



bbgp
Balai Besar Guru Penggerak

DI Yogyakarta



**MERDEKA
BELAJAR**



IPA SMP

Balai Besar Guru Penggerak Provinsi D.I. Yogyakarta
Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset & Teknologi
2023

KATA PENGANTAR

Puji syukur kami panjatkan ke hadirat Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan hidayahNya sehingga bahan ajar untuk program Gerakan Bersama Penggerak Komunitas Belajar (Gebrak Kombel) ini dapat terselesaikan.

Bahan ajar ini disusun sebagai bahan belajar pada kegiatan Bimbingan Teknis (Bimtek) Gebrak Kombel yang dilaksanakan sebagai upaya BBGP Provinsi D.I Yogyakarta dalam rangka melaksanakan tugas dan fungsinya sebagai Unit Pelaksana Teknis Direktorat Jenderal Guru dan Tenaga Kependidikan (UPT Dirjen GTK) Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan, Riset dan Teknologi (Kemendikbudristek) untuk meningkatkan kompetensi guru di Provinsi D.I Yogyakarta. Pada kegiatan Gebrak Kombel, para penggerak komunitas belajar yang berasal dari guru penggerak dan guru inti dibekali dengan muatan konten dan pedagogi agar memiliki kapasitas untuk berbagi dan bersinergi dengan guru-guru lain di dalam komunitas belajarnya. Melalui kegiatan ini diharapkan dapat terbangun ekosistem belajar guru berbasis komunitas belajar dengan memberdayakan penggerak komunitas dari guru penggerak dan guru inti sehingga guru dapat berkolaborasi meningkatkan kompetensi diri.

Bahan ajar ini tersusun melalui kolaborasi BBGP Provinsi D.I. Yogyakarta dengan BBGP Jawa Barat, BBGP Jawa Timur, dan BGP Banten. Penyusun bahan ajar ini adalah para Widyaiswara, Widyaprada, dan Pengembang Teknologi Pembelajaran dari BBGP/BGP tersebut. Ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya disampaikan atas dedikasi dan kesediaannya untuk mencurahkan gagasan dan inspirasi sehingga bahan ajar Gebrak Kombel ini dapat terselesaikan. Semoga Allah SWT memberikan balasan yang setimpal atas semua pengorbanan dan kontribusinya dalam menyelesaikan tugas penyusunan bahan ajar ini. Amiin.

Yogyakarta, 12 April 2023
Kepala BBGP DI Yogyakarta

Dr. Adi Wijaya, M.A.

DAFTAR ISI

ILMU PENGETAHUAN ALAM (IPA)	2
DAFTAR ISI	3
BAB 1. IPA TERPADU	5
A. Pengantar	5
B. Kompetensi.....	5
C. Uraian Materi	5
D. Aktivitas	13
E. Latihan	17
BAB 2 : FISIKA	21
A. PENGANTAR.....	21
B. KOMPETENSI.....	22
Kompetensi Dasar dan Target Kompetensi.....	22
C. URAIAN MATERI.....	23
1. Fluida	23
a. Fluida Statis.....	24
1) Hukum Pokok Hidrostatika.....	24
2) Hukum Pascal.....	26
3) Hukum Archimedes.....	29
b. Fluida Dinamis.....	32
1) Debit dan Persamaan Kontinuitas	32
2) Azas Bernoulli	34
2. Medan Magnet	38
a. Induksi Magnetik.....	38
b. Gaya Magnetik (Gaya Lorentz)	43
Gaya yang Dialami Penghantar Berarus dalam Medan Magnetik.....	46
c. Motor Listrik	48
d. Aplikasi dalam Kehidupan Sehari-hari	50
3. Induksi Elektromagnetik	54
a. Hukum Faraday	54
b. GGL Induksi pada Konduktor yang Bergerak dalam Medan Magnetik.....	57
c. Hukum Lenz	59

	4
d. Penerapanan Hukum Faraday	60
e. Induktansi.....	64
D. AKTIVITAS	71
Lembar Kerja Peserta Didik 1	71
Lembar Kerja Peserta Didik 2	76
Lembar Kerja Peserta Didik 6	92
E. LATIHAN	94
BAB 3 : BIOLOGI	100
D. Aktivitas	121
E. Latihan	125
a. Teori Asam Basa Arrhenius.....	129
b. Teori Asam Basa Bronsted-Lowry	130
c. Teori Asam Basa Lewis.....	134
d. Larutan Asam dan Basa	136
e. Indikator pH atau Indikator Asam Basa	141
F. Latihan	147
G. Aktivitas (opsional).....	150
DAFTAR PUSTAKA.....	154

BAB 1. IPA TERPADU

ENERGI ALTERNATIF: SEL SURYA

A. Pengantar

Guru merupakan tenaga profesional yang mempunyai tugas pokok dan fungsi untuk merencanakan dan memfasilitasi proses pembelajaran, menilai hasil pembelajaran, membimbing dan melatih peserta didik, dan berperan penting dalam meningkatkan mutu pendidikan. Agar dapat menjalankan tugas pokok dan fungsinya tersebut dengan baik, maka guru harus selalu meningkatkan kompetensinya. Salah satu cara untuk meningkatkan kompetensi tersebut adalah melalui komunitas belajar. Komunitas belajar adalah sekelompok Pendidik dan Tenaga Kependidikan (PTK) yang belajar bersama dan berkolaborasi secara rutin dan berkelanjutan, dengan tujuan yang jelas dan terukur untuk meningkatkan kualitas pembelajaran sehingga berdampak pada hasil belajar murid.

Untuk memfasilitasi guru belajar dan berdiskusi dalam komunitasnya, maka disusunlah bahan ajar IPA terpadu dengan topik “Energi alternatif: Sel Surya”. Cakupan materi di Sekolah Menengah Pertama (SMP) yang terkait dengan topik ini adalah rangkaian listrik sederhana, interaksi makhluk hidup dengan lingkungannya, pencemaran lingkungan, sehingga peserta didik dapat merancang upaya-upaya mencegah dan mengatasi pencemaran dan perubahan iklim.

B. Kompetensi

Setelah mempelajari bahan ajar ini, guru-guru diharapkan dapat:

1. Memahi konsep energi alternatif;
2. Memahami cara kerja panel sel surya;
3. Mengukur tegangan dan arus dari panel surya rangkaian seri dan paralel;
4. Membandingkan banyaknya energi berdasarkan sudut datang matahari pada panel.

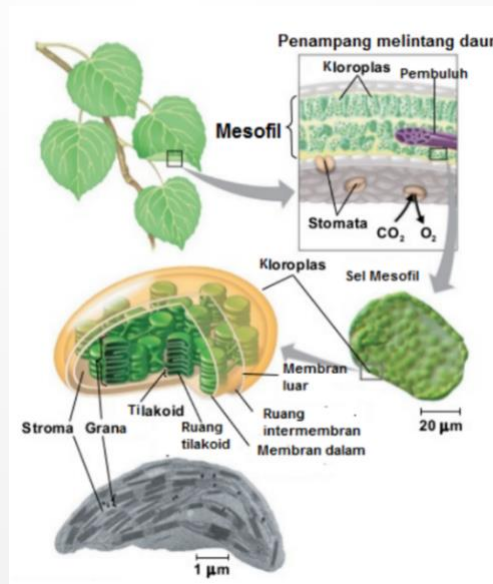
C. Uraian Materi

Iklim didefinisikan sebagai perilaku khas atmosfer, agregasi cuaca, dan umumnya dinyatakan dalam rata-rata dan variasi suhu, curah hujan, dan sifat fisik lainnya. Efek rumah kaca, kemampuan gas-gas tertentu seperti karbon dioksida dan uap air untuk menjebak sebagian emisi ulang secara efektif energi matahari oleh planet, merupakan komponen penting untuk kehidupan di bumi; tanpa efek rumah kaca, planet ini akan terlalu dingin untuk mendukung kehidupan. Namun, aktivitas manusia meningkatkan konsentrasi karbon dioksida dan beberapa gas rumah kaca lainnya, yang menimbulkan kekhawatiran tentang pemanasan bumi sebesar 1–5°C selama abad berikutnya. Peningkatan suhu rata-rata global baru-baru ini selama dekade terakhir tampaknya berada di luar variabilitas normal perubahan suhu selama seribu tahun terakhir. Sejumlah analisis yang berbeda memprediksi bahwa kenaikan suhu ini dihasilkan dari peningkatan konsentrasi gas rumah kaca di atmosfer, sehingga menimbulkan kekhawatiran tentang perubahan iklim yang jauh lebih besar yang diprediksi untuk akan terjadi pada beberapa dekade mendatang. Alat ukur berbasis teknologi komputer telah membuktikan bahwa siklus karbon yang melibatkan pembakaran bahan bakar fosil yang terus meningkat oleh populasi dunia dapat meningkatkan konsentrasi karbon dioksida di atmosfer. Jika kebijakan atau emisi dari industri tidak berubah, maka konsentrasi CO₂ di masa depan akan terus meningkat yang sebagian besarnya diakibatkan dari pembakaran bahan bakar fosil.

