$
Tekanan gas	1 atm = 101,32 kPa = 760 mmHg = 760 torr = 101325 Pa = 1,01325 bar; 1 torr = 133,322 Pa; 1 bar = 105 Pa; 1 Pa = 1 N/m ² = 1 kg/(m.s ²)
Persamaan gas Ideal	$PV = nRT$
Tekanan osmosis pada larutan	$\pi = MRT$
Tetapan kesetimbangan air (K _w) pada 25°C	$K_w = 1,0 \times 10^{-14}$
Tetapan kesetimbangan dan tekanan parsial gas	$K_p = K_c(RT)^{\Delta n}$
Persamaan Clapeyron	$\frac{dP}{dT} = \frac{dS}{dV}$
Persamaan van't Hoff	$\ln \frac{K_2}{K_1} = \left(\frac{\Delta H_0}{R} \right) \left(\frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_2} \right)$
Hubungan Entalpi dan Energi Dalam	$H = E + PV$
Kerja maksimum, w	$w = nRT$
Energi Gibbs pada suhu tetap	$\Delta G = \Delta H - T \Delta S$
Isoterm reaksi kimia	$\Delta G = \Delta G^\circ + RT \ln Q$
Potensial sel dan energi Gibbs	$\Delta G^\circ = -nFE^\circ$
Tetapan Faraday	$F = 96500 \text{ C/mol elektron}$
Persamaan Nernst	$E_{\text{sel}} = E_{\text{sel}}^\circ - \left(\frac{RT}{nF} \right) \ln Q$
Muatan elektron	$1,6022 \times 10^{-19} \text{ C}$
Ampere (A) dan Coulomb (C)	$A = \text{C/det}$
Reaksi orde pertama: A → B	$\text{Laju} = \frac{d[A]}{dt} = k[A]; [A] = [A]_0 e^{-kt}$
Reaksi orde kedua: A → B	$\text{Laju} = \frac{d[A]}{dt} = k[A]^2; \frac{1}{[A]_t} = \frac{1}{[A]_0} + kt$
Persamaan Arrhenius	$k = A e^{-\frac{E_a}{RT}}$
Hukum Bragg	$n = 2d \sin \theta$

Soal 1 Sifat Koligatif Larutan Asam (28 poin)

Suatu asam lemah monoprotik, **HX** ($M = 46 \text{ g/mol}$), dilarutkan dalam air dengan molalitas awal larutan (m) sebesar $0,05 \text{ mol} \cdot \text{kg}^{-1}$. Bentuk terprotonasi dari asam lemah tersebut bersifat mudah menguap (volatil), sedangkan ion-ion hasil disosiasi bersifat nonvolatil. Larutan tersebut mendidih pada suhu $100,020^\circ\text{C}$ ($K_{\text{air}} = 0,512 \text{ K} \cdot \text{kg} \cdot \text{mol}^{-1}$). Ketika mencapai titik didihnya, tekanan uap **HX** di atas larutan adalah $0,90 \text{ kPa}$ (konstanta Henry, $k_H = 36,04 \text{ kPa} \cdot \text{L} \cdot \text{mol}^{-1}$). Diketahui densitas larutan adalah $1,01 \text{ g/mL}$.

- a. Berdasarkan faktor van't Hoff efektif, tentukan fenomena yang lebih dominan untuk larutan **HX** Pada titik didih: penguapan atau disosiasi asam? (2)
- b. Jika fraksi **HX** yang menguap dimisalkan sebagai β , tuliskan persamaan matematis yang menunjukkan hubungan antara molalitas (m) masing-masing spesi berikut dengan derajat disosiasi **HX** (α), β , dan molalitas awal (m_0):
 - i. Spesi **HX** (2)
 - ii. Spesi H^+ (2)
 - iii. Spesi X^- (2)
- c. Tentukan besarnya molalitas spesi **HX** (m_{HX}) yang tidak terdisosiasi dalam larutan. Uraikan perhitungan Anda tanpa mengabaikan massa zat terlarut. (6)
- d. Turunkan persamaan yang menghubungkan antara kenaikan titik didih (ΔT_b), molalitas awal (m_0), derajat disosiasi **HX** (α), dan β . (3)
- e. Tentukan masing-masing nilai β dan α . Berdasarkan nilai yang Anda peroleh, tentukan fenomena yang lebih dominan: penguapan atau disosiasi asam? (6)
- f. Tentukan nilai tetapan kesetimbangan disosiasi (K_a) **HX**. (5)

Soal 2 Radiasi Gamma pada Polimer Kristalin dan Amorf (27 poin)

ACS Partner Journal

POLYMER SCIENCE &
TECHNOLOGY

Open Access

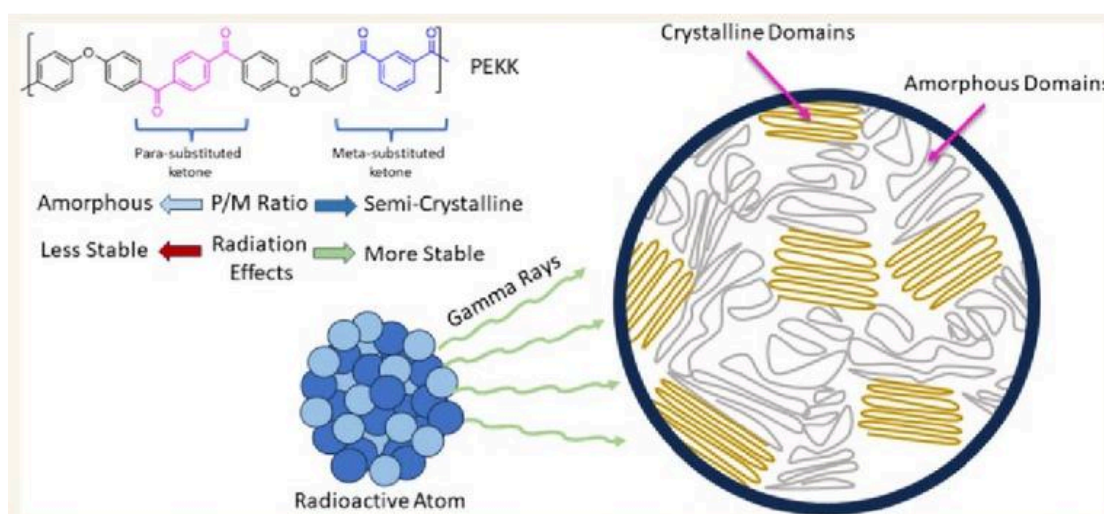
This article is licensed under [CC-BY-NC-ND 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/)

<https://pubs.acs.org/PolySciTech>

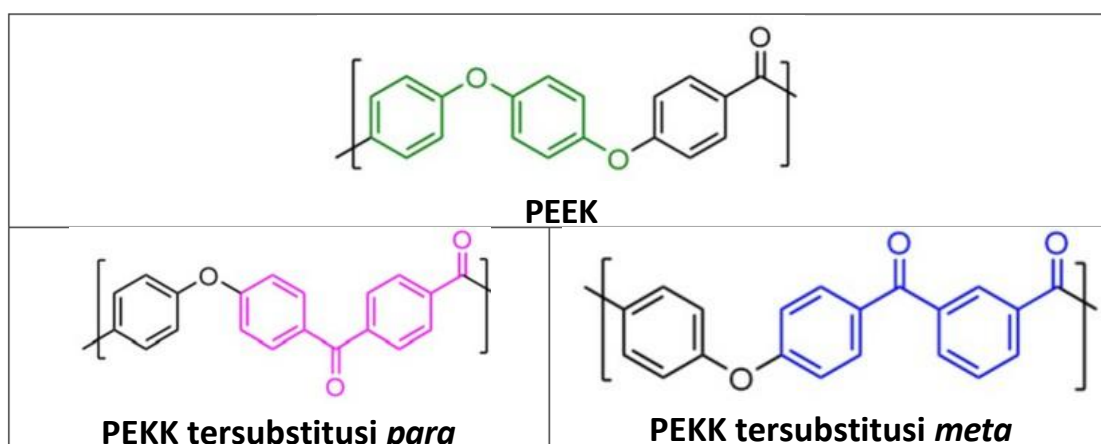
Article

Gamma Radiation Effects in Amorphous and Crystalline Polyaryletherketones

Samuel R. Swan*



Makalah berikut yang ditulis Samuel Swan peneliti dari New Mexico, AS, dan diterbitkan di *Polymer Science and Technology* pada September 2025 menyelidiki pengaruh radiasi gamma terhadap pemutusan rantai (*chain scission*) dan pembentukan ikatan silang (*crosslinking*) pada filamen termoplastik poliareterketon (PAEK), yaitu polietereterketon (PEEK) dan polieterketonketon (PEKK) yang bersifat semikristalin (PEKK-c) atau sangat amorf (PEKK-a). Terdapat tiga polimer poliareterketon (PAEK) yang diuji, yaitu PEEK, PEKK tersubstitusi para, PEKK tersubstitusi meta.



- a. Polimer PEEK dan PEKK termasuk dalam golongan polimer termoplastik. Jenis polimer lainnya adalah polimer termoset. Jelaskan secara singkat perbedaan keduanya. (4)
- b. Berikan analisis persamaan dan perbedaan spektra ^{13}C NMR untuk PEEK dan PEKK. (berdasarkan jumlah sinyal dan letak relatif geseran kimia sinyal puncak karbon). (5)
- c. Berikan analisis perbandingan spektra ^1H NMR untuk PEKK tersubstitusi *para* dan PEKK tersubstitusi *meta* (jumlah sinyal, dan multiplisitas sinyal puncak proton). (5)
- d. Pada tiap spektrum FTIR ketiga polimer tersebut, akan ada puncak gugus fungsi yang memberikan sinyal terkuat. Tuliskan gugus fungsi tersebut dan jelaskan mengapa dapat memberikan serapan infra merah yang kuat. (4)
- e. Spektrum serapan UV-sinar tampak PEKK diprediksi memiliki serapan maksimal di panjang gelombang yang lebih panjang dibanding PEEK. Jelaskan mengapa demikian berdasarkan struktur dan jenis transisi elektronik yang mungkin terjadi. (5)
- f. Hasil iradiasi gamma lebih memberikan efek signifikan pada **PEKK-a**. Berikan analisis Anda mengenai hal tersebut. (4)

Soal 3 Air dan Analisisnya (33 poin)

Air adalah sumber daya alam yang sangat penting bagi kehidupan makhluk hidup. Sebagian besar permukaan bumi terdiri atas lautan yang mengandung air dalam jumlah besar. Salah satu parameter kualitas air minum adalah tingkat keasaman. HCl, NaOH, H₃PO₄, H₂PO₄⁻, HPO₄²⁻

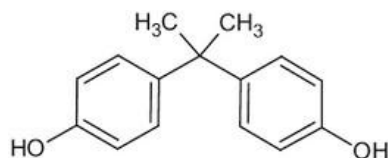
Untuk menentukan kandungan di sampel air, maka dilakukan titrasi menggunakan HCl 0,1024 M atau NaOH 0,1024 M dengan indikator fenolftalein dan metil jingga untuk memperoleh titik akhir titrasi. Volume sampel yang dititrasi adalah 25,00 mL. Berikut hasil yang diperoleh.

Sampel	Titran	Titik akhir fenolftalein (mL)	Titik akhir metil jingga (mL)
A	NaOH	19,29	9,64
B	HCl	21,56	21,58
C	NaOH	36,42	15,26
D	HCl	12,22	36,14

Diketahui rentang pH indikator fenolftalein dan metil jingga berturut-turut adalah 8,3-10 dan 3,1-4,4. Nilai pK_{a1}, pK_{a2} dan pK_{a3} untuk H₃PO₄ berturut-turut adalah 2,1 ; 7,2 ; dan 12. Semua pengukuran dilakukan pada temperatur ruang.

- Kelompokkan 6 spesi di atas berdasarkan sifat asam basanya. (6)
- Tentukan pasangan spesi di atas yang tidak bisa ditemukan bersama di dalam larutan (1 pasang = 2 spesi). (4)
- Tentukan jenis spesi dan konsentrasinya yang terkandung pada masing-masing sampel air di atas. (12)

Selain tingkat keasaman, kualitas air minum juga ditentukan oleh kontaminan lain seperti mikroplastik dan logam berat. Kontaminan seperti bisfenol-A (BPA) dapat ditemukan dalam air mineral kemasan. Di dalam laboratorium, sampel air yang hanya mengandung BPA diukur kadarnya menggunakan spektrofotometer UV. Kadar BPA dalam sampel air ditentukan dengan menggunakan metode penambahan standar. Sampel air sebanyak 50,0 mL diukur dan memberikan nilai absorbansi sebesar 0,252. Kemudian pada pengukuran selanjutnya, sampel air sebanyak 50,0 mL ditambahkan larutan standar BPA 50,0 ppm sebanyak 1,00 mL dan memberikan absorbansi sebesar 0,546. Perhatikan struktur BPA di bawah ini.