Tanpa campur tangan manusia, konsentrasi banyak gas di atmosfer diperkirakan akan berubah secara perlahan. Namun sejak awal era industri, emisi yang dihasilkan karena aktivitas manusia telah meningkat pesat. Pertanian, industri, pembuangan limbah, penggundulan hutan, dan terutama penggunaan bahan bakar fosil sebagai pembangkit tenaga listrik telah menghasilkan peningkatan jumlah karbon dioksida (CO_2), metana (CH_4), dinitrogen oksida (N_2O), klorofluorokarbon (CFC), dan gas penting lainnya.arena meningkatnya emisi, tingkat atmosfer dari gas rumah kaca ini telah meningkat dengan kecepatan yang belum pernah terjadi sebelumnya, meningkatkan kekhawatiran mengenai dampak gas ini terhadap iklim. Beberapa gas, seperti CFC, juga bertanggung jawab atas penipisan yang teramati pada tingkat alami gas lain yang penting bagi iklim, yaitu ozon. Dari gas-gas ini, karbon dioksida dan metana, menjadi perhatian khusus terhadap perubahan iklim.

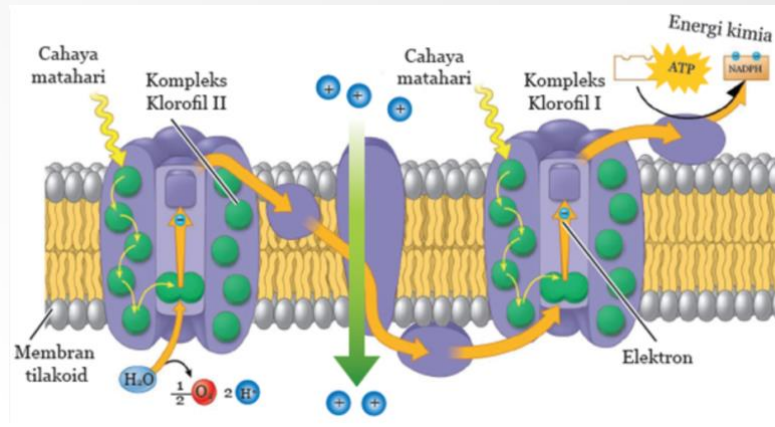
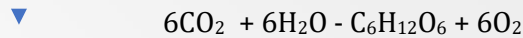
Penggunaan bahan bakar fosil sebagai sumber pembangkit tenaga listrik menyebabkan rumah tangga menjadi salah satu penyumbang gas rumah kaca yang cukup besar. Sekarang ini, banyak peralatan rumah tangga yang menggunakan listrik, seperti kompor, penanak nasi, *hairdryer*, kulkas, televisi, AC, dan lain-lain. Intensitas pemakaian alat-alat rumah tangga ini yang tinggi menyebabkan rumah tangga menjadi salah satu penyumbang gas rumah kaca yang cukup besar. Untuk mengatasi hal ini maka diperlukan energi alternatif untuk menggantikan penggunaan bahan bakar fosil, salah satunya dengan menggunakan panel surya.

Berkat kemajuan IPTEK, sekarang ini cahaya matahari dapat langsung diubah menjadi energi listrik dengan alat sel surya dari silikon. Penemuan sel surya memungkinkan untuk menghasilkan energi listrik dengan memanfaatkan cahaya matahari. Mekanisme kerja sel surya terinspirasi oleh mekanisme fotosintesis yang terjadi pada daun tumbuhan.



Gambar 1. 1 Kloroplas pada daun tempat berlangsungnya fotosintesis

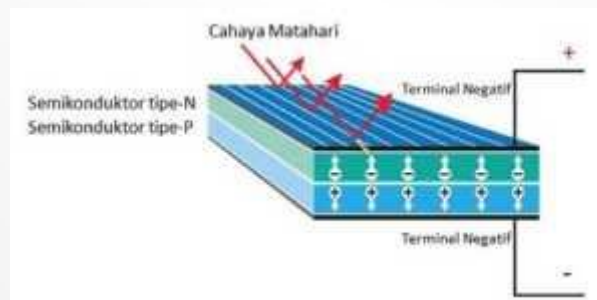
Pada proses fotosintesis dibutuhkan cahaya sebagai sumber energi. Energi tersebut ditangkap oleh zat hijau daun yang disebut klorofil. Gas karbondioksida (CO_2) dan air (H_2O) digunakan sebagai bahan untuk menghasilkan glukosa ($\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$) dan oksigen (O_2). Perhatikan reaksi berikut!



Gambar 1. 2 Reaksi perubahan energi cahaya menjadi energi kimia dalam proses fotosintesis di daun

Elektron pada kompleks klorofil akan bergerak melalui suatu saluran dan menyebabkan muatan positif ikut bergerak. Muatan positif ini selanjutnya bergerak menuju kompleks enzim yang berfungsi menghasilkan energi kimia berupa ATP dan NADPH. Energi ATP dan NADPH ini selanjutnya akan digunakan untuk mengubah CO_2 menjadi glukosa. Pergerakan elektron dalam klorofil karena energi dari sinar matahari diadaptasi dan digunakan sebagai prinsip kerja dari sel surya.

Sel surya biasa terdiri atas enam lapisan. Struktur sel surya digambarkan pada Gambar 1.3.

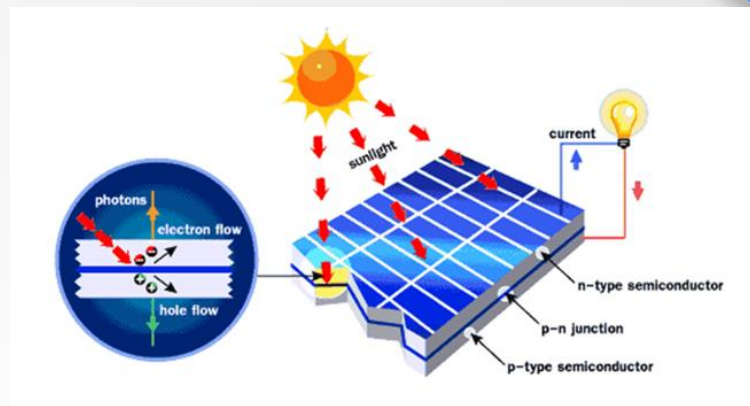


Gambar 1. 3 Struktur sel surya

(<https://bumienergisurya.com/sel-surya-solar-cell-pengertian-dan-prinsip-kerja/>)

Seperti terlihat pada struktur sel surya pada Gambar 1.3, bagian dasar dari sel surya berfungsi ganda yaitu sebagai kutub negatif sel dan meningkatkan keluaran listrik sel tersebut. Pada bagian ini terdapat lapisan pemantul untuk menahan cahaya agar tetap di dalam sistem kerja sel. Terdapat dua lapisan silikon yang telah diolah yaitu jenis-N (memiliki muatan negatif bebas) dan jenis-P (memiliki muatan positif yang tidak terbatas). Dalam keadaan gelap, muatan itu berkumpul pada sambungan antara kedua lapisan. Apabila cahaya matahari menerpa sel, maka muatannya akan tercerai berai.

Prinsip kerja sel surya digambarkan pada gambar 1.4.



Gambar 1.4 Prinsip kerja panel surya

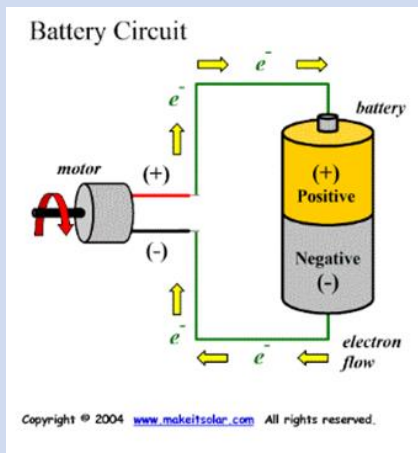
(<https://www.sanspower.com/panel-surya-prinsip-kerja-dan-kegunaan-yang-bisa-didapatkan.html>)

Seperti terlihat pada Gambar 1.4, sinar matahari yang mengenai sel surya memisahkan muatan negatif dan positif yang berkumpul di sambungan antara lapisan silikon jenis-P dan silikon jenis-N. Pemisahan ini menciptakan suatu tegangan yang membangkitkan arus jika sel itu merupakan bagian dari sirkuit tersambung.

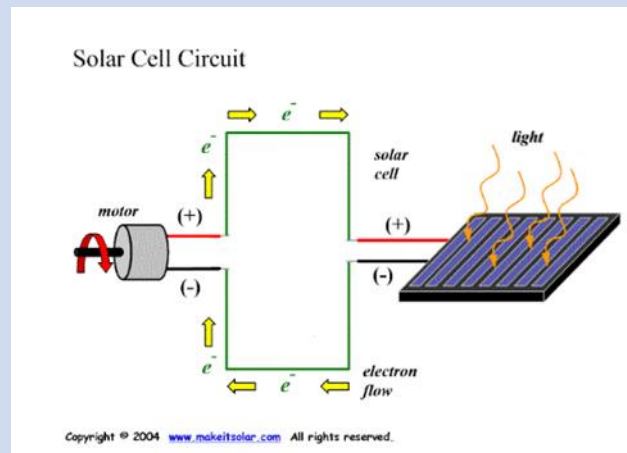
Sel surya adalah perangkat yang mengubah energi cahaya matahari langsung menjadi listrik dan berfungsi dengan efek fotovoltaiik. Photo- berarti cahaya dan -voltaic berarti arus listrik atau listrik (*light-electricity*). Sel surya menyediakan listrik arus searah (DC) yang dapat digunakan antara lain untuk menyalakan motor DC dan bola lampu. Sel surya bahkan dapat digunakan untuk mengisi baterai yang dapat diisi ulang sehingga listrik dapat disimpan untuk digunakan nanti saat matahari tidak tersedia. Baterai yang terisi penuh adalah energi portabel yang dapat digunakan kapan pun dan di mana pun dibutuhkan.

Sel surya menyediakan listrik DC yang mirip dengan baterai, namun baterai berbeda karena mereka beroperasi melalui proses yang dikenal sebagai reaksi elektrokimia. Proses ini akan memberikan arus listrik (elektro-) dari reaksi kimia (-kimia) yang terjadi di dalam baterai. Ketika Anda menghubungkan motor ke baterai, juga dikenal sebagai beban, reaksi dimulai dan elektron mengalir seperti yang ditunjukkan pada gambar: "Sirkuit Baterai". Arus searah (listrik DC) berbeda dengan arus bolak-balik (listrik AC) yang digunakan untuk menyalakan TV, lemari es, dan peralatan lain di rumah Anda, namun DC dapat diubah menjadi AC bila diperlukan.

Sel surya menghasilkan listrik DC dari cahaya. Sinar matahari mengandung paket energi yang disebut foton. Menurut Max Planck, foton yang memiliki sifat sebagai partikel, dapat diubah langsung menjadi energi listrik setelah menumbuk sel surya. Tumbukan ini akan menghasilkan panas yang kemudian dikonversi menjadi arus listrik oleh sel surya. Foton tidak dapat dilihat, tetapi dapat mengenai sel dan menghasilkan elektron bebas yang bergerak melalui kabel dan menyebabkan arus listrik seperti yang ditunjukkan pada gambar: "Sirkuit Sel Surya". Arus listrik yang dihasilkan inilah yang menggerakkan motor. Kita dapat berasumsi bahwa jumlah foton yang mengenai sel surya terkait dengan jumlah cahaya yang mengenai sel surya. Semakin banyak cahaya yang tersedia berarti semakin banyak foton yang mengenai sel surya dan semakin banyak daya yang didapatkan darinya.



Gambar 1.5 Rangkaian baterai



Gambar 1.6 Rangkaian sel surya

Panel PV terdiri dari bagian-bagian yang lebih kecil yang disebut sel surya. Sel surya, seperti baterai, masing-masing memiliki nilai tegangan (V atau volt) dan arus listrik (A atau amp). Daya total dalam watt (W atau watt) yang dikirimkan adalah tegangan dikalikan ampere.

$$\text{Volt} \times \text{Amps} = \text{Watt} \text{ atau } V \times A = W.$$

Rangkaian Pararel pada Baterai

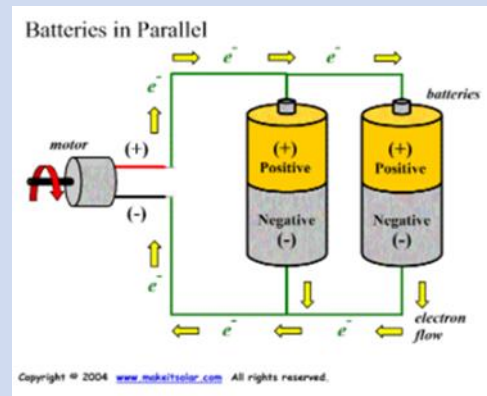
Baterai dapat diatur secara paralel atau seri tergantung pada kebutuhan perangkat yang ingin kita nyalakan.

Secara paralel, arus listrik yang dihasilkan lebih besar (aditif) karena penggabungan arus listrik dari kedua baterai dan tegangannya setara dengan tegangan kedua baterai. Jika kita memiliki baterai yang masing-masing 1,5 V dan 1,8 A, maka:

$$\text{Jumlah} = A1 + A2$$

$$\text{Total} = 1,8 \text{ A} + 1,8 \text{ A} = 3,6 \text{ A dan}$$

$$\text{Daya} = 1,5 \text{ V} \times 3,6 \text{ A} = 5,4 \text{ Watt untuk daya.}$$



Gambar 1. 7 Rangkaian paralel pada baterai

Rangkaian Seri pada Baterai

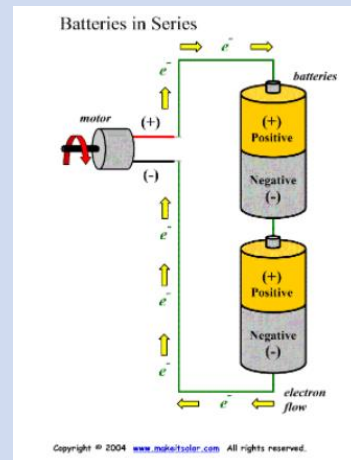
Dalam rangkaian seri, tegangan yang dihasilkan setara dengan jumlah tegangan sumber (aditif), dan arus listrik yang dihasilkan konstan.

$$V_{\text{total}} = V_1 + V_2$$

$$V_{\text{total}} = 1,5 \text{ V} + 1,5 \text{ V} = 3,00 \text{ V dan}$$

$$\text{Daya} = 3,00 \text{ V} \times 1,8 \text{ A} = 5,40 \text{ Watt}$$

Berapa banyak baterai ini yang Anda perlukan dan bagaimana Anda harus mengaturnya jika Anda ingin menyalakan radio 6 volt?



Gambar 1.8 Rangkaian seri pada baterai

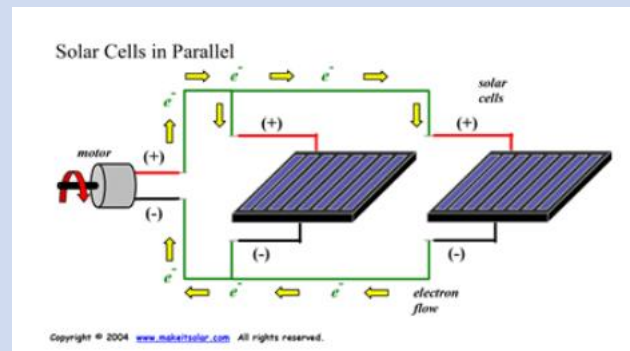
Rangkaian Pararel pada Sel Surya

Secara paralel, arus listrik adalah aditif dan tegangannya konstan. Jika kita memiliki sel yang masing-masing 0,5 V dan 0,1 A, maka:

$$\text{Jumlah} = A_1 + A_2$$

$$\text{Total} = 0,1 \text{ A} + 0,1 \text{ A} = 0,2 \text{ A dan}$$

$$\text{Daya} = 0,5 \text{ V} \times 0,2 \text{ A} = 0,1 \text{ Watt}$$



Gambar 1. 9 Rangkaian paralel pada sel surya

Rangkaian Seri pada Sel Surya

Dalam rangkaian seri tegangan adalah aditif dan ampere konstan.

$$V_{\text{total}} = V_1 + V_2$$

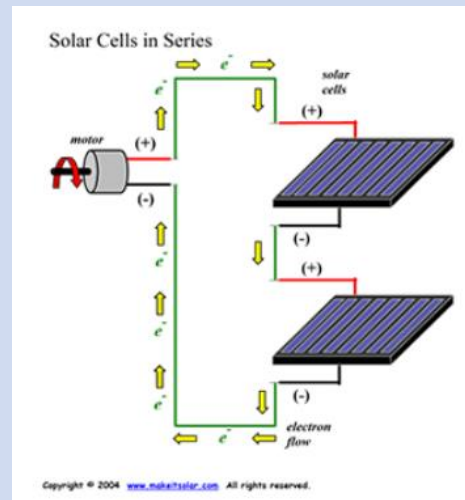
$$V_{\text{total}} = 0,5 \text{ V} + 0,5 \text{ V} = 1,0 \text{ V dan}$$

$$\text{Daya} = 1,0 \text{ V} \times 0,1 \text{ A} = 0,1 \text{ Watt}$$

Sel surya dihubungkan dan disusun menjadi satu panel. Beberapa ukuran panel standar adalah 12 volt dan 24 volt.

Berapa banyak dari sel-sel ini yang Anda butuhkan dan bagaimana Anda harus menghubungkannya untuk membuat panel surya 12 volt?