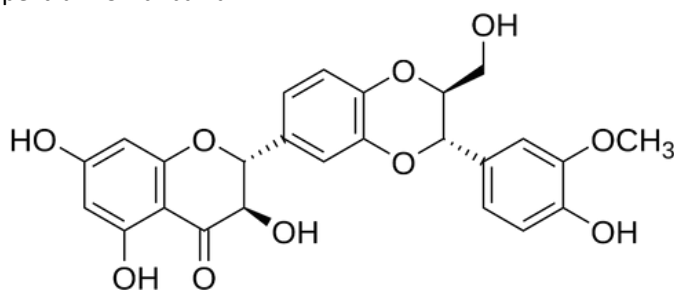


Gambar 1. Struktur BPA

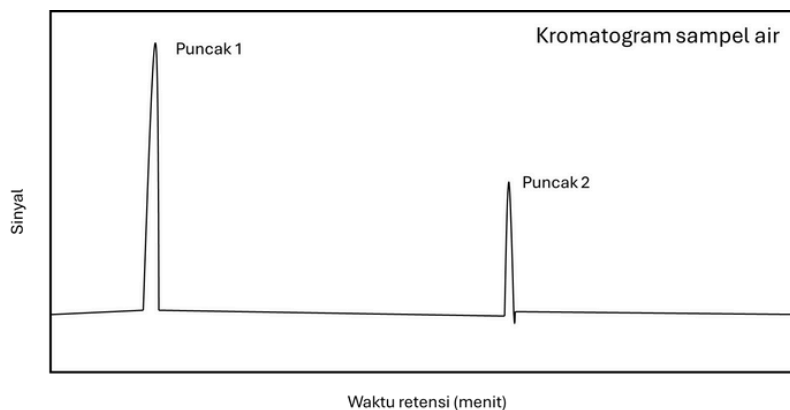
- Berikan satu alasan mengapa analisis BPA dalam sampel air tidak menggunakan metode titrasi? (2)
- Tentukan konsentrasi BPA (dalam ppm) untuk sampel air. (5)

Pada sampel nyata seperti air mineral kemasan, kadang dapat juga ditemukan BPA dan kontaminan lainnya. Salah satu cara penentuan kandungan BPA dan kontaminan lainnya seperti senyawa X adalah menggunakan kromatografi cair kinerja tinggi (KCKT). Kromatografi adalah cara pemisahan berdasarkan perbedaan afinitas analitik terhadap fasa gerak dan fasa diam. Suatu sampel air minum kemasan diuji menggunakan KCKT dengan detektor UV. Fasa gerak yang digunakan adalah campuran air:metanol (1:1) dan fasa diam (kolom) yang digunakan berbasis C-18 bersifat nonpolar. Perhatikan

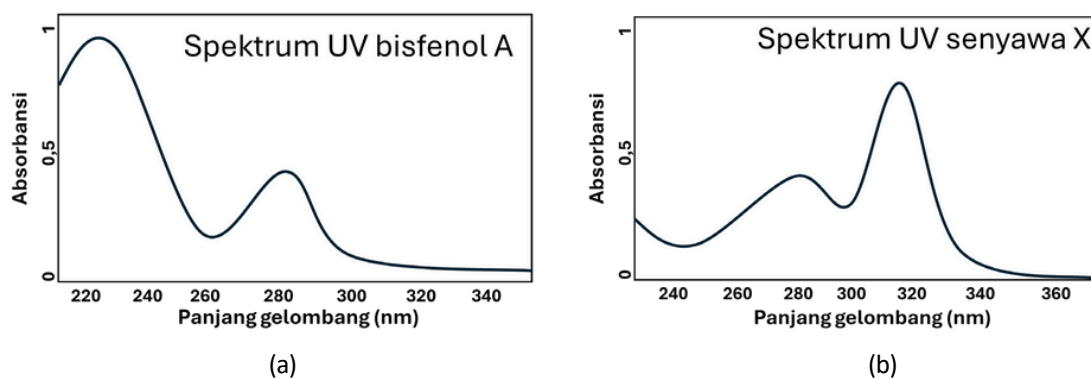
kromatogram dan spektrum UV di bawah ini.



Gambar 2. Struktur senyawa X



Gambar 3. Kromatogram sampel air minum



Gambar 4. (a) Spektrum UV bisfenol-A, (b) spektrum UV senyawa X

- f. Berdasarkan struktur, jenis fasa diam dan fasa gerak pada KCKT, puncak manakah yang merupakan puncak dari BPA? (2)
- g. Panjang gelombang berapakah yang digunakan pada pengukuran menggunakan KCKT untuk mendapatkan kromatogram seperti di atas? (2)

Soal 4 Alotrop Nitrogen (50 poin)

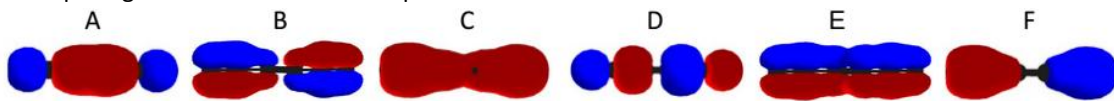
Nitrogen merupakan unsur yang dominan jumlahnya pada atmosfer Bumi, yaitu 80% dalam bentuk dinitrogen (N_2). Selama ini N_2 dikenal sebagai satu-satunya alotrop nitrogen yang stabil, hingga pada pertengahan tahun 2025 sekelompok peneliti dari Justus Liebig University Giessen, Jerman melaporkan sintesis alotrop nitrogen baru N_6 yang stabil hingga 77 K (Qian, *et al.*, *Nature* **642**, 356–360 (2025)). Senyawa tersebut memiliki bentuk rantai terbuka yang terdiri dari 2 isomer.

- Gambarkan struktur Lewis yang paling stabil untuk N_6 . (4)
- Tentukan muatan formal masing-masing atom N. (3)
- Gambarkan geometri masing-masing isomer. (4)
- Isomer manakah yang lebih stabil? Jelaskan jawaban Anda. (3)

Asumsikan elektron dalam N_6 berperilaku sebagai partikel dalam kotak 1 dimensi yang memiliki fungsi gelombang dan energi sebagai berikut:

Dengan n adalah bilangan kuantum, L adalah panjang molekul N_6 (Seumsikan linear dan panjang ikatan N–N seragam) = $6,24 \text{ \AA}$, h adalah tetapan Planck, dan m adalah massa elektron = $9,11 \times 10^{-31} \text{ kg}$. Hasil perhitungan DFT menunjukkan bahwa spektrum UV-Vis N_6 memiliki puncak serapan tertinggi pada panjang gelombang 186 nm.

- Jika diasumsikan puncak tersebut berasal dari transisi HOMO-LUMO, tentukan bilangan kuantum untuk masing-masing orbital tersebut. (4)
- Tentukan jumlah *node* dan posisinya untuk masing-masing tingkat energi.
- Hitung probabilitas elektron berada di antara 2 atom N tengah pada tingkat energi LUMO. Berikut adalah visualisasi beberapa orbital molekul N_6 hasil perhitungan menggunakan metode semiempiris AM1. Bola hitam pada gambar di bawah ini merupakan atom N.

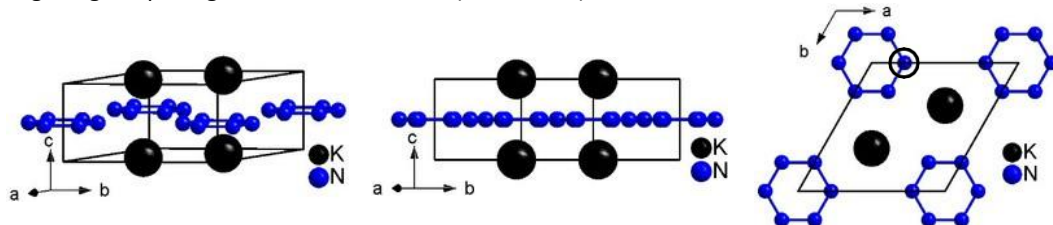


- Urutkan tingkat energi masing-masing orbital tersebut dari tingkat energi terendah ke tingkat energi tertinggi. Jelaskan jawaban Anda. (4)

Sebelum N_6 disintesis, beberapa alotrop nitrogentelah diusulkan, diantaranya adalah N_3 dan siklik N_6 . Hingga saat ini, hanya N_3 yang berhasil diidentifikasi secara eksperimen, sedangkan siklik N_6 tetap belum dapat disintesis. Namun demikian, senyawa yang mengandung anion siklik N_6^{2-} dan N_6^{4-} telah berhasil disintesis pada suhu dan tekanan tinggi.

- Berdasarkan struktur Lewis dan geometrinya, diantara siklik N , N_6^{2-} dan N_6^{4-} , tentukan spesi yang bersifat aromatik/anti-aromatik. Jelaskan jawaban Anda. (3)

Berikut adalah struktur dari salah satu senyawa kalium nitrida (K_xN_y) yang disintesis pada tekanan di atas 45 GPa. Senyawa tersebut memiliki struktur heksagonal dengan dimensi sel satuan: $a = b = 5,281 \text{ \AA}$; $c = 2,661 \text{ \AA}$; $\alpha = \beta = 90^\circ$; $\gamma = 120^\circ$ (Wang *et al.*, *Nat. Chem.* **14**, 794–800 (2022)). Koordinat atom nitrogen yang dilingkari pada gambar berikut adalah $(0, 0, 244, \frac{1}{2})$.



j. Hitung massa jenis $KxNy$.

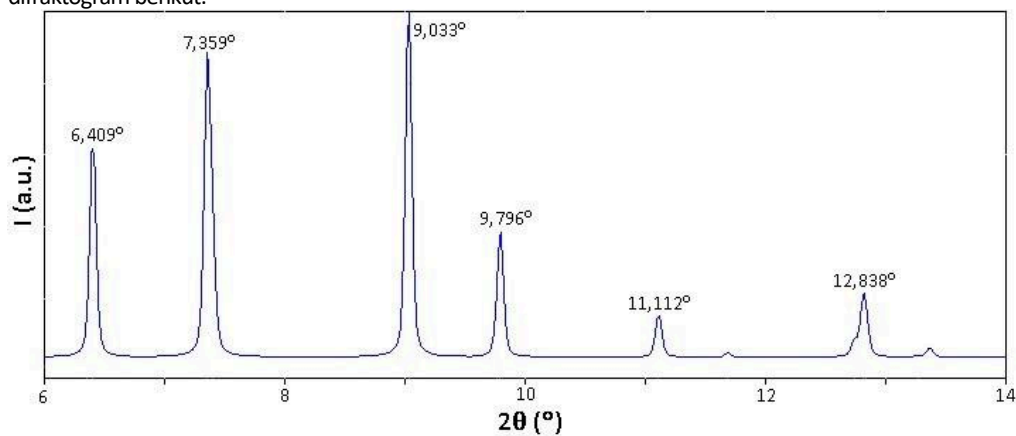
(5)

k. Hitung panjang ikatan N–N pada $KxNy$.

(4)

Hubungan antara panjang sel satuan heksagonal (a dan b) dengan d_{hkl} adalah sebagai berikut:

Pengukuran difraksi sinar-X terhadap senyawa tersebut menggunakan radiasi sinkrotron dengan $\lambda = 0,2952 \text{ \AA}$ menghasilkan difraktogram berikut.

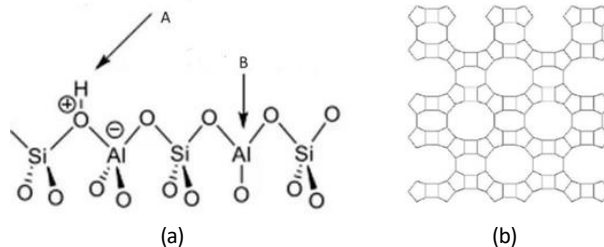


l. Tentukan indeks Miller (hkl) untuk 3 puncak tertinggi dari data di atas.

(6)

Soal 5 Senyawa Oksida Alam: Zeolit (32 poin)

Zeolit merupakan material anorganik mikropori berbasis aluminasilikat, yang terdiri dari kerangka ion silikat dan ion aluminat, yang terhubung oleh ion oksida. Jenis zeolit alam memiliki struktur dan perbandingan mol Si/Al yang beragam sebagai contoh zeolit mordenite memiliki struktur ortorombik dan perbandingan Si/Al 4,5-5,5. Gambar di bawah ini merupakan kerangka zeolit mordenite. Zeolit dapat digunakan sebagai katalis, adsorben, dan penukar ion.



Gambar 1. Ion silikat dan aluminat (a) pada kerangka zeolit mordenite (b)

- a. Zeolit digunakan sebagai katalis asam heterogen di industri petrokimia pada reaksi alkilasi karena memiliki dua posisi asam (*acid sites*), yang ditunjukkan pada posisi A dan posisi B (Gambar 1a).