Jika Anda memiliki 2 panel yang masing-masing diberi nilai 12 volt, berapa banyak panel yang Anda perlukan dan bagaimana Anda harus menghubungkannya jika Anda menginginkan sistem 24 volt?



Gambar 1.10 Rangkaian seri pada sel surya

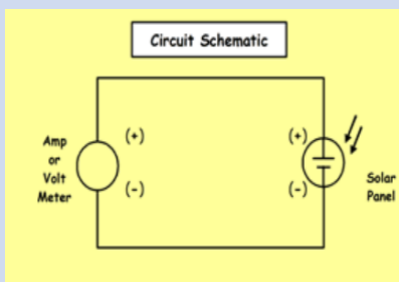
D. Aktivitas

Praktikum 1.

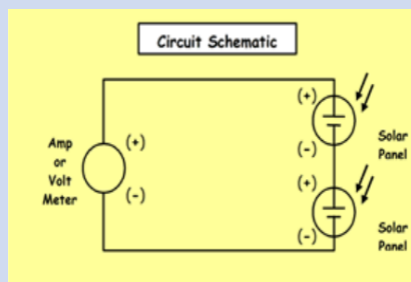
Mengukur Tegangan dan Arus dari Panel Surya Rangkaian Seri dan Pararel

Alat dan Bahan:

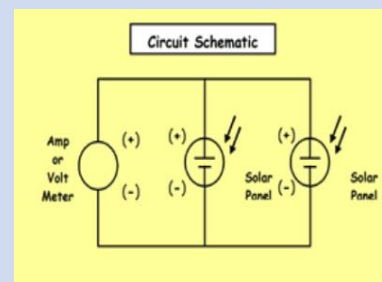
- 1) Dua solar panel
- 2) Papan rangkaian
- 3) Multi-meter



Skema 1



Skema 2



Skema 3

Prosedur:

- 1) Temukan tempat yang cerah untuk bekerja di luar.
- 2) Hubungkan meteran ke satu panel surya seperti yang ditunjukkan pada Skema 1 dan atur panel surya sehingga mendapat sinar matahari yang cukup.
- 3) Ukur tegangan (volt) DC dan rekam data Anda.
- 4) Ukur arus (Ampere) DC dan rekam data Anda.
- 5) Hubungkan meteran ke dua panel surya seperti yang ditunjukkan pada Skema 2 dan atur panel surya sehingga mendapat sinar matahari yang cukup.
- 6) Ukur volt DC dan rekam data Anda.
- 7) Ukur ampli DC dan rekam data Anda.
- 8) Hubungkan meteran ke dua panel surya seperti yang ditunjukkan pada Skema 2 dan atur panel surya sehingga mendapat sinar matahari yang cukup.
- 9) Ukur volt DC dan rekam data Anda.
- 10) Ukur ampli DC dan rekam data Anda.

Hasil Pengamatan:

Rangkaian	Output Panel Surya (DC volts (V))	Output Panel Surya (Arus DC amps (A))
Sel surya (Skema 1)		
Sel surya dikali 2		
Panel surya dirangkai seri (Skema 2)		
Panel surya dirangkai paralel (Skema 3)		

Praktikum 2

Sudut Matahari pada Panel

Posisi Matahari berubah pada siang hari. Matahari lebih tinggi di langit di musim panas. Saat posisi Matahari berubah, sudut sinar matahari yang jatuh ke panel surya berubah.

Panel surya mendapatkan energi sinar matahari paling banyak ketika menghadap langsung ke Matahari. Untuk mengoptimalkan jumlah energi yang diterima, beberapa dirancang untuk bergerak atau mengikuti Matahari di siang hari.

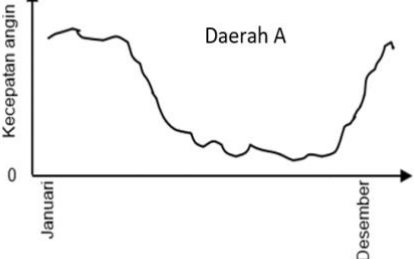
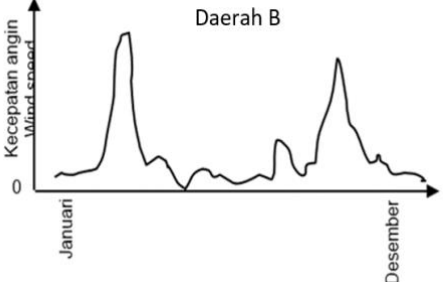
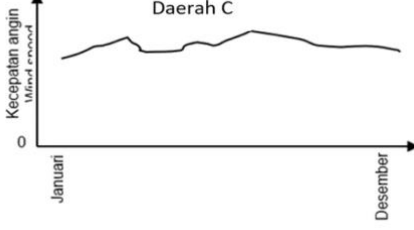
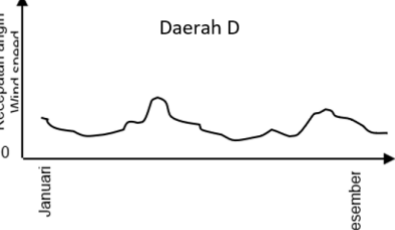
Prosedur Percobaan:

- 1) Siapkan peralatan Anda. Letakkan panel surya pada permukaan datar sehingga menghadap lurus ke atas dan pertahankan pada posisi yang sama untuk semua hasil pengamatan.
- 2) Mulailah pengujian Anda pada pukul 08.00 WIB. Catat waktu dan pembacaan mA pada ammeter Anda.
- 3) Biarkan panel surya di tempatnya. Kembalilah dalam 1 jam untuk mengumpulkan lebih banyak data. Catat waktu dan pembacaan mA pada ammeter Anda.
- 4) Ulangi langkah #3 pada 10:00, 11:00, 12:00, 13:00, 14:00, 15:00 dan 16:00. Setiap kali, catat waktu dalam sehari dan pembacaan mA pada ammeter Anda.
- 5) Tuliskan hasil pengamatan Saudara pada tabel dan buatlah Grafik dari data tersebut untuk mAmps (sumbu Y) sebagai fungsi waktu (sumbu X).

No	Waktu	Solar Cell Output (mili-amps mA)
1.	08.00	
2.	09.00	
3.	10.00	
4.	11.00	
5.	12.00	
6.	13.00	
7.	14.00	
8.	15.00	
9.	16.00	

No	Pertanyaan dan Jawaban
1.	Dimana tempat yang paling baik untuk menempatkan panel surya sehingga dapat menghasilkan jumlah energi listrik yang paling besar?
2.	Apa yang akan terjadi jika panel surya dimiringkan ke sudut yang berbeda?
3.	Bagaimana panel surya dapat membantu orang yang tidak memiliki akses ke jaringan listrik?
4.	Sebutkan aspek positif dan negatif dari sinar matahari di rumah! Bagaimana kita mendesain rumah sehingga aspek positif dari sinar matahari lebih dominan dari aspek negatifnya?

E. Latihan

No	Soal
1.	PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA ANGIN Pembangkit listrik tenaga angin secara luas dipandang sebagai salah satu sumber energi yang dapat menggantikan pembangkit listrik berbahan bakar minyak bumi dan batu bara. Pada gambar berikut tampak sejumlah kincir angin dengan baling-baling yang berputar saat terkena angin. Putaran kincir angin diubah menjadi energi listrik oleh generator. Grafik berikut menunjukkan rata-rata kecepatan angin di 4 tempat yang berbeda sepanjang tahun. Manakah grafik yang menunjukkan tempat yang paling cocok untuk pembangkit listrik tenaga angin?  A. Kecepatan angin Wind speed Daerah A  B. Kecepatan angin Wind speed Daerah B  C. Kecepatan angin Wind speed Daerah C  D. Kecepatan angin Wind speed Daerah D 

2. Semakin kuat angin, semakin cepat baling-baling berputar dan semakin besar daya listrik yang dihasilkan. Tetapi pada kenyataannya, tidak ada hubungan langsung antara kecepatan angin dan daya listrik yang dihasilkan. Berikut ini adalah empat kondisi kerja nyata dari pembangkit listrik tenaga angin.

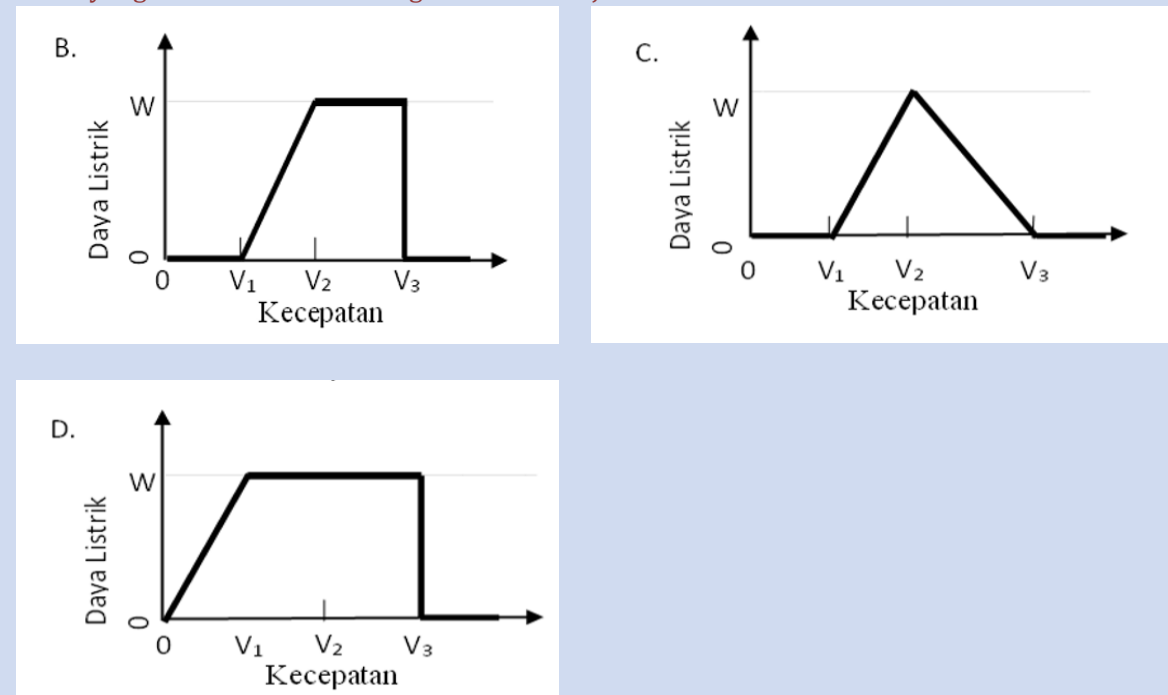
Baling-baling mulai berputar saat kecepatan angin mencapai V_1 .

Untuk alasan keamanan, putaran baling-baling dibuat tidak meningkat saat kecepatan angin lebih besar dari V_2 .

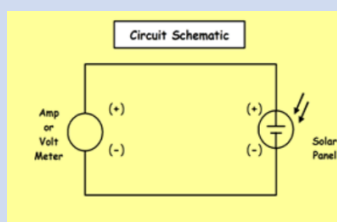
Daya listrik akan maksimum (W) saat kecepatan angin adalah V_2 .

Baling-baling akan berhenti berputar saat kecepatan angin mencapai V_3 .

Manakah grafik yang paling tepat menunjukkan hubungan antara kecepatan angin dan daya listrik yang dihasilkan sesuai dengan kondisi kerja di atas?

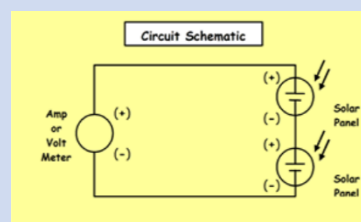


3. Diberikan tiga skema rangkaian sel surya seperti di bawah ini:



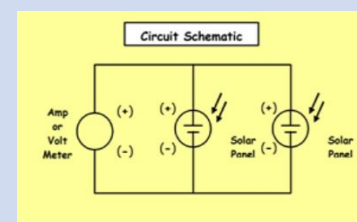
Skema 1

Sel surya tunggal



Skema 2

Sel surya disusun seri



Skema 3

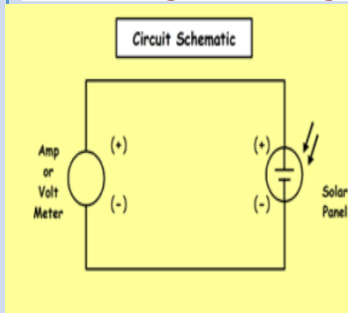
Sel surya disusun paralel

Diantara ketiga skema gambar di atas, manakah rangkaian yang menghasilkan tegangan paling besar jika dihubungkan?

- Skema 1
- Skema 2
- Skema 3
- Skema 2 dan 3

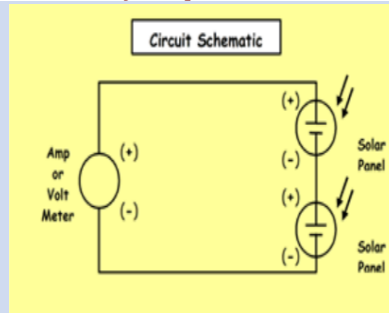
4.

Diberikan tiga skema rangkaian sel surya seperti di bawah ini:



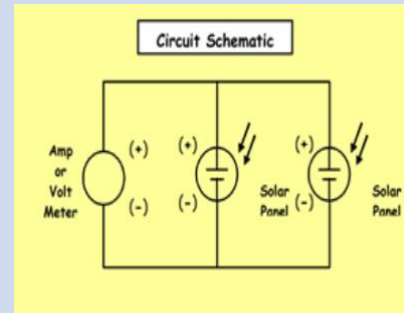
Skema 1

Sel surya tunggal



Skema 2

Sel surya disusun seri



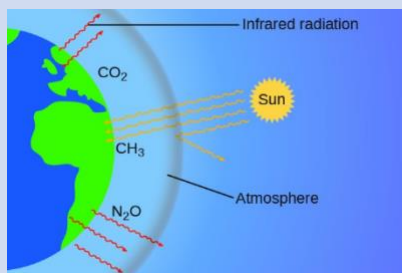
Skema 3

Sel surya disusun paralel

Diantara ketiga skema gambar di atas, manakah rangkaian yang menghasilkan arus paling besar jika dihubungkan?

- A. Skema 1
- B. Skema 2
- C. Skema 3
- D. Skema 2 dan 3

5.



Berdasarkan gambar di atas, dimana gas rumah kaca memerangkap energi?

- A. Di rumah kaca
- B. Di pegunungan
- C. Di dalam tanah
- D. Di atmosfer

BAB 2 FISIKA

A. PENGANTAR

Bab 2 ini disusun sebagai salah satu alternatif sumber bahan ajar bagi guru IPA/Fisika untuk memahami topik Fluida, Medan Magnet dan induksi Elektromagnetik. Melalui pembahasan materi yang terdapat pada bab ini, guru dapat memiliki dasar pengetahuan untuk mengajarkan materi yang sama ke peserta didiknya yang disesuaikan dengan indikator yang telah disusun, dan terutama dalam memfasilitasi kemampuan bernalar peserta didik. Selain itu, materi ini juga aplikatif untuk guru sendiri sehingga mereka dapat menerapkannya dalam kehidupan sehari-hari.

Dalam rangka memudahkan guru mempelajari konten dan cara mengajarkannya, di dalam bab ini dimuat kompetensi dasar terkait yang memuat target kompetensi dan indikator pencapaian kompetensi, bahan bacaan tentang aplikasi topik Fluida, Medan Magnet, dan Induksi Elektromagnetik dalam kehidupan sehari-hari, deskripsi alternatif aktivitas pembelajaran, Lembar Kegiatan Peserta Didik (LKPD) yang dapat digunakan guru untuk memfasilitasi pembelajaran, dan bahan bacaan yang dapat dipelajari oleh guru, maupun peserta didik. Komponen-komponen di dalam bab ini dikembangkan dengan tujuan agar guru dapat dengan mudah memfasilitasi peserta didik menganalisis fenomena Fluida, Medan Magnet, dan Induksi Elektromagnetik dalam kehidupan sehari-hari, melakukan aktivitas praktik Fluida Statis, Fluida Dinamis, Medan Magnet, GGL induksi, Transformator, dan generator sekaligus mendorong peserta didik mencapai kemampuan berpikir tingkat tinggi.