Tentukan jenis asam untuk masing-masing posisi tersebut berdasarkan teori asam-basa. Beri penjelasannya. (5)

- b. Dua senyawa oksida yang umum digunakan dalam sintesis zeolit yaitu alumina dan silika, yang memiliki kereaktifan berbeda. Alumina dapat bereaksi dengan NaOH dan HCl, sedangkan silika hanya bereaksi dengan NaOH.

i. Tuliskan persamaan kimia untuk reaksi padatan alumina dengan larutan NaOH. (2)

ii. Tuliskan persamaan kimia untuk reaksi padatan silika dengan larutan NaOH. (2)

iii. Beri penjelasan mengapa silika tidak bereaksi dengan HCl. (3)

Kapasitas asam sampel zeolit dapat ditentukan dengan titrasi balik asam-basa. Pada suatu percobaan, sampel zeolit sebanyak 0,500 g direaksikan dengan 25 mL HCl 0,1 M selama 1 jam. Setelah zeolit dipisahkan, filtrat dimasukkan ke dalam labu takar 100 mL dan diencerkan dengan air sampai volume akhir 100 mL. Larutan tersebut dipipet sebanyak 25 mL dan dimasukkan ke dalam Erlenmeyer, yang kemudian dititrasi dengan larutan Na₂CO₃ 0,02 M. Titik akhir titrasi dicapai pada volume Na₂CO₃ sebanyak 12,5 mL.

c. Hitung kapasitas asam pada sampel zeolit tersebut (mmol/g). (4)

d. Hitung pH larutan pada titik akhir titrasi ($K_{a1} = 4,3 \times 10^{-7}$ dan $K_{a2} = 5,6 \times 10^{-11}$). (4)

e. Tentukan jenis indikator dan perubahan warna larutan yang terjadi. Berikut data rentang pH dan perubahan warna beberapa indikator. (2)

Indikator	Rentang pH	Perubahan warna
Fenolftalein	8,30–10,00	Tidak berwarna-merah muda
Bromothymol blue	6,00–7,60	Kuning-biru
Phenol red	6,80–8,00	Kuning-merah
Metil Jingga	3,20–4,40	Merah-Jingga

Penentuan jenis zeolit berdasarkan rasio Si/Al dilakukan dengan menggunakan alat X-ray fluoresensi (XRF, alat untuk analisis unsur). Tabel dibawah ini merupakan data XRF suatu sampel zeolit anhidrat.

Oksida	Kadar, % w/w
SiO ₂	65,0
Al ₂ O ₃	15,0
Na ₂ O	3,5
K ₂ O	2,5
CaO	4,0

*)catatan: 10 % w/w merupakan kadar H₂O

f. Tentukan rumus empiris sampel zeolit anhidrat. Diketahui rumus umum zeolit anhidrat sebagai berikut $[(Na_qK_rCa_s)Al_xSi_yO_z]$. (6)

g. Hitung rasio Si/Al pada sampel zeolit tersebut. (2)

h. Di antara lima senyawa oksida yang terdapat pada tabel di atas, manakah senyawa oksida yang mudah larut dalam air pada temperatur ruang. (2)

Soal 6 Peluruhan Uranium (28 poin)

Uranium dapat mengalami reaksi fisi menjadi fragmen-fragmen yang lebih kecil. Energi yang dihasilkan dari reaksi fisi tersebut juga dapat bervariasi, namun rata-rata sebesar $3,20 \times 10^{-11}$ Joule per atom

- Hitung energi yang dihasilkan dari reaksi fisi 1 gram
- Suatu deposit mineral diketahui mengandung 0,006% $^{235}\text{U}_{92}$ (persen massa) dan dipertimbangkan sebagai sumber energi yang potensial. Jika densitas deposit tersebut 2,5 g/cm³, berapa banyak energi yang dapat dihasilkan dari 1000 cm³ material tersebut? **(2)**

Di alam, uranium yang paling melimpah adalah ^{238}U dengan kelimpahan 99,28% sedangkan sisanya ^{235}U . Diketahui ^{238}U memiliki waktu paruh $4,5 \times 10^9$ tahun sedangkan ^{235}U waktu paruhnya $7,1 \times 10^8$ tahun.

- Diasumsikan bahwa ketika bumi baru terbentuk, kelimpahan ^{238}U dan ^{235}U adalah sama (50:50). Perkirakan usia bumi berdasarkan asumsi tersebut. **(4)**
- Salah satu produk peluruhan ^{238}U yang bersifat stabil adalah ^{206}Pb . Suatu sampel mineral uraninit (*pitchblende*) diketahui mengandung ^{238}U dan ^{206}Pb dengan rasio massa 4 : 1. Jika semua Pb yang ada dalam mineral berasal dari peluruhan ^{238}U serta asumsi tidak ada ^{206}Pb yang lepas karena pelapukan, perkirakan usia mineral uraninit tersebut. **(3)**

Kemungkinan terjadinya kekurangan pasokan ^{235}U telah mendorong pengembangan reaktor breeder (pembiakan) yang dapat menghasilkan bahan bakar lebih banyak. Reaktor tersebut dirancang tidak hanya untuk menghasilkan tenaga listrik, tetapi juga untuk memaksimalkan penangkapan neutron oleh ^{238}U . Bahan baku yang digunakan berupa isotop ^{238}U yang melimpah namun tidak dapat mengalami fisi. Di dalam reaktor, U yang tidak stabil. Selanjutnya, isotop ^{239}U mengalami peluruhan membentuk ^{239}Np dengan waktu paruh 23,4 menit dan dilanjutkan dengan peluruhan ^{239}Np membentuk ^{239}Pu dengan waktu paruh 2,35 hari. Isotop ^{239}Pu yang terbentuk kemudian dapat dimanfaatkan sebagai bahan bakar pada reaktor nuklir.

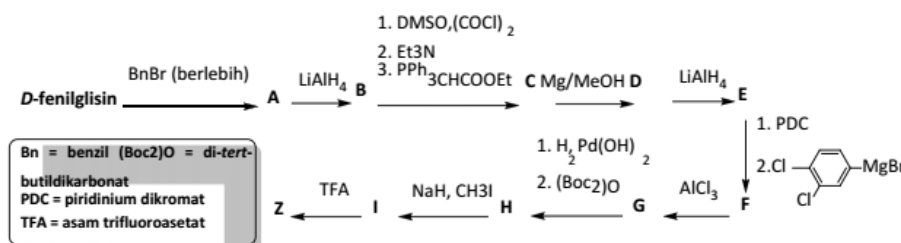
- Tuliskan persamaan-persamaan reaksi perubahan ^{238}U menjadi ^{239}Pu sesuai narasi di atas. **(1,5)**
- Tuliskan persamaan hukum laju diferensial (perubahan massa terhadap waktu) untuk ^{239}U (selanjutnya bisa ditulis singkat sebagai U), Np dan Pu. **(1,5)**

Hubungan perubahan massa Np terhadap waktu dinyatakan dalam persamaan berikut. dimana [Np] adalah massa Np pada waktu tertentu, $[U]_0$ adalah massa ^{238}U di awal, k_1 adalah konstanta laju peluruhan tahap pertama, dan k_2 merupakan konstanta laju peluruhan tahap kedua.

- Berikan uraian penurunan persamaan di atas dengan persamaan hukum laju diferensial. **(6)**
- Jika reaksi dimulai dari 100 g ^{238}U , tentukan massa ^{239}U , ^{239}Np , dan ^{239}Pu saat reaksi berlangsung selama 20 jam. **(3)**
- Hitung waktu dimana terbentuk ^{239}Np yang maksimum. **(3)**
- Buatlah sketsa grafik perubahan massa U, Np dan Pu terhadap waktu. **(2)**

Soal 7 Sintesis Senyawa Aktif *Selective Serotonin Reuptake Inhibitor* (SSRI) (80 poin)

Suatu senyawa obat **Z** yang aktif sebagai *Selective Serotonin Reuptake Inhibitor* (SSRI) telah disintesis dalam skala industri farmasi. Senyawa ini bersifat optis aktif sehingga memerlukan strategi asimetrik menggunakan bahan baku yang murni optis aktif (kolam khiral). Salah satu strategi sintesis senyawa **Z** adalah menggunakan bahan baku turunan asam amino *D*-2-fenilglisin ($C_8H_9NO_2$) berdasarkan skema reaksi berikut (Chandrasekhar dan Reddy (2000), *Tetrahedron* **56**, 1111-1114).



Beberapa data senyawa-senyawa dalam skema reaksi di atas adalah sebagai berikut:

Senyawa A: C (79,73%); H (6,39%); N (4,23%); O (9,65%). EI MS: m/z 331,16.

Senyawa B: C (83,40%); H (7,25%); N (4,50%). EI MS: m/z 299. IR (*neat*): 3500, 3030, 1600, 1350 cm^{-1} ; 1H NMR δ ppm (200 MHz, $CDCl_3$): 7,45–7,25 (15H, *m*), 4,15 (1H, *t*, $J = 10,6$ Hz), 3,95 (2H, *d*, sistem AB, $J = 13,8$ Hz), 3,60 (2H, *dd*, $J = 4,2, 10,6$ Hz), 3,15 (2H, *d*, sistem AB, $J = 13,8$ Hz).

Senyawa C: C (81,01%); H (7,06%); N (3,63%). EI MS: m/z 294 [M–91], 131, 91. IR (*neat*): 3030, 1700, $^{-16}$; 1H NMR δ ppm (200 MHz, $CDCl_3$): 7,45–7,20 (16H, *m*), 6,00 (1H, *d*, $J = 16,2$ Hz), 4,45 (1H, *d*, $J = 8,5$ Hz), 4,25 (2H, *q*, $J = 7,5$ Hz), 3,62 (4H, *s*), 1,38 (3H, *t*, $J = 7,5$ Hz, CH_3CH_2).

Senyawa D: C (80,52%); H (7,40%); N (3,92%). EI MS: m/z 373 [M]. IR (*neat*): 2990, 1740, 1600, 1350 cm^{-1} .

1H NMR δ ppm (200 MHz, $CDCl_3$): 7,45–7,15 (15H, *m*), 3,85 (2H, *d*, sistem AB, $J = 13,8$ Hz), 3,70 (1H, *t*, $J = 7,5$ Hz), 3,62 (3H, *s*), 3,12 (2H, *d*, sistem AB, $J = 13,8$ Hz), 2,45–2,30 (2H, *m*), 2,15–2,00 (2H, *m*).

Senyawa E: C (83,53%); H (7,90%); N (4,07%). HRMS (FAB): 346,2126. IR (*neat*): 3500, 3030, 2990, $^{-16}$. m (200 MHz, $CDCl_3$): 7,40 (15H, *m*), 3,80 (2H, *d*, sistem AB, $J = 13,8$ Hz), 3,70 (1H, *t*, $J = 5,9$ Hz), 3,55 (2H, *t*, $J = 5,9$ Hz), 3,15 (2H, *d*, sistem AB, $J = 13,8$ Hz), 1,95–1,50 (4H, *m*).

Senyawa F: C (73,50%); H (5,89%); N (2,85%); Cl (14,50%). HRMS (FAB): 490,1704. IR (*neat*): 3400, 2990, 1600, 1350, 825 cm^{-1} . 1H NMR δ ppm (200 MHz, $CDCl_3$): 7,40–6,95 (18H, *m*), 4,50 (1H, *m*), 3,75

Senyawa G: C (76,40%); H (5,65%); N (2,85%); Cl (15,05%). HRMS (FAB): 472,1412. IR: 2990, 1600, (2H, *dd*, sistem AB, $J = 6,5, 13,7$ Hz), 3,65 (1H, *m*), 3,05 (2H, *dd*, sistem AB, $J = 6,5, 13,7$ Hz), 1,90–1,50 (4H, *m*).

1350 cm^{-1} . 1H NMR δ ppm (200 MHz, $CDCl_3$): 7,40–7,00 (15H, *m*), 6,85 (1H, *dd*, $J = 8, 2$ Hz), 6,70 (1H, *d*, $J = 8$ Hz), 4,45–4,00 (2H, *m*), 3,80 (2H, *d*, sistem AB, $J = 13,7$ Hz), 3,45 (2H, *d*, sistem AB, $J = 13,7$ Hz), 2,25–2,15 (2H, *m*), 1,90–1,60 (2H, *m*).

Senyawa H: C (64,35%); H (6,00%); N (3,50%); Cl (18,10%). EI MS: m/z 334. IR (KBr): 3300, 1697, 1350, 1160 cm^{-1} . 1H NMR δ ppm (200 MHz, $CDCl_3$): 7,40–7,10 (5H, *m*), 6,90 (1H, *dd*, $J = 8; 2$ Hz), 6,80 (1H, *d*, $J = 6,8$ Hz), 4,90 (1H, *bs*), 4,80 (1H, *t* terdistorsi, $J = 2,5$ Hz), 4,10 (1H, *br t*, $J = 6,8$ Hz), 2,25–2,10 (2H, *m*), 2,00–1,80 (2H, *m*), 1,50 (9H, *s*).