B. KOMPETENSI

Kompetensi Dasar dan Target Kompetensi

No	Kompetensi Dasar	Target Kompetensi
1	Menganalisis medan magnetik, induksi magnetik, dan gaya magnetik pada berbagai produk teknologi.	1. Menganalisis medan magnetik pada berbagai produk teknologi 2. Menganalisis induksi magnetik pada berbagai produk teknologi 3. Menganalisis gaya magnetik pada berbagai produk teknologi
2	Melakukan percobaan tentang induksi magnetik dan gaya magnetik disekitar kawat berarus listrik berikut presentasi hasilnya.	4. Melakukan percobaan tentang induksi magnetik disekitar kawat berarus listrik 5. Mempresentasikan hasil percobaan induksi magnetik disekitar kawat berarus listrik 6. Melakukan percobaan tentang gaya magnetik disekitar kawat berarus listrik

No	Kompetensi Dasar	Target Kompetensi
		7. Mempresentasikan hasil tentang gaya magnetik disekitar kawat berarus listrik
3	Menganalisis fenomena induksi elektromagnetik dalam kehidupan sehari-hari.	8. Menganalisis fenomena induksi elektromagnetik dalam kehidupan sehari-hari
4	Melakukan percobaan tentang induksi elektromagnetik berikut presentasi hasil percobaan dan pemanfaatannya dalam kehidupan sehari-hari.	9. Melakukan percobaan tentang induksi elektromagnetik 10. Mempresentasikan hasil percobaan dan pemanfaatannya dalam kehidupan sehari-hari
5	Menerapkan hukum-hukum fluida statik dalam kehidupan sehari hari.	11. Menerapkan Hukum Pokok Hidrostatika dalam permasalahan kehidupan sehari hari 12. Menerapkan Hukum Pascal dalam permasalahan kehidupan sehari hari 13. Menerapkan Hukum Archimedes dalam permasalahan kehidupan sehari hari
6	Merancang dan melakukan percobaan yang memanfaatkan sifat-sifat fluida statik, berikut presentasi hasil percobaan dan pemanfaatannya.	14. Merancang percobaan yang memanfaatkan sifat-sifat fluida statik. 15. Melakukan Percobaan yang memanfaatkan sifat-sifat fluida statik 16. Mempresentasikan hasil percobaan dan pemanfaatan sifat-sifat fluida statik.
7	Menerapkan prinsip fluida dinamik dalam teknologi.	17. Menerapkan persamaan kontinuitas dalam permasalahan kehidupan sehari hari 18. Menerapkan Azas Bernoulli dalam permasalahan kehidupan sehari hari
8	Membuat dan menguji proyek sederhana yang menerapkan prinsip dinamika fluida.	19. Merancang proyek sederhana yang menerapkan azas Bernoulli. 20. Membuat proyek dari hasil rancangan. 21. Menguji alat hasil proyek dan mempresentasikannya.

C. URAIAN MATERI

1. Fluida

Pembahasan untuk materi fluida, dibatasi pada ruang lingkup fluida statis dan fluida dinamis. Bahasan pertama diawali pada fluida statis. Beberapa konsep yang sering diaplikasikan dalam kehidupan sehari-hari adalah sebagai berikut:

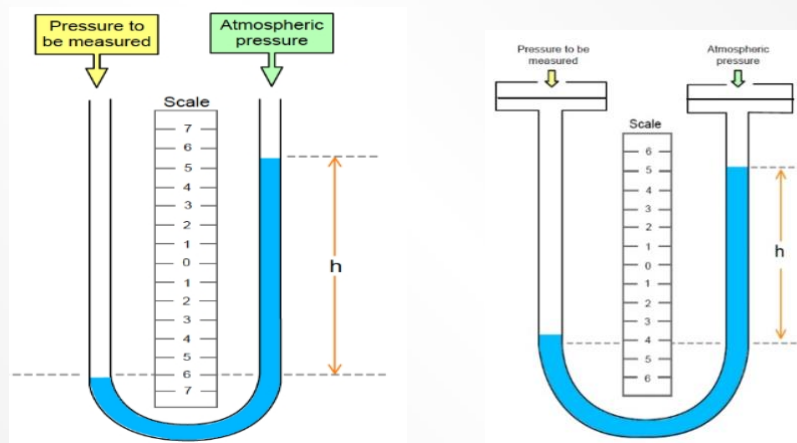
a. Fluida Statis

1) Hukum Pokok Hidrostatika

Aplikasi Hukum Pokok Hidrostatika dalam kehidupan sehari-hari ditunjukkan seperti di bawah ini.

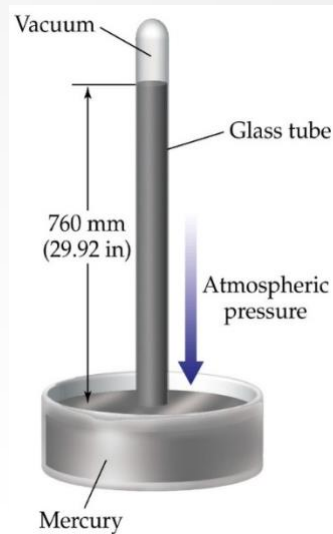
a) Manometer

Manometer adalah alat yang berfungsi untuk mengukur tekanan udara / gas dalam ruang tertutup. Manometer sering digunakan pada kapal selam, tabung gas LPG, Tabung Oksigen, dan Kompresor. Ada beberapa jenis manometer, diantaranya adalah U-Tube Manometer dan Two Liquid Manometer. Manometer two liquid (Manometer dua zat cair) digunakan untuk mengukur tekanan yang sangat kecil. Manometer terdiri dari dua lubang, masing-masing memiliki luas penampang yang sama, dihubungkan oleh tabung-U dengan luas penampang yang jauh lebih kecil. Manometer mengandung dua cairan, dengan densitas yang berbeda. Cairan dengan tinggi lebih rendah, densitasnya lebih padat daripada cairan yang permukaannya lebih tinggi. Kedua cairan tidak boleh bercampur dan batasnya harus jelas. Semakin kecil selisih densitas cairan, semakin sensitif manometernya. Skala biasanya dikalibrasi oleh pabrikan dalam satuan tekanan, misal. mmHg atau Pascal, sehingga nilai tekanan dapat dibaca langsung dari perangkat.



Gambar 2. SEQ Gambar_2. * ARABIC 1 Tabung U dan manometer 2 cairan.
Sumber: <https://instrumentationtools.com>

b) Barometer



Gambar 2. SEQ Gambar_2. * ARABIC 3 Barometer Raksa dan Barometer Klasik
Sumber: [https:// www.amazon.co.uk](https://www.amazon.co.uk)

Hampir sama dengan manometer, barometer digunakan untuk mengukur tekanan udara disuatu tempat/ruang. Memanfaatkan selisih perbedaan 2 tekanan.

c) Desain Bangunan Bendungan (DAM)

Bendungan atau DAM diperuntukkan untuk menampung air dalam jumlah besar. Bobot air yang besar ditambah volumenya yang banyak mampu menjebol beton. Ini disebabkan tekanan air yang begitu kuat. Semakin tinggi permukaan air, tekanan di dasar semakin kuat sehingga desain bangunan bendungan di bagian bawah dibuat lebih lebar. Selain untuk menahan tekanan air, difungsikan juga untuk menahan dinding bendungan yang menjulang tinggi.

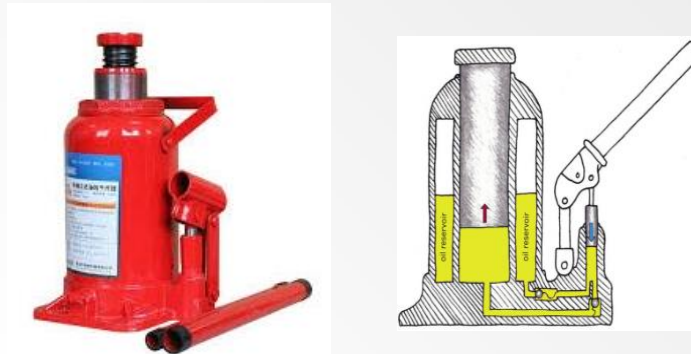


Gambar 2. SEQ Gambar_2. * ARABIC 4 Bendungan Mila di NTB
Sumber: [http:// media.suara.com](http://media.suara.com)

2) Hukum Pascal

Aplikasi hukum Pascal dikehidupan sehari-hari banyak dijumpai pada permesinan dan otomotif. Diantaranya adalah: Dongkrak hidrolik, Rem Hidrolik pada motor, Rem Hidrolik di mobil, Pengangkat mobil hidrolik di tempat cuci mobil, dan penggerak lengan (arm) serta ember (bucket) di Excavator.

a) Dongkrak Hidrolik



Gambar 2. SEQ Gambar_2. * ARABIC 5 Dongkrak Hidrolik
Sumber: <https://hargamesin.org> dan <https://mesinhidrolik.wordpress.com>

Dongkrak hidrolik merupakan sebuah alat yang memanfaatkan penyebaran tekanan fluida ke segala arah. Dari tabung kecil ke tabung besar. Saat dongkrak dipompa, fluida yang ada di sekeliling tuas pengangkat, turun dan masuk ke pipa besar dibawah tuas, akibatnya tuas tertekan oleh fluida dari bawah dan terangkat ke atas. Bagaimana proses tuas terangkat saat dongkrak di pompa, saudara dan peserta didik bisa menyaksikan video di link berikut: <https://www.youtube.com/watch?v=iXXt2oGXvmo>.

b) Rem Hidrolik Sepeda Motor

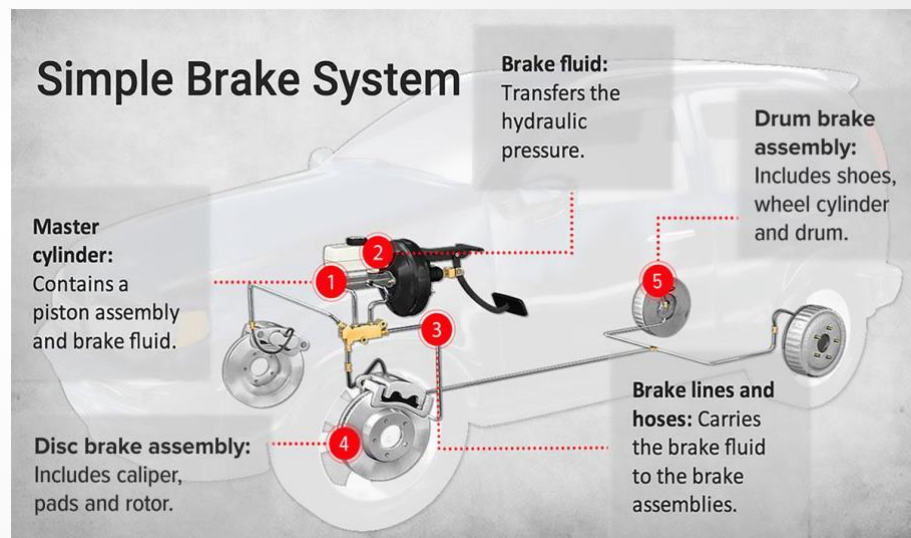


Gambar 2. SEQ Gambar_2. * ARABIC 6 Rem Hidrolik Sepeda Motor
Sumber: <https://i.ytimg.com>

Penerapan hukum Pascal pada rem hidrolik sepeda motor didasarkan pada penyebaran tekanan fluida dari master silinder rem ke kaliper rem. Saat tuas rem ditekan di stang motor, fluida (minyak rem) yang ada pada master silinder tertekan dan bergerak ke kaliper rem melalui selang rem. Tekanan yang diteruskan dari

master silinder akibat tuas rem, diubah oleh mekanik di kaliper rem untuk menekan kampas rem menjepit cakram (piringan) rem, akibatnya pengereman pada roda sepeda motor terjadi. Berdasarkan mekanisme kerja rem hidrolis di sepeda motor, untuk keamanan mengendara sering-seringlah cek minyak rem, selang rem dan kampas rem. Saat minyak rem berkurang karena bocor di master silinder atau di selang rem, maka fungsi pengereman menjadi tidak maksimal, bahkan gagal. Kampas rem yang tipis juga dapat menyebabkan pengereman menjadi tidak pakem.

c) Rem Hidrolis di Mobil



Gambar 2. SEQ Gambar_2. * ARABIC 7 Rem Hidrolis Mobil
Sumber: <https://www.lesschwab.com>

Prinsip kerja rem hidrolis di mobil pada dasarnya hampir sama dengan di sepeda motor. Ketika tuas rem diinjak fluida yang berada di silinder utama (Master cylinder) tertekan dan terdorong melalui pipa rem yang menuju ke empat roda. Di kedua roda depan terdapat kaliper dengan kampas rem sebagai penjepit piringan, sedangkan di roda belakang ada drum yang di dalamnya ada kampas rem yang melebar dan menjepit drum sehingga pengereman terjadi. Saudara dan peserta didik dapat mengamati lebih jelas bagaimana proses rem hidrolis di mobil terjadi dengan mengunjungi alamat website: <https://www.lesschwab.com/article/complete-guide-to-disc-brakes-and-drum-brakes.html>.

d) Pengangkat Mobil Hidrolik

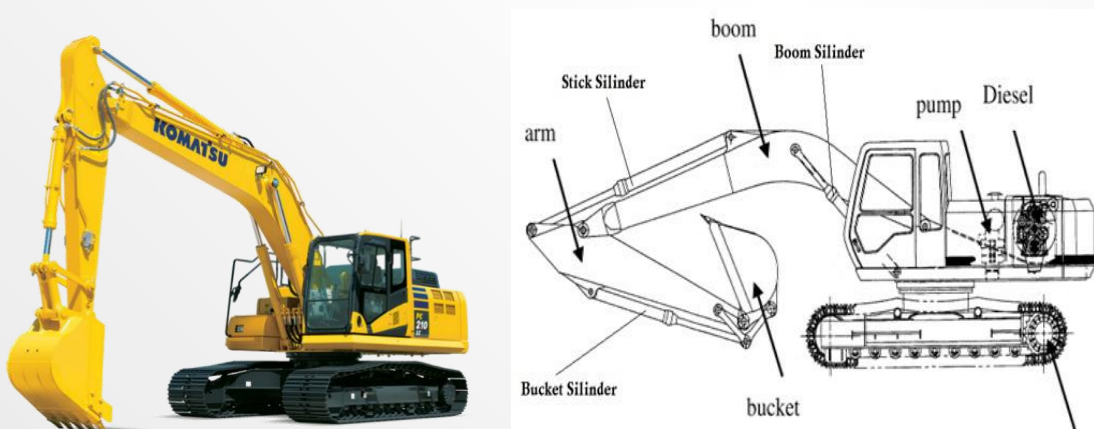


Gambar 2. SEQ Gambar_2. * ARABIC 8 Pengangkat Mobil Hidrolik
Sumber: <https://storage.jualo.com>

Pengangkat mobil hidrolik sering kita jumpai di tempat pencuci mobil. Angin yang berasal dari kompresor menekan fluida pada pipa yang ada di bawah lantai, tekanan fluida diteruskan ke pipa yang terhubung ke mekanik, dan mendorong mekanik bergerak ke atas mengangkat mobil. Untuk menurunkan mobil cukup dengan membuang angin yang disuntikkan ke pipa di bawah lantai secara perlahan-lahan. Tekanan fluida berkurang, mekanik kembali turun menarik mobil ke bawah.

e) Alat berat (Excavator)

Excavator merupakan peralatan berat yang memanfaatkan hukum Pascal dalam pengoperasiannya. Ada 3 silinder yang didalamnya terdapat fluida yang dapat diatur tekanannya melalui pompa di dekat mesin excavator. Tuas yang ada pada tiap silinder membuat Boom, arm, dan bucket bergerak sesuai yang diinginkan pengemudi (operator) Excavator.



Gambar 2. SEQ Gambar_2. * ARABIC 9 Excavator
Sumber: <https://www.komatsuamerica.com> dan <https://sersasih.files.wordpress.com>

3) Hukum Archimedes

Aplikasi hukum Archimedes dalam kehidupan sehari-hari banyak dijumpai diberbagai sektor. Sektor industri, militer, perdagangan, kelautan dan sektor lainnya. Pembuatan hidrometer, desain kapal selam, perbaikan kapal di galangan, pembuatan jembatan ponton, desain balon udara, dan desain kapal pesiar.

a) Hidrometer

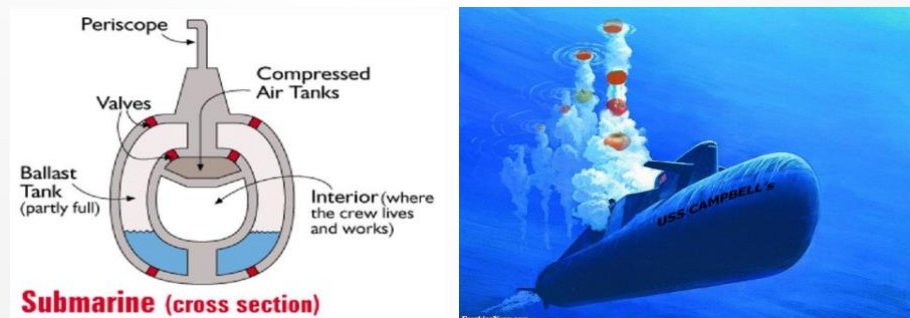


Gambar 2. SEQ Gambar_2. * ARABIC 10 Hidrometer

Sumber: <https://s0.bukalapak.com> dan <https://www.brewingamerica.com>

Hidrometer merupakan alat untuk mengukur massa jenis suatu fluida. Prinsip gaya apung digunakan dalam proses pembuatan hidrometer. Semakin besar massa jenis fluida semakin tinggi batang hidrometer yang muncul di permukaan fluida. Sebaliknya semakin kecil massa jenis fluida semakin tenggelam batang hidrometer. Pembuatan skala pada hidrometer didasarkan pada kalibrasi massa jenis fluida yang sudah diketahui nilainya.