Senyawa I: C (65,05%); H (6,30%); N (3,40%); Cl (17,60%). FAB MS: m/z 348. IR (*neat*): 1693, 1600, (200 MHz, $CDCl_3$): 7,40–7,05 (5H, *m*), 6,90 (1H, *br d*, $J = 8$ Hz), 6,80 (1H, *d*, $J = 7$ Hz), 5,40 (1H, *br t*, $J = 4,8$ Hz), 4,15 (1H, *t* terdistorsi), 2,65 (3H, *s*), 2,40–2,20 (2H, *m*), 2,05–1,90 (2H, *m*), 1,50 (9H, *s*).

Senyawa Z: C (66,68%); H (5,60%); Cl (23,15%); N (4,57%). ESI MS m/z : 306,23. 1H NMR δ ppm (500,1 MHz, C_6D_6): 7,18 (1H, *br d*, $J = 7,6$ Hz), 7,15 (1H, *d*), 7,04 (1H, *m*), 6,99 (1H, *d*, $J = 8,3$ Hz), 6,96 (1H, *m*), 6,67 (1H, *d*, $J = 7,6$ Hz), 6,59 (1H, *dd*, $J = 8,3, 2,4$ Hz), 3,56 (1H, *dd*, $J = 9,5, 6,0$ Hz), 3,43 (1H, *t*, $J = 4,4$ Hz), 2,26 (3H, *s*), 1,99 (1H, *m*), 1,70 (1H, *m*), 1,61 (1H, *m*), 1,45 (1H, *m*). ^{13}C NMR δ ppm (125,8 MHz, C_6D_6): 148,2, 140,1, 139,0, 132,6, 131,1, 130,6, 130,4, 130,0, 129,5, 128,5, 127,4, 126,7, 57,7, 45,5, 34,3, 28,4, 26,0.

Berdasarkan informasi yang diberikan, jawablah pertanyaan-pertanyaan berikut:

a. Gambarkan skema sintesis senyawa fenilglisin dari turunan aldehid dan jelaskan apakah produk yang dihasilkan murni *D*-2-fenilglisin. (5)

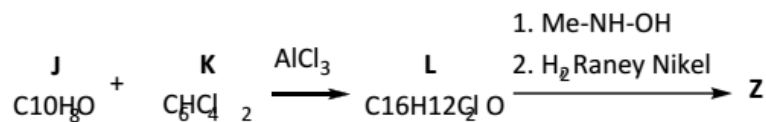
b. Gambarkan struktur senyawa *D*-2-fenilglisin beserta stereokimianya yang tepat (gunakan proyeksi

Fisher). (3)

c. Gambarkan mekanisme reaksi pembentukan senyawa **A – C**. (10)

d. Uraikan penentuan struktur senyawa **A – I**, dan **Z** berdasarkan data spektroskopi yang tersedia, kemudian gambarkan struktur semua senyawa tersebut. (50)

Peneliti lain menyarankan sintesis senyawa **Z** dengan jalur yang berbeda (Vukics, dkk. (2002), *Organic Process Research & Development* **6**(1), 82–85). Reagen awalnya adalah 1-naftol (naftalen-1-ol, **J**) dan 1,2-diklorobenzena yang direaksikan dalam alumunium klorida anhidrat menghasilkan senyawa **J** ($C_{16}H_{12}Cl_2O$) yang merupakan za tantara utama menjadi senyawa **Z** sesuai skema reaksi berikut.



e. Gambarkan struktur produk **J – L**. (6)

f. Jelaskan fungsi alumunium klorida anhidrat dalam reaksi ini dan tuliskan jenis reaksi yang terjadi antara senyawa **J** dan **K**. (3)

g. Jelaskan kelebihan dan kekurangan jalur sintesis yang dilakukan oleh Vukics, dkk. dibandingkan dengan sintesis asimetrik oleh Chandrasekhar dan Reddy. (3)

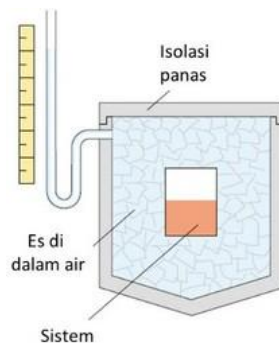
Soal 8 Kalorimeter Es (24 poin)

Dalam kimia, kalorimeter digunakan untuk mengukur perubahan energi yang menyertai suatu reaksi. Dengan memahami hubungan antara kalor, entalpi, entropi, dan energi bebas Gibbs, kita dapat memprediksi arah serta spontanitas suatu reaksi. Sebuah kalorimeter berisi 50 gram air diberi kalor sebesar 3,358 kJ. Suhu awal air dan kalorimeter adalah 22,34°C, dan setelah pemanasan suhu meningkat menjadi 36,74°C. Selanjutnya, air dalam kalorimeter diganti dengan 50 mL larutan CuSO₄ 0,4 M pada suhu tertentu, kemudian dicampurkan dengan 50 mL larutan NaOH 0,6 M. Setelah reaksi berlangsung, suhu campuran tercatat sebesar 25,23 °C. Diketahui massa jenis larutan akhir adalah 1,02 g/mL dan kalor jenis larutan dianggap sama dengan kalor jenis air murni. Berikut adalah data-data yang diperlukan:

- Kalor jenis air murni : 4,184 J/g°C.
- Massa jenis H₂O(l) pada 0°C : 0,99987 g/mL
- Massa jenis es : 0,917 g/mL.
- Kalor lebur es pada suhu 0°C : 334 J/g.
- S°[CuSO₄(aq)] = 157 J/mol.K ; S°[NaOH(aq)] = 56 J/mol.K ; S°[Cu(OH)₂(s)] = 120 J/mol.K;
- S°[Na₂SO₄(aq)] = 160 J/mol.K.

- a. Hitunglah kapasitas kalor kalorimeter dalam J/°C. (2)
- b. Hitung jumlah kalor yang dilepaskan pada reaksi tersebut. (2)

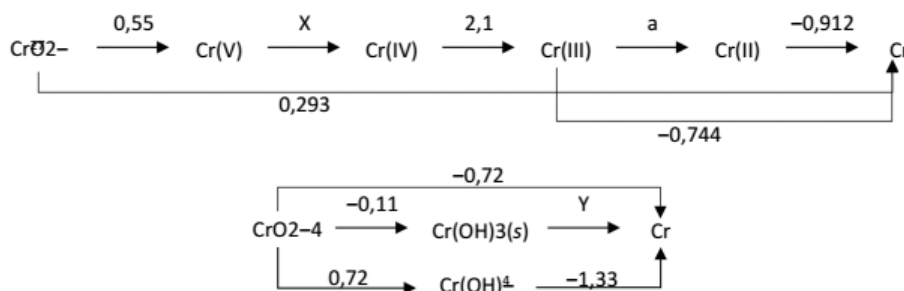
Kemudian, percobaan yang sama dilakukan dengan menggunakan kalorimeter es (lihat gambar), yaitu kalorimeter yang bekerja pada suhu konstan 0 °C. Pada kalorimeter es, kalor yang dilepas sistem digunakan untuk mencairkan sebagian es. Karena massa jenis air cair lebih besar daripada massa jenis es, maka pencairan es akan menyebabkan penurunan volume total campuran es dan air, yang dapat diukur dengan skala khusus pada kalorimeter. Selama masih ada es di dalam penangas, suhu sistem tetap 0 °C.



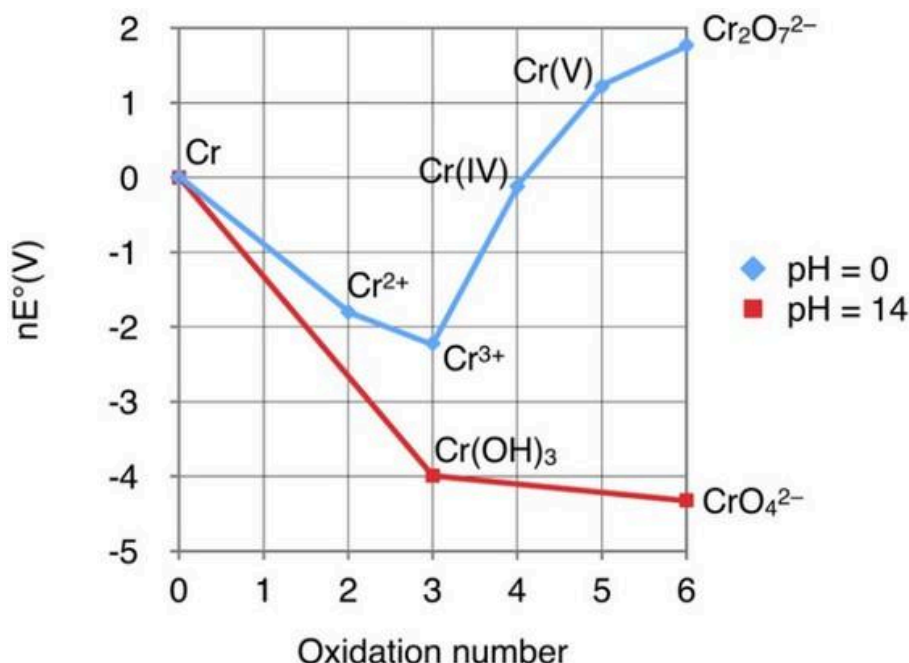
- c. Hitung perubahan volume campuran es dan air yang akan diamati pada kalorimeter es tersebut. Diasumsikan tidak ada gas yang terlibat dalam reaksi, sehingga perubahan volume campuran reaksi dapat diabaikan. (3)
- d. Hitung perubahan entropi standar reaksi, ΔS° (per mol CuSO₄). (2)
- e. Hitung perubahan energi bebas Gibbs standar, ΔG° pada suhu 0°C. (3)
- f. Hitung perubahan entropi alam semesta pada reaksi tersebut. (3)
- g. Tentukan suhu maksimum (dalam °C) agar reaksi masih berlangsung spontan secara termodinamika. (2)
- h. Jika diasumsikan seluruh kalorimeter dan isinya adalah sistem, tentukan nilai ΔU , ΔS , dan ΔG (negatif/positif/nol). (2)
- i. Hitung titik lebur es ketika tekanan dinaikkan hingga 10 MPa. (4)

Soal 9 Elektrokimia Kromium (30 poin)

Kromium unsur pertama dalam Golongan 6 merupakan logam berwarna abu-abu dan berkilau. Nama unsur ini berasal dari kata Yunani *chrōma* yang berarti warna, karena banyak senyawanya yang memiliki warna sangat mencolok. Unsur ini ditemukan oleh **Louis Nicolas Vauquelin** dalam mineral **krokoit** (timbal kromat). Diagram yang menunjukkan nilai potensial standar yang menghubungkan spesi suatu unsur dalam berbagai bilangan oksidasi disebut **diagram Latimer**. Dalam diagram ini, bentuk unsur yang paling teroksidasi ditampilkan di bagian paling kiri, dan pada spesi berikutnya bilangan oksidasi unsur tersebut menurun secara bertahap dari kiri ke kanan. Nilai potensial reduksi standar E° (volt) dituliskan di atas garis yang menghubungkan spesi berturut-turut. **Diagram Latimer untuk kromium** untuk suasana asam $\text{pH} = 0$ (1) dan basa $\text{pH} = 14$ (2) ditunjukkan di bawah ini.



- Tentukan nilai X dan Y pada diagram Latimer di atas. (3)
 - Apakah Cr(IV) dapat terdisproporsionasi menjadi Cr(III) dan Cr(VI) , jelaskan dengan perhitungan yang sesuai. (3)
 - Hitung perubahan potensial sel $\text{CrO}_4^{2-} / \text{Cr(OH)}_3(s)$ jika pH sistem diubah dari 14 menjadi 12. Asumsikan konsentrasi ion CrO_4^{2-} tidak berubah. (3)
- Diagram Frost untuk spesi kromium dalam kondisi **asam** dan **basa** diberikan di bawah ini.

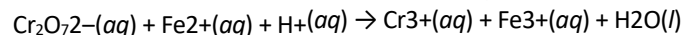
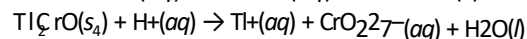
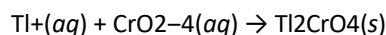


d. Dari diagram Frost di atas, jawablah pertanyaan berikut:

- Kemiringan garis yang menghubungkan dua titik berurutan merupakan dari pasangan redoks yang bersesuaian. **(1)**
 - Bilangan oksidasi yang paling stabil dari spesi kromium dalam kondisi asam adalah dan dalam kondisi basa adalah **(1)**
 - Dalam kondisi basa spesi yang bisa mengalami disproporsionasi adalah **(1)**
 - Dalam kondisi asam agen pengoksidasi yang paling lemah adalah **(1)**
- e. Sebanyak 100 mL larutan 0,1 M kalium dikromat dititrasi dengan larutan Fe(II) 0,1 M. Hitung potensial sistem ketika 100 mL larutan Fe(II) 0,1 M telah ditambahkan. ($pH = 0$, $E^0(Fe^{3+}/Fe^{2+}) = 0,77 V$; $E^0(Cr_2O_7^{2-}/Cr^{3+}) = 1,33 V$) **(3)**

Pada proses electroplating, kromium dilapiskan secara elektrolisis pada permukaan logam. Kromium trioksida (CrO_3) biasanya digunakan sebagai sumber kromium. Pada suatu percobaan sebuah sel elektrolisis diisi dengan 150 L larutan yang mengandung kromium trioksida sebagai asam kromat H_2CrO_4 . Elektrolisis dilakukan selama 8 jam dengan arus 2000 A. Lapisan yang terbentuk di katoda sebanyak 350 g setelah proses elektrolisis. Pada katoda, selain pengendapan kromium, terjadi reaksi lain yang melibatkan pembentukan gas, sehingga efisiensi pengendapan kromium pada elektroda kurang dari 100%.

- Tuliskan persamaan setengah reaksi yang setara untuk pengendapan kromium di katoda dan hitung persentase efisiensi untuk pengendapan logam kromium. **(4)**
- Tuliskan persamaan reaksi setengah sel yang setara untuk pembentukan gas masing-masing di katoda dan anoda. Tentukan volume masing-masing gas tersebut pada $T = 298 K$ dan $p = 1,013 \times 10^5 N/m$ **(3)**
- Ke dalam 25,0 mL sampel yang mengandung ion Ti^{4+} ditambahkan K_2CrO_4 . Dari reaksi tersebut diperoleh endapan Ti_2CrO_4 kemudian disaring, dicuci dan dilarutkan dengan H_2SO_4 . Kemudian $Cr_2O_7^{2-}$ yang terbentuk dititrasi dengan larutan Fe^{2+} 0,1044 M. Untuk mencapai titik akhir titrasi diperlukan volume Fe^{2+} sebanyak 39,52 mL. Tentukan massa Ti^{4+} dalam sampel. **(3)**



- Apakah ion Pb^{2+} dan Cr^{3+} dapat dipisahkan secara kuantitatif dengan metode elektrolisis? Jika ya, Tentukan rentang potensial katoda terhadap elektroda kalomel jenuh (SCE) yang digunakan untuk memisahkan kedua ion tersebut. (Asumsi konsentrasi awal masing-masing ion 0,1000 M, dan pemisahan sempurna tercapai jika 0,01% ion yang tersisa dalam larutan; $E^0(Pb^{2+}/Pb) = -0,126 V$; $E^0(Cr^{3+}/Cr) = -0,74 V$. **(4)**

Soal 10 Pemisahan Ion Logam Berat di Perairan(38 poin)

Di laboratorium kimia lingkungan, air limbah dari proses pelapisan logam (*electroplating*) sering mengandung campuran ion logam berat seperti perak (Ag^+), timbal (Pb^{2+}), dan kadmium (Cd^{2+}). Pemisahan dan penurunan kadar ketiganya sangat penting, di antaranya untuk mengurangi toksisitas akut/kronis terhadap organisme perairan, memulihkan logam bernilai ekonomi (misalnya perak dan timbal), dan mencegah kerusakan unit biologi di instalasi pengolahan air limbah. Salah satu strategi yang efektif adalah pemisahan fraksional berbasis pengendapan yang dikontrol oleh pH/ligan, dipadukan dengan pertimbangan elektrokimia untuk memprediksi arah reaksi redoks yang mungkin terjadi. Berikut adalah beberapa data terkait pada 298 K.

- Tetapan hasil kali kelarutan (K_{sp}):

$\text{AgCl}(s): 1,8 \times 10^{-10}$; $\text{Ag}_2\text{S}(s): 6,0 \times 10^{-51}$; $\text{Ag}_2\text{CO}_3(s): 8,1 \times 10^{-12}$ $\text{PbCl}_2(s): 1,6 \times 10^{-5}$; $\text{PbS}(s): 3,0 \times 10^{-28}$; $\text{PbSO}_4(s): 1,6 \times 10^{-8}$; $\text{PbCO}_3(s): 7,4 \times 10^{-14}$; $\text{CdS}(s): 1,0 \times 10^{-28}$; $\text{Cd}(\text{OH})_2(s): 2,5 \times 10^{-14}$; $\text{CdCO}_3(s): 1,0 \times 10^{-12}$.

- Sifat asam-basa H_2S :

$K_{a1} = 1,0 \times 10^{-7}$; $K_{a2} = 1,3 \times 10^{-13}$ ($\text{H}_2\text{S} \rightleftharpoons \text{HS}^- + \text{H}^+$; $\text{HS}^- \rightleftharpoons \text{S}^{2-} + \text{H}^+$)

- Tetapan pengompleksan amonia (untuk Ag^+): $\beta_2(\text{Ag}(\text{NH}_3)_2^+) = 1,7 \times 10^7$ pada I rendah.

- Potensial elektroda standar (E°): $\text{Ag}^+ | \text{Ag} = +0,799\text{V}$; $\text{Pb}^{2+} | \text{Pb} = -0,126\text{V}$; $\text{Cd}^{2+} | \text{Cd} = -0,403\text{V}$;

Berikut adalah pertanyaan-pertanyaan terkait pemisahan ion perak (Ag^+), timbal (Pb^{2+}), dan kadmium (Cd^{2+}) dalam suatu sampel limbah perairan.

- Tuliskan reaksi pelarutan dan ekspresi K_{sp} untuk $\text{AgCl}(s)$, $\text{PbSO}_4(s)$, dan $\text{Cd}(\text{OH})_2(s)$. (3)
- Hitung kelarutan molar (s) masing-masing garam pada subsoal (a) dalam air murni (abaikan aktivitas). (5)
- Suatu sampel limbah mengandung $[\text{Cl}^-] = 0,10\text{M}$ dan $[\text{SO}_4^{2-}] = 0,020\text{M}$. Jika ion $[\text{Ag}^+]$, $[\text{Pb}^{2+}]$, dan $[\text{Cd}^{2+}]$ dinaikkan konsentrasinya secara bertahap (melalui penambahan nitratnya), tentukan ion logam mana yang pertama kali mengendap dan tentukan pula pada konsentrasi ion logam kritis, $[\text{M}^{n+}]_{\text{kritis}}$, berapa endapan mulai terbentuk. Tunjukkan perhitungan Anda. (6)
- Pemisahan fraksional tahap ke-2 untuk ketiga ion logam tersebut dilakukan dengan penambahan H_2S pada $\text{pH} = 1,00$ (sehingga $[\text{S}^{2-}]$ sangat kecil, dengan asumsi $[\text{H}_2\text{S}]$ terlarut $\approx 0,10\text{M}$). Tentukan urutan ion logam yang mulai mengendap sebagai sulfida (Ag_2S , PbS , CdS) saat konsentrasi ion logam $[\text{M}^{n+}] = 1,0 \times 10^{-3}\text{M}$. (6)
- Pada $\text{pH} = 9,00$, hitung $[\text{S}^{2-}]$ pada keadaan tunak (asumsikan $[\text{H}_2\text{S}]$ terlarut tetap $0,10\text{M}$). Dengan nilai ini, tunjukkan bahwa pengendapan ion Cd^{2+} dan Pb^{2+} sebagai sulfida dapat berlangsung hampir kuantitatif sedangkan ion Ag^+ tetap terkompleks kuat sebagai $\text{Ag}(\text{NH}_3)_2^+$ jika $[\text{NH}_3] = 0,50\text{M}$. Tunjukkan perhitungan $[\text{Ag}^+]$ efektif bebas menggunakan β_2 . (6)
- Setelah sulfida dipisahkan, jelaskan strategi pelindian (*leaching*) selektif dengan perubahan pH/ligan untuk mengambil kembali Ag (dari Ag_2S) tanpa melarutkan PbS/CdS . Petunjuk: Kaitkan dengan nilai K_{sp} dan sifat kompleks. (3)
- Perkirakan apakah pada $\text{pH} = 0$ (dengan $[\text{H}_2] = 1\text{bar}$) reduksi spontan $\text{M}^{2+}(aq) + \text{H}_2(g) \rightarrow \text{M}(s) + 2\text{H}^+(aq)$ mungkin terjadi untuk Pb^{2+} dan Cd^{2+} pada $[\text{M}^{2+}] = 10^{-3}\text{M}$. Hitung potensial sel, E , pada keadaan tersebut dan uraikan kesimpulan Anda. (5)
- Rancang alur pemisahan ketiga ion (Ag^+ , Pb^{2+} , Cd^{2+}) dalam sampel limbah perairan dalam 3 tahap (halida $\rightarrow$ sulfida asam $\rightarrow$ sulfida basa/pengompleksan), dan jelaskan mengapa urutan yang Anda rancang dapat memberikan pemisahan yang signifikan. (4)

UJIAN PRAKTIKUM A

MODUL 1

TITRASI ASAM-BASA: PENENTUAN ASAM-AMINO

PENDAHULUAN *Sørensen formol titration* merupakan metoda untuk menentukan jumlah gugus amino bebas dalam larutan, khususnya hasil hidrolisis protein. Prinsip metoda ini, formaldehida mengikat gugus amino pada asam amino dan gugus karboksilat yang dititrasi oleh basa. Hal ini dilakukan agar tidak ada kondisi zwitterion saat titrasi berlangsung. Berikut persamaan reaksi asam amino dengan formaldehida.



(atau $\text{CH}_2=\text{N-R-COOH}$, $(\text{OH-CH})_2\text{N-R-COOH}$, $\text{HOOC-R-NH-CH}_2\text{-NH-R-COOH}$, dsb.)

Tujuan percobaan ini menentukan jumlah mol total asam amino pada sampel yang tersedia, dengan menggunakan metoda titrasi asam-basa serta mengidentifikasi jenis asam amino. Di antara asam amino pada tabel di bawah ini, dua jenis asam amino terdapat dalam sampel larutan asam amino yang disediakan.

Asam Amino	Rumus Molekul	Massa Molar (g/mol)
Glisin (Gly)	C ₂ H ₅ NO ₂	75,07
L-Alanin (Ala)	C ₃ H ₇ NO ₂	89,09
L-Valin (Val)	C ₅ H ₁₁ NO ₂	117,1
L-Leusin (Leu)	C ₆ H ₁₃ NO ₂	131,2
L-Isoleusin (Ile)	C ₆ H ₁₃ NO ₂	131,2
L-Fenilalanin	C ₉ H ₁₁ NO ₂	165,2

ALAT & BAHAN KIMIA

Peralatan dan bahan kimia yang digunakan pada percobaan ini, sebagai berikut:

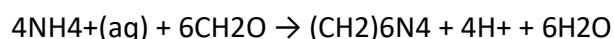
Alat	Bahan Kimia
Buret, 50 mL	Aqua dm
Labu takar 100 mL	Larutan sekunder NaOH
Pipet volum	Larutan NH ₄ Cl 0,1008 M
<i>Pipet bulb</i> (filler)	Larutan indikator fenolftalien
Statip dan klep	Larutan formaldehida Larutan
Labu Erlenmeyer	sampel campuran asam amino
Gelas kimia	
Pipet tetes	
Corong	
Goggles	
sarung tangan nitril	
wadah limbah	

CARA KERJA

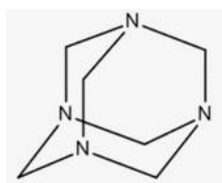
Tahap-tahap titrasi asam-basa untuk penentuan larutan sampel campuran asam-amino sebagai berikut.

Tahap 1: Standarisasi larutan NaOH dengan larutan NH₄Cl

Larutan amonium klorida bereaksi dengan formaldehida menghasilkan heksametilentetramin (HMTA, yang juga dengan heksamin) dan H⁺, dengan persamaan reaksi sebagai berikut:



Selanjutnya larutan ini yang digunakan untuk menentukan konsentrasi larutan NaOH. Sebagai tambahan, senyawa heksametilentetramin larut dalam air atau pelarut organik yang polar.



Struktur heksametilentetramin

Berikut cara penentuan konsentrasi larutan NaOH dengan titrasi asam-basa.

- Isi buret dengan larutan NaOH.
- Pipet 10 mL larutan NH_4Cl 0,1008 M kemudian tuangkan ke dalam labu Elenmeyer. Tambahkan larutan indikator fenolftalien tetes demi tetes sambil diaduk sebanyak ~4-5 tetes.
- Tuangkan larutan formaldehida ke dalam gelas ukur sebanyak 4 mL. Larutan formaldehida selanjutnya dituangkan kedalam larutan di atas (tahap b), sambil diaduk selama 1-2 menit.
- Larutan dalam labu Erlemenyer kemudian dititrasi dengan larutan NaOH, sampai diamati adanya perubahan warna larutan.
- Ulangi pekerjaan pada tahap b-d, sebanyak 2 kali.
- Hitung konsentrasi larutan NaOH.

Tahap 2: Penyiapan larutan asam amino

- Pipet 10 mL sampel larutan asam amino yang disediakan dan tuangkan ke dalam labu takar 100 mL.
- Encerkan larutan tersebut dengan air sampai tanda batas.