b) Kapal Selam

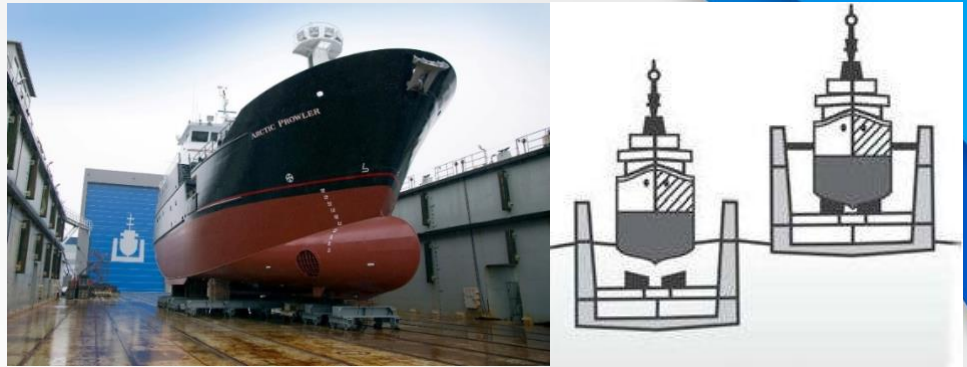


Gambar 2. SEQ Gambar_2. * ARABIC 11 Kapal Selam

Sumber: <https://www.brighthubengineering.com>

Bagian Kapal selam terdiri dari katup-katup (valves) untuk mengisi dan membuang air laut. Pada saat kapal hendak menyelam maka katup bagian atas terbuka dan air laut masuk memenuhi rongga dinding kapal selam. Akibatnya massa jenis kapal selam membesar, kapal selam tenggelam. Sebaliknya saat hendak mengapung, bagian tangki udara tekanan tinggi (Compressed air tank), membuka katupnya untuk mengalirkan udara mendorong air laut di rongga dinding (Ballast Tank) keluar dari kapal melalui katup yang ada di dinding kapal selam. Akibatnya massa jenis kapal selam mengecil dan mampu mengapung di permukaan air laut.

c) Perbaikan kapal di galangan



Gambar 2. SEQ Gambar_2. * ARABIC 12 Galangan Kapal
 Sumber: <https://1.bp.blogspot.com> dan <https://www.berpendidikan.com>

d) Jembatan ponton



Gambar 2. 13 Jembatan Ponton

Sumber: <https://storage.googleapis.com>

e) Desain Balon Udara



Gambar 2. SEQ Gambar_2. * ARABIC 14 Balon Udara
 Sumber: <http://thecoolhunter.net>, <https://image.made-in-china.com>, <https://www.apexballoons.com>, dan

f) Desain kapal pesiar

Badan kapal pesiar dibuat sedemikian rupa untuk bisa menampung beban yang berat. Badan kapal yang terbenam dibuat seluas mungkin untuk memindahkan fluida sehingga timbul gaya angkat yang besar. Tentunya selain konsep gaya apung, konsep benda tegar tetap dipertimbangkan untuk membuat kapal tidak oleng saat terhempas ombak yang besar.



Gambar 2. SEQ Gambar_2. * ARABIC 15 Kapal Pesiar
Sumber: <https://eljohnnews.com>, <http://getlost.id>

b. Fluida Dinamis

1) Debit dan Persamaan Kontinuitas

Aplikasi Debit dan Persamaan Kontinuitas dalam kehidupan sehari-hari ditunjukkan seperti di bawah ini.

a) Semprotan air

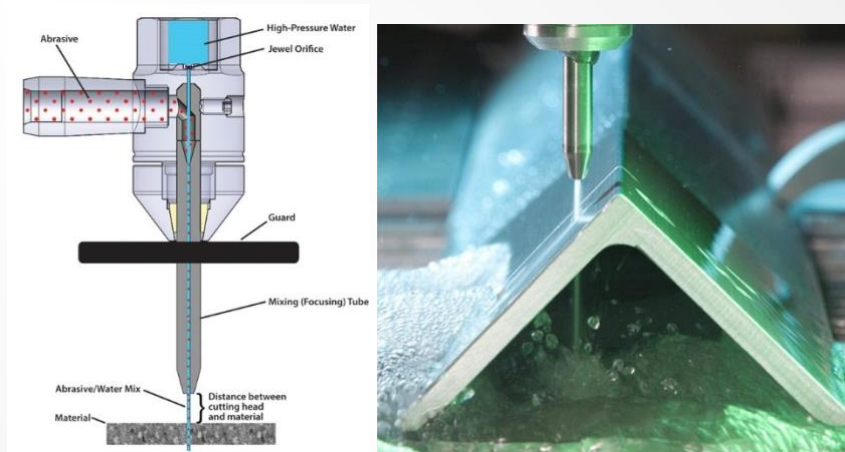
Berdasarkan persamaan kontinuitas bila debit aliran dianggap konstan maka saat ujung pipa ditekan (diperkecil penampangnya) akibatnya kecepatan semburan air makin besar. Itulah mengapa saat kita hendak menyiram tanaman yang jaraknya jauh, cukup dengan memencet ujung selang.



Gambar 2. SEQ Gambar_2. * ARABIC 16 Semprotan air
Sumber: <http://aeroengineering.co.id>

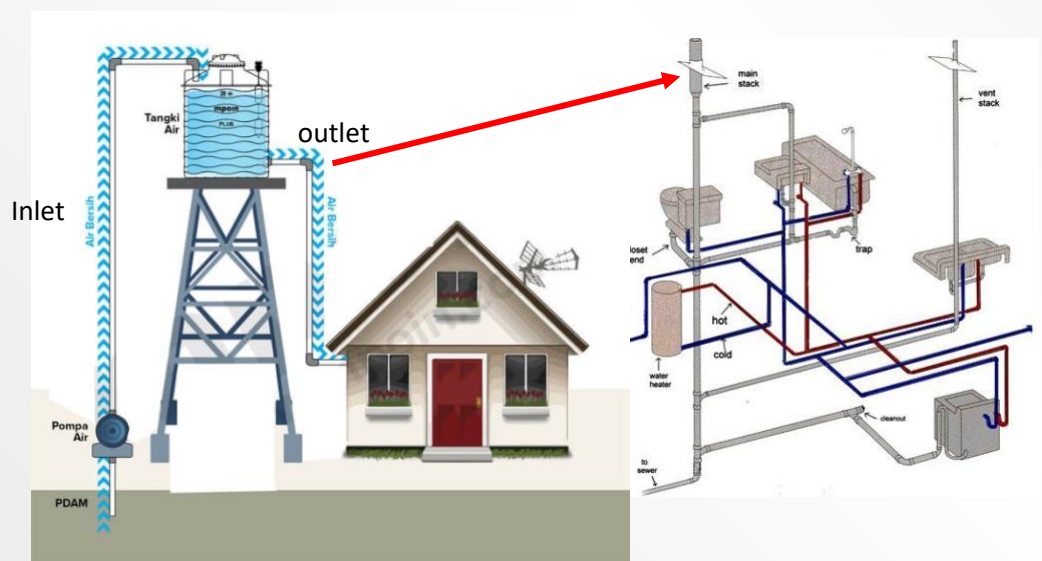
b) Water Jet Cutter

Water Jet Cutter atau pemotong jet air merupakan alat pemotong serba guna yang memanfaatkan kecepatan air bertekanan tinggi sebagai mediana. Ujung pemotong atau nozzle berdiameter 0,1-0,4 mm, dan tekanan air sekitar 50.000 psi (1 atm = 14,7 psi) serta kecepatan air keluar dapat mencapai 900 m/s. Bersama dengan garnet, partikel mineral yang dicampur bersama air, water jet mampu memotong lempengan besi, baja, kaca dan sejenisnya tanpa meninggalkan residu dan jejak panas disekeliling potongan. Water jet sangat efektif untuk penghematan bahan yang dipotong, terutama saat memotong bahan yang mahal seperti Titanium. Dengan lebar jalur potongan 0,5 mm, bahan yang hilang sangat kecil. Keuntungan lain dari water jet adalah lebih presisi dalam memotong, waktu pemotongan sangat cepat, dan ramah lingkungan. Selain itu lebih ekonomis karena air dan bahan abrasive mudah didaur ulang.



Gambar 2. SEQ Gambar_2. * ARABIC 17 Water Jet Cutter
Sumber: <https://www.klhindustries.com>

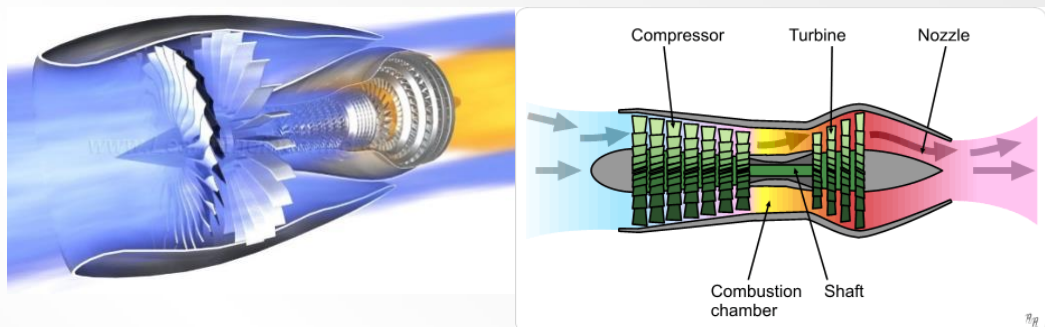
c) Instalasi Air di Perumahan



Gambar 2. SEQ Gambar_2. * ARABIC 18 Instalasi air di rumah
Sumber: <https://mpoin.com> dan <http://redlandplumbing.co.uk>

Pada instalasi air di perumahan terlihat bahwa pipa inlet selalu lebih kecil diameternya dibanding pipa outlet. Ini dimaksudkan dengan diameter pipa inlet yang