Tahap 3: Penentuan mol total asam amino dan identifikasi jenis asam amino

- Pipet 25 mL larutan sampel asam-amino yang tersedia kemudian tuangkan ke dalam labu Elenmeyer. Tambahkan larutan indikator fenolftalien tetes demi tetes sambil diaduk sebanyak ~ 4-5 tetes.
- Tuangkan larutan formaldehida ke dalam gelas ukur sebanyak 4 mL. Larutan formaldehida selanjutnya dituangkan kedalam larutan di atas (tahap b), sambil diaduk selama 1-2 menit.
- Larutan dalam labu Erlemenyer kemudian dititrasi dengan larutan NaOH, sampai diamati adanya perubahan warna larutan.
- Ulangi pekerjaan pada tahap b-d, sebanyak 2 kali.
- Hitung mol total asam-amino.
- Jika larutan sampel mengandung campuran dua jenis asam-amino dengan perbandingan mol 1:1, tentukan jenis asam amino yang terdapat pada sampel.

MODUL 2

IDENTIFIKASI KATION & ANION

PENDAHULUAN

Analisis kualitatif merupakan salah satu teknik analisis yang umum digunakan untuk mengidentifikasi jenis kation/anion dalam suatu sampel larutan, sebelum dilakukan analisis kuantitatif. Identifikasi kation/anion secara kualitatif dilakukan melalui beberapa tahap yaitu

- i. mengamati warna sampel larutan,
- ii. menguji sifat asam, basa, atau netral,
- iii. mengamati hasil reaksi melalui adanya perubahan warna larutan, terbentuk endapan, terbentuk gas, atau perubahan warna.

Perubahan warna larutan dapat terjadi pada reaksi redoks atau reaksi pembentukan senyawa kompleks, yang melibatkan senyawa logam transisi blok-*d*. Endapan dapat terbentuk dalam suatu reaksi berkaitan dengan kelarutan dari produk reaksi. Sedangkan gas terbentuk dari beberapa jenis reaksi seperti: reaksi logam dengan asam, reaksi garam karbonat/bikarbonat, garam sulfit, atau garam sulfida dengan asam serta reaksi garam amonium dengan basa. Berdasarkan jenis-jenis reaksi tersebut, identifikasi kation dan anion dalam sampel larutan dapat ditentukan.

Adapun tujuan percobaan ini sebagai berikut:

- i. Siswa dapat mengenal warna larutan dari beberapa senyawa kimia.
- ii. Siswa mengetahui sifat asam, basa atau netral dari beberapa larutan senyawa kimia.
- iii. Siswa dapat melakukan analisis kualitatif serta dapat mengamati perubahan dari beberapa reaksi kimia.
- iv. Siswa dapat mengidentifikasi jenis kation dan anion pada 6 sampel larutan yang tersedia.
- v. Siswa dapat menuliskan persamaan reaksi dengan benar

BAHAN KIMIA & PERALATAN

Bahan kimia tersedia yaitu 6 sampel larutan sebanyak 3 mL.

Peralatan yang tersedia yaitu plastik mika tranparan, kertas putih bertuliskan tabel, dan kertas lakmus merah, lakmus biru.

CARA KERJA

Masing-masing siswa **WAJIB** menuliskan **LABEL SETIAP BOTOL REAGEN pada lembar jawaban**

Setiap botol mengandung satu senyawa, dengan jenis kation H^+ , Na^+ , K^+ , Ba^{2+} , Pb^{2+} atau Ag^+ dan jenis anion OH^- , Cl^- , I^- , NO_3^- , atau SO_4^{2-} .

Analisis kualitatif I: menentukan sifat asam, basa atau netral untuk setiap sampel larutan.

- Teteskan masing-masing larutan sebanyak 1-2 tetes pada kertas **lakmus merah**. Amati perubahan warna kertas lakmus merah untuk setiap sampel larutan dan kemudian di catat pada lembar jawaban.
- Teteskan masing-masing larutan sebanyak 1-2 tetes pada **lakmus biru**. Amati perubahan warna kertas lakmus biru untuk setiap sampel larutan dan kemudian di catat pada lembar jawaban.
- Tuliskan data pengamatan di bawah ini, dengan menuliskan "**B**" = berubah atau "**TB**" = tidak berubah, untuk setiap hasil pengujian.
- Tentukan **sifat larutan**, dengan menuliskan huruf di bawah ini pada **Tabel 1** di lembar jawaban:
 - huruf "**As**" untuk larutan bersifat asam,
 - huruf "**Bs**" untuk larutan bersifat basa,
 - huruf "**N**" untuk larutan bersifat netral

Analisis kualitatif II: Identifikasi kation dan anion

Berikut tahap-tahap pengerjaan untuk mengidentifikasi senyawa yang terdapat dalam masing-masing larutan.

Siapkan plastik tranparan dialasi kertas putih berkolom yang tersedia.

- Teteskan masing-masing **larutan no. 2-6** sebanyak **1-2 tetes** pada kolom sesuai dengan label larutan (**mendatar, pada deret 1**) pada **Tabel 2** di lembar jawaban. Kemudian, teteskan **larutan no.1** pada masing-masing kolom tersebut dan amati perubahan yang terjadi.

- c. Teteskan masing-masing **larutan no. 3-6** sebanyak **1-2 tetes** pada kolom sesuai dengan label larutan (**mendatar, pada deret 2**) pada Tabel 2 di atas. Kemudian, teteskan **larutan no.2** pada masing-masing kolom tersebut dan amati perubahan yang terjadi
- d. Teteskan masing-masing **larutan no. 4-6** sebanyak **1-2 tetes** pada kolom sesuai dengan label larutan (**mendatar, pada deret 3**) pada Tabel 2 di atas. Kemudian, teteskan **larutan no.3** pada masing-masing kolom tersebut dan amati perubahan yang terjadi.
- e. Teteskan masing-masing **larutan no. 5-6** sebanyak **1-2 tetes** pada kolom sesuai dengan label larutan (**mendatar, pada deret 4**) pada Tabel 2 di atas. Kemudian, teteskan **larutan no. 4** pada masing-masing kolom tersebut dan amati perubahan yang terjadi. Teteskan masing-masing **larutan no. 6** sebanyak **1-2 tetes** pada kolom sesuai dengan label larutan (**mendatar, pada deret 5**) pada Tabel 2 di atas. Kemudian, teteskan **larutan no.5** pada masing-masing kolom tersebut dan amati perubahan yang terjadi. g. Amati perubahan yang terjadi pada setiap reaksi tahap b-f, dengan **menuliskan label**

sebagai berikut, pada tabel pengamatan(**Tabel 3**) yang tersedia di lembar jawaban.

- **N.R** = tidak ada perubahan apapun (warna, endapan, atau gelembung gas)
- **"W"** = endapan berwarna putih.
- **"C"** = endapan berwarna (selain putih)
- **"↑"** = ada gelembung gas
- **"C"** = warna larutan berubah

Identifikasi kation dan anion untuk masing-masing sampel larutan

- i. Tuliskan persamaan reaksi untuk analisis kualitatif di atas.

LEMBAR JAWAB PRAKTIKUM A

MODUL 1

TITRASI ASAM-BASA: PENENTUAN ASAM-AMINO

DATA KONSENTRASI LARUTAN

Lengkapi tabel di bawah ini dengan data konsentrasi larutan yang tersedia.

LARUTAN/SAMPEL	KONSENTRASI (M)/JUMLAH (mL)
Larutan NH_4Cl	0,1 M/35 mL
Larutan NaOH	0,1 M/100 mL
Larutan sampel	50 mL
Larutan formaldehida	60 mL

DATA PENGAMATAN & PERHITUNGAN

DATA PENGAMATAN

(lengkapi dengan volume titran, perubahan warna saat titrasi)

Tahap 1

Volume NaOH : 18 – 20 mL

Perubahan warna dari bening ke merah sangat muda

Tahap 2

Volume NaOH : 9,5 – 10, 5 mL

Perubahan warna dari bening ke merah sangat muda

Perhitungan penentuan konsentrasi NaOH

Konsentrasi standarisasi NaOH :

$$0,1008 \text{ M} \times 10 \text{ mL} / 20 \text{ mL} = 0,0504 \text{ M}$$

Perhitungan jumlah mol asam amino total & penentuan jenis asam amino

Jumlah mol asam amino total larutan induk = 0,1257 mol/L

Pengenceran sampel = $10/100 \times 0,1257 \text{ mol/L} = 0,0126 \text{ mol/L}$

Mol asam amino total yang ditentukan = $25/100 \times 0,0126 \text{ mol/L} = 0,0032 \text{ mol/L}$

Massa molar campuran asam amino yang diperoleh: 240 g/mol

Massa molar campuran asam amino yang paling mungkin adalah campuran glisin dan fenilalanin karena MM glisin = 75,07 g/mol dan MM fenilalanin = 165,20 g/mol

KESIMPULAN

Larutan sampel mengandung asam amino:

Glisin dan Fenilalanin

MODUL 2

IDENTIFIKASI KATION & ANION

Tabel 1. Penentuan Sifat Larutan

Lakmus	Perubahan warna kertas lakmus					
	1	2	3	4	5	6
Merah	T	T	T	T	T	B
Biru	T	T	T	B	B	T
Sifat larutan	netral	netral	netral	basa	basa	asam

Tabel 2. Hasil Pengamat Analisis Kualitatif

Deret	kolom				
	2	3	4	5	6
1	bening	putih	bening	putih	putih
2		bening	bening	Kuning pucat	kuning
3			putih	bening	coklat
4				putih	Putih
5					Putih

Tabel 3. Identifikasi kation dan anion

Botol	Label	Kation	Anion	Senyawa
1	A6/I.1	Ba ²⁺	Cl ⁻	BaCl ₂
2	A5/I.2	K ⁺	I ⁻	KI
3	A4/I.3	Ag ⁺	NO ₃ ⁻	AgNO ₃
4	A3/I.4	H ⁺	SO ₄ ²⁻	H ₂ SO ₄
5	A2/I.5	Pb ²⁺	NO ₃ ⁻	Pb(NO ₃) ₂
6	A1/I.6	Na ⁺	OH ⁻	NaOH

Tabel 4. Persamaan reaksi untuk analisis kualitatif

Reaksi No. sampel larutan	Persamaan reaksi
	BaCl ₂ (aq) + AgNO ₃ (aq) → Ba(NO ₃) ₂ (aq) + AgCl(s) putih
A6 + I.3	KI(aq) + AgNO ₃ (aq) → KNO ₃ (aq) + AgI(s) kuning
A.5 + I.3	AgNO ₃ (aq) + NaOH(aq) → NaNO ₃ (aq) + AgOH(s) coklat hitam
A.4 + I.6	KI(aq) + Pb(NO ₃) ₂ (aq) → KNO ₃ (aq) + PbI ₂ (s) kuning terang
A.5 + I.5	BaCl ₂ (aq) + Pb(NO ₃) ₂ (aq) → Ba(NO ₃) ₂ (aq) + PbCl ₂ (s) putih

UJIAN PRAKTIKUM B

MODUL PRAKTIKUM KIMIA ORGANIK

IDENTIFIKASI SENYAWA KARBONIL

PENDAHULUAN

Senyawa karbonil merupakan golongan senyawa organik yang ditandai oleh adanya gugus fungsi karbonil ($C=O$) pada strukturnya. Gugus ini sangat penting dalam kimia organik karena menjadi pusat kereaktifan pada berbagai reaksi, baik yang bersifat adisi maupun substitusi. Senyawa karbonil dapat dibedakan menjadi dua kelompok utama, yaitu aldehid dan keton. Identifikasi senyawa karbonil dalam praktikum organik menjadi tahap awal yang penting untuk memahami sifat fisik dan kimia senyawa tersebut. Beberapa metode yang umum digunakan antara lain uji kualitatif dengan pereaksi spesifik (misalnya 2,4-dinitrofenilhidrazin (2,4-DNPH), fenilhidrazin, uji Tollens, uji Fehling, dan uji iodoform)

serta analisis spektroskopi (IR dan NMR) untuk konfirmasi lebih lanjut. Reaksi antara senyawa karbonil (aldehida/keton) dengan turunan hidrazin menghasilkan turunan hidrazon yang umumnya berwujud padatan kristalin dengan titik leleh yang khas, sehingga reaksi ini sering digunakan sebagai metode derivatisasi untuk identifikasi senyawa karbonil. Selain uji titik leleh, teknik kromatografi lapis tipis (KLT) dapat digunakan untuk memisahkan dan membandingkan hasil sintesis turunan hidrazon dengan standar senyawa hidrazon lain. Hal ini memberikan gambaran tentang kemurnian produk dan kesesuaian reaksi yang terjadi.

BAHAN KIMIA & PERALATAN

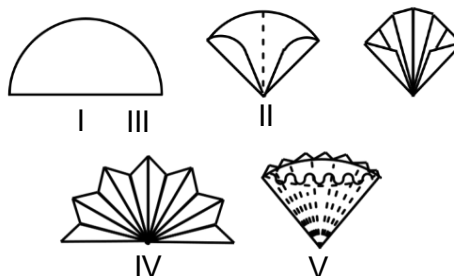
PERALATAN	BAHAN KIMIA
- Mortar dan alu. - Botol vial kaca. <i>Microtube</i> untuk tempat sampel yang akan diuji KLT. - Pipet tetes platik berskala/berukuran 3 mL dan 1 mL. - Spatula logam - Gelas kimia 100 mL untuk wadah pengembang KLT (kromatografi lapis tipis) berlabel "Chamber" beserta cawan petri untuk menutupinya. - Corong penyaring kaca. - Pipa kapiler penotol KLT. - Gelas ukur 5 mL. - Kertas saring. - Kertas isap. - Lampu UV (di setiap laboratorium ada 1 (satu) untuk digunakan bersama-sama).	- Prekursor A. - Prekursor B (turunan hidrazin). - Etanol. - Etil asetat. - Standar produk hidrazon (Standar I, Standar II, Standar III, Standar IV) - Sampel campuran karbonil Z. - Standar senyawa karbonil X dan Y. - Kertas pH universal - Larutan NaOH 6N - Larutan HCl 6N - Etil asetat - Aseton. - Pelat KLT. - Eluen <i>n</i>-Heksana : etil asetat = 8:2 (v/v) - Es - Akuades atau akuadm - Kertas saring

CARA KERJA

PERHATIAN: Gunakan selalu kacamata pelindung, masker dan sarung tangan selama melakukan percobaan ini. Larutan NaOH dan HCl bersifat korosif dan iritan, hindari kontak langsung dengan mata, kulit dan anggota tubuh lainnya.

Bagian I: Identifikasi Karbonil melalui Hidrazon

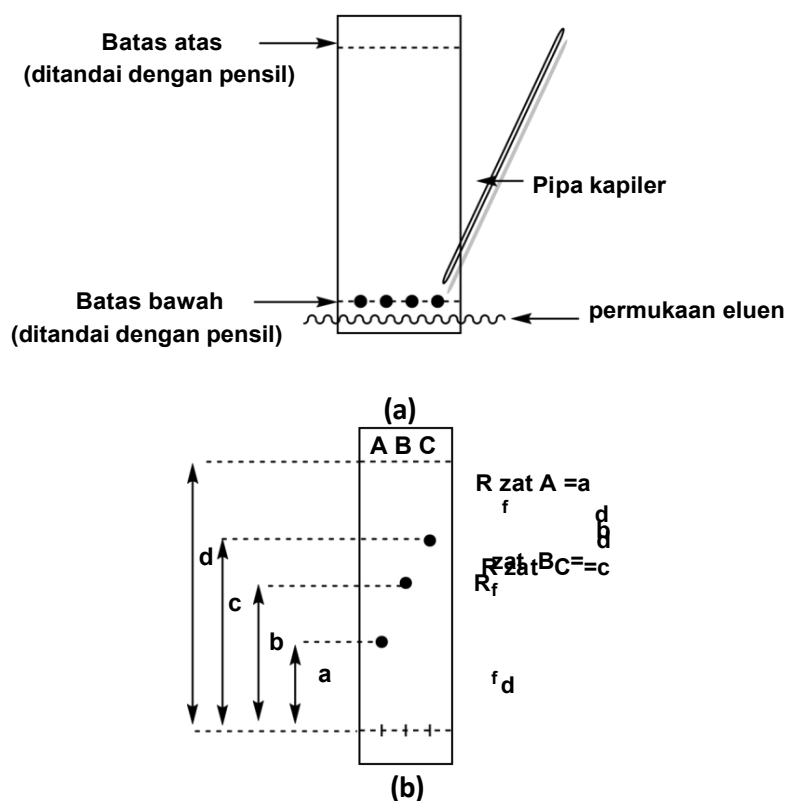
1. Teteskan sebanyak satu tetes prekursor **A** dari botol kaca (vial) berlabel “Prekursor **A**” menggunakan pipet tetes plastik dan masukkan ke dalam botol *microtube* kosong,
tambahkan 2 tetes etil asetat menggunakan pipet tetes plastik yang lain, kemudian tutup *microtube* tersebut dan simpan untuk nanti dilakukan uji kromatografi lapis tipis (KLT). Beri label agar tidak tertukar dengan yang lainnya. (catatan: kertas label disediakan).
2. Teteskan sebanyak satu tetes prekursor **B** dari botol kaca (vial) berlabel “Prekursor **B**” menggunakan pipet tetes plastik dan masukkan ke dalam botol *microtube* kosong,
tambahkan 2 tetes etil asetat menggunakan pipet tetes plastik yang lain, kemudian tutup *microtube* tersebut dan simpan untuk nanti dilakukan uji kromatografi lapis tipis (KLT). Beri label agar tidak tertukar dengan yang lainnya. (catatan: kertas label disediakan).
3. Masukkan semua sisa prekursor **A** dari dalam botol vial masing-masing ke dalam mortar.
4. Tambahkan 3 mL etanol ke dalam botol vial berisi prekursor **B**, kemudian tambahkan tetes demi tetes larutan prekursor **B** dalam etanol ini ke dalam mortar berisi prekursor **A** sambil digerus menggunakan alu hingga terbentuk endapan. Lanjutkan proses penggerusan hingga 5 menit lagi.
5. Tambahkan 5 mL etanol ke dalam endapan di dalam mortar, kemudian aduk kembali selama 1 menit.
6. Sebelum menyaring, timbang dahulu kertas timbang yang akan digunakan untuk menimbang produk dan catat beratnya di **lembar jawaban**. (**Catatan: minta bantuan pengawas untuk menimbang kertas timbang tersebut, jangan melakukan sendiri**).
7. Lipat kertas saring seperti ditunjukkan pada **Gambar-1**.



Gambar-1 Tahap-tahap cara melipat kertas saring untuk penyaringan biasa

8. Saring endapan yang terbentuk menggunakan corong penyaring yang dipasang pada labu Erlenmeyer yang tersedia. Cuci endapan pada corong penyaring dengan penambahan tetes demi tetes 3 mL etanol.

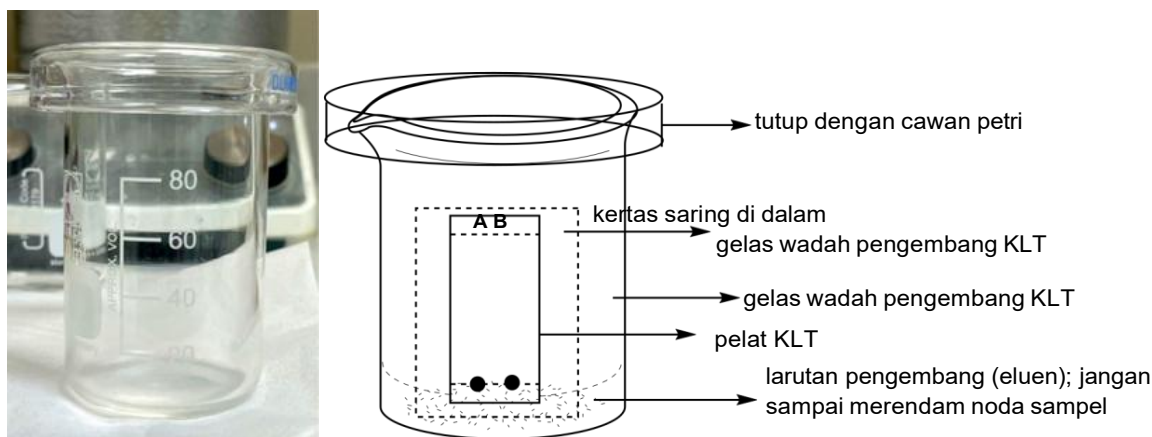
9. Keringkan endapan yang terbentuk menggunakan kertas isap, tekan perlahan beberapa kali sehingga endapan cukup kering, kemudian keringkan di suhu ruang.
10. Timbang endapan yang sudah kering. Catat massa endapan tersebut.
11. Ambil sedikit (secuil dengan spatula logam) endapan, masukkan ke dalam botol vial kosong, kemudian larutkan dengan 0,5 mL etil asetat. Masukkan sisa endapan ke dalam plastik cetik (*ziplock bag*) kemudian beri label **Nomor Peserta** Anda.
12. Bilas mortar dan alu menggunakan aseton secukupnya, buang bilasannya ke dalam wadah limbah berlabel "Limbah Organik" yang tersedia di laboratorium tempat Anda bekerja. Bilas sekali lagi dengan 5 mL aseton. **Perhatian: jika Anda membuang limbah organik di wasbak atau di tempat limbah yang salah, maka Anda akan dikenai penalti 20 poin!**
13. Siapkan pelat KLT (ukuran 2,5 cm x 5 cm), beri garis batas bawah (1,0 cm) dan atas (0,5 cm) dari masing-masing tepi pelat KLT menggunakan pensil (**catatan: jangan menekan pensil terlalu dalam, jangan sampai lapisan siliknya (yang berwarna putih) menjadi tergores**), lihat contoh pada **Gambar-2(a)**.
14. Totolkan masing-masing larutan prekursor A, larutan prekursor B, dan larutan produk pada pelat KLT yang telah diberi tanda batas seperti pada **Gambar-2a (beri label masing-masing dengan huruf A, B, dan P sesuai sampel yang ditotolkan)**. Lakukan penotolan tiap larutan sebanyak masing-masing 2 kali di titik yang sama; perhatikan bahwa pada setiap kali penotolan, pastikan selalu bahwa totolan sebelumnya sudah mengering (**catatan: sebaiknya konfirmasi kualitas penotolan noda di bawah lampu UV hingga teramati cukup jelas pendarannya. Minta bantuan pengawas untuk menggunakan lampu UV**).



Gambar-2 (a) Cara penotolan pada pelat KLT; dan **(b)** contoh cara penentuan nilai R_f

15. Siapkan gelas kimia 100 mL untuk wadah pengembang KLT yang bertuliskan “chamber” yang sudah berisi kertas isap, tuangkan eluen *n*-heksana : etil asetat = 8:2 (v/v) yang sudah tersedia **dengan ketinggian sekitar 0,5 cm dari dasar botol**, kemudian tutup gelas tersebut dengan cawan petri, diamkan selama 2 menit.

16. Dengan menggunakan pinset, masukkan pelat KLT yang sudah ditotoli dengan sampel ke dalam gelas wadah pengembang KLT, dengan posisi bagian bawah pelat KLT yang sudah ditotoli sampel **tidak boleh terendam** oleh larutan eluen (lihat **Gambar-3**). Tutup kembali gelas wadah tersebut dengan cawan petri dan lakukan elusi KLT hingga pelarut naik mencapai batas atas pelat KLT.



Gambar-3 Cara melakukan elusi pada pelat KLT di dalam botol wadah pengembang KLT 17.

Setelah proses elusi selesai, keluarkan pelat KLT dari dalam gelas wadah pengembang menggunakan pinset, kemudian keringkan pelat KLT di udara. Lakukan penampakkan noda di bawah lampu UV (**minta bantuan pengawas untuk melakukannya**). Beri tanda noda-noda yang muncul di bagian tengah pelat KLT (bukan di bagian dasarnya) dan lingkari dengan pensil. Tentukan nilai *R_f* masing-masing noda pada pelat KLT (lihat **Gambar-2(b)**). Nilai *R_f* adalah “retardation factor” atau nilai “ratio-to-front” yang diekspresikan sebagai fraksi desimal (Persamaan 1). **Masukkan pelat KLT ke dalam plastik cetik (ziplock plastic) yang tersedia, beri label bertuliskan nomor peserta Anda. Gambarkan pola kromatogram KLT yang Anda peroleh di Lembar Jawaban. PERHATIAN: Jika tidak menggambarkan di lembar jawaban, maka akan mendapatkan penalti 10 poin.**

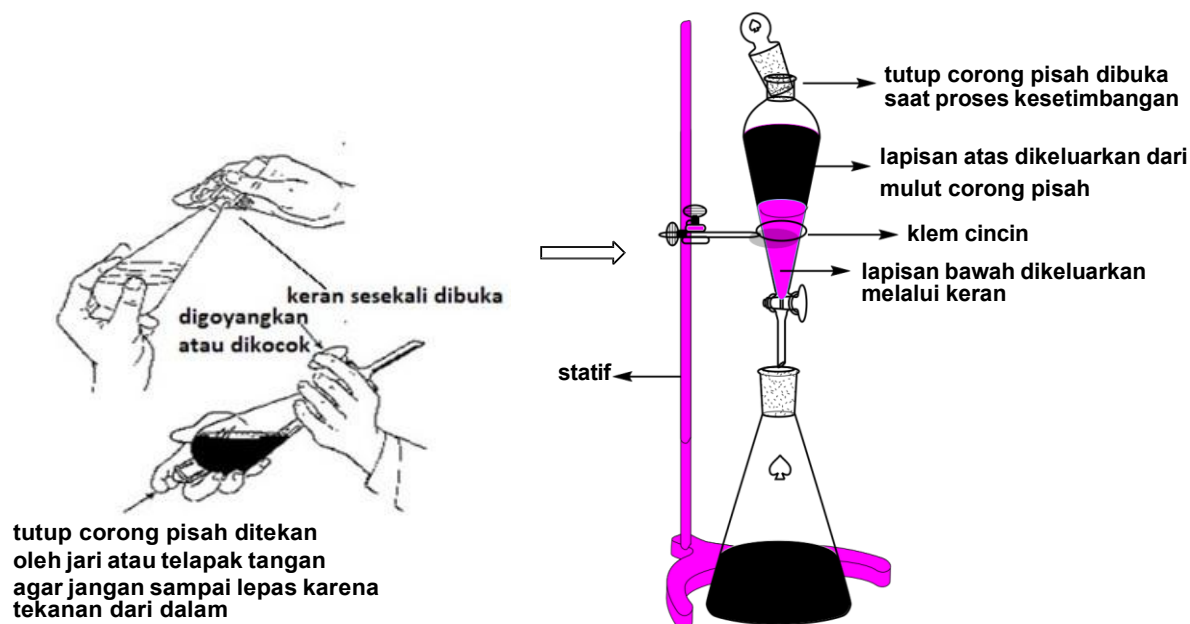
$$R_f = \frac{\text{Jarak yang ditempuh sampel}}{\text{Jarak yang ditempuh pelarut}} = \frac{\text{Jarak noda dari batas bawah}}{\text{Jarak tempuh pelarut dari batas bawah}} \quad (\text{Persamaan 1})$$

18. Siapkan pelat KLT (ukuran 5 cm x 5 cm), kemudian totolkan larutan produk (P), larutan **Standar I, Standar II, Standar III, dan Standar IV**. Lakukan proses elusi seperti sebelumnya dalam eluen *n*-heksana : etil asetat = 8:2 (v/v). Lakukan penampakkan noda di bawah lampu UV (**minta bantuan pengawas untuk melakukannya**). Beri tanda noda-noda yang muncul di bagian tengah pelat KLT (bukan di bagian dasarnya) dan lingkari dengan pensil. Tentukan nilai *R_f* masing-masing noda pada pelat KLT. **Masukkan pelat KLT ke dalam**

- plastik cetik (*ziplock plastic*) yang tersedia, beri label bertuliskan nomor peserta Anda. Gambarkan pola kromatogram KLT yang Anda peroleh di Lembar Jawaban. **PERHATIAN: Jika tidak menggambar di lembar jawaban, maka akan mendapatkan penalti 10 poin.**
19. Jawablah semua pertanyaan yang ada di lembar jawaban.

Bagian II: Identifikasi Karbonil melalui Ekstraksi Cair-Cair dan KLT

1. Pasang corong pisah 100 mL pada klem cincin yang sudah dipasang pada statif (lihat **Gambar-4 (kanan)**). Pastikan keran corong berada pada posisi tertutup.



Gambar-4 Proses ekstraksi cair-cair menggunakan corong pisah

- Sisihkan 1 tetes sampel campuran karbonil **Z** (salah satunya mengandung prekursor **A**) ke dalam botol *microtube* kosong, tambahkan 2 tetes etil asetat menggunakan pipet tetes plastik yang lain, kemudian tutup *microtube* tersebut dan simpan untuk nanti dilakukan uji kromatografi lapis tipis (KLT).
- Masukkan sisa sampel campuran karbonil **Z** ke dalam corong pisah.
- Tambahkan 5 mL larutan NaOH 6 N dan 10 mL air (akuades) ke dalam corong pisah tersebut.
- Lakukan ekstraksi (lihat **Gambar-4 (kiri)**, **catatan: cara ekstraksi sudah didemonstrasikan saat Technical Meeting**) hingga tidak ada lagi gas yang keluar dari keran ketika dibuka saat posisi ujung corong pisah menghadap miring ke atas. Tunggu sekitar 1 menit untuk terjadi pemisahan 2 fasa.
- Keluarkan fasa bawah (fasa air) melalui keran dan tampung di dalam labu Erlenmeyer bersih yang tersedia. **Catatan: pastikan jangan sampai ada fasa atas yang terbawa keluar bersama fasa bawah.**

7. Keluarkan fasa atas (fasa organik) melalui mulut bagian atas corong dan tampung di dalam labu Erlenmeyer lainnya yang bersih. Simpan untuk analisis KLT di tahap berikutnya dan beri label **FO-I**.
8. Bilas corong pisah yang sudah dipakai dengan 5 mL aseton, buang bilasannya ke dalam wadah limbah berlabel “Limbah Organik” yang tersedia di laboratorium tempat Anda bekerja. Bilas sekali lagi dengan 5 mL aseton. **Perhatian: jika Anda membuang limbah organik di wasbak atau di tempat limbah yang salah, maka Anda akan dikenai penalti 20 poin!**
9. Masukkan fasa air (yang sudah ditampung pada tahap no. 5) ke dalam corong pisah yang sudah bersih. Tambahkan ke dalamnya 5 mL larutan HCl 6 N, kemudian tambahkan 5 mL etil asetat.
10. Lakukan ekstraksi hingga tidak ada lagi gas yang keluar dari keran ketika dibuka saat posisi ujung corong pisah menghadap miring ke atas. Tunggu sekitar 1 menit untuk terjadi pemisahan 2 fasa.
11. Keluarkan fasa bawah (fasa air) melalui keran dan tampung di dalam labu Erlenmeyer yang sebelumnya dipakai untuk menampung fasa air dari tahap no.5. **Catatan: pastikan jangan sampai ada fasa atas yang terbawa keluar bersama fasa bawah.**
12. Keluarkan fasa atas (fasa organik) melalui mulut bagian atas corong dan tampung di dalam labu Erlenmeyer lainnya yang bersih. Simpan untuk analisis KLT di tahap berikutnya dan beri label **FO-II**.
13. Siapkan pelat KLT (ukuran 5 cm x 5 cm), kemudian totolkan larutan sampel **Z**, **FO-I**, larutan **FO-II**, **Standar X**, dan **Standar Y**. Lakukan proses elusi seperti sebelumnya dalam eluen *n*-heksana : etil asetat = 8:2 (v/v). Lakukan penampakkan noda di bawah lampu UV (**minta bantuan pengawas untuk melakukannya**). Beri tanda noda-noda yang muncul di bagian tengah pelat KLT (bukan di bagian dasarnya) dan lingkari dengan pensil. Tentukan nilai R_f masing-masing noda pada pelat KLT. **Masukkan pelat KLT ke dalam plastik cetik (ziplock plastic) yang tersedia, beri label bertuliskan nomor peserta Anda. Gambarkan pola kromatogram KLT yang Anda peroleh di Lembar Jawaban. PERHATIAN: Jika tidak menggambarkan di lembar jawaban, maka akan mendapatkan penalti 10 poin.**

LEMBAR JAWAB PRAKTIKUM B

A. Rendemen Produk Hidrazon (20 poin)

Berat kertas saring sebelum digunakan = g (2,5)

Berat kertas saring dan produk = g (2,5)

Berat produk =g

Berat produk: 2,00 – 2,3 g 15 poin

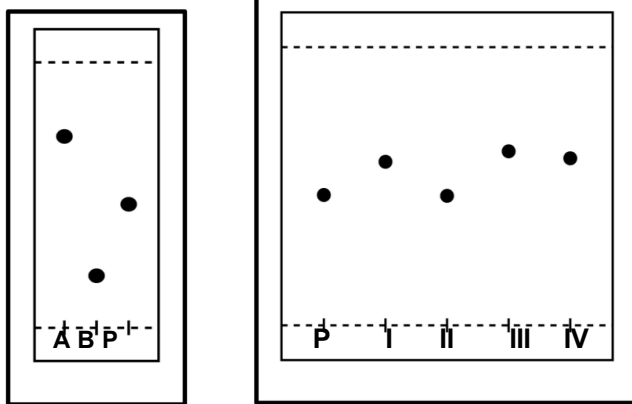
Jika massa produk lebih dari 2,55 g atau di bawah 0,100 g 0 poin

Jika massa produk $1,75 \leq \text{massa produk} < 2,00$ g atau $2,3 < \text{massa produk} \leq 2,55$ g □ 8 poin

Jika massa produk 0,100 – 1,75 g 5 poin

B. Gambar Kromatogram Hasil Uji KLT (13 poin)

Bagian I (3+3)

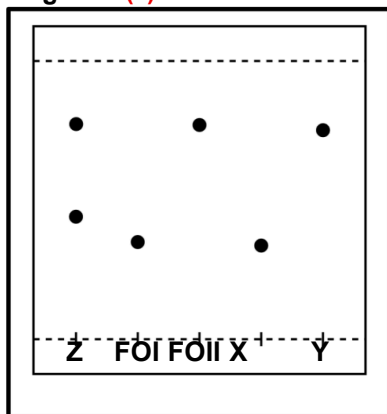


Eluen: *n*-heksan:etil asetat (8:2) (1)

Eluen: *n*-heksan:etil asetat (8:2) (1)

jika tanpa rasio eluen (0,5)

Bagian II (4)



Eluen: *n*-heksan:etil asetat(8:2) (1) jika tanpa rasio eluen (0,5)

C. Hasil Perhitungan Nilai R_f (tuliskan data dan perhitungan Anda). (26 poin)

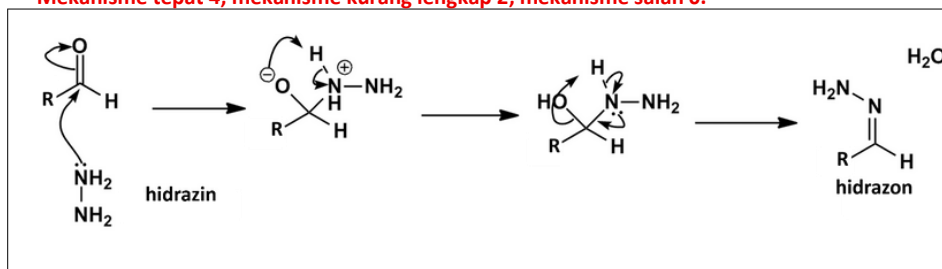
Setiap spot bernilai 2 poin. Jika berada di luar rentang, nilainya 0.

Bagian I	A: 0.72 (0.67-0.77) B: 0.2 (0.15-0.25) P: 0.47 (0.42-0.52)
	P: 0.47 (0.42-0.52) STD1: 0,57(0.52-0.62) STD2: 0,47(0.42-0.52) STD3: 0,63(0.58-0.68) STD4: 0,60(0.55-0.65)
Bagian II	Z: 0,43 (0,38–0,48) dan 0,8 (0,75 – 0,85) FO1: 0,35(0,30–0,40) dan 0,79 (0,74 – 0,84) FO2: 0,77(0,72–0,83) STDx: 0,34(0,29–0,39) dan 0,71 (0,66 – 0,76) STDy: 0,71(0,66–0,76)

Jawaban Pertanyaan dan Kesimpulan (21 poin)

1. Gambarkan mekanisme reaksi umum pembentukan hidrazon. (4)

Mekanisme tepat 4; mekanisme kurang lengkap 2; mekanisme salah 0.



2. Berdasarkan hasil KLT, produk pada percobaan I bersesuaian dengan (ceklis pada jawaban yang Anda pilih): **(1) jika memilih lebih dari satu, nilai 0.**

Standar I

Standar II (1)

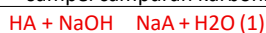
Standar III

Standar IV

3. Jelaskan apa yang dapat Anda simpulkan dari kedua hasil KLT pada percobaan Bagian I. (4)

- Produk yang terbentuk memiliki sifat kepolaran diantara prekursor A dan B. (2)
- Berdasarkan nilai R_f nya, produk yang terbentuk kemungkinan besar sama dengan standar dua. (2)

4. Tuliskan persamaan kimia yang merepresentasikan reaksi yang terjadi pada proses ekstraksi sampel campuran karbonil Z. (2)



Keterangan: jika ion penonton tidak ditulis, nilainya tetap penuh.

5. Jelaskan apa yang dapat Anda simpulkan dari hasil ekstraksi dan KLT pada percobaan Bagian II. (4)

- Sampel Z merupakan campuran dari Standar X dan Standar Y. (1)
- Berdasarkan nilai R_f nya, fraksi organik 2 kemungkinan besar merupakan standar Y. (1)
- Sampel Z (FO2) mengandung senyawa yang bersifat asam. (2)



Pusat Prestasi Nasional

Kementerian Pendidikan Dasar dan Menengah
Republik Indonesia

Jalan Gardu, Srengseng Sawah, Jagakarsa Jakarta Selatan, 12640

   puspresnas

  Pusat Prestasi Nasional

 pusatprestasinasional.kemdikbud.go.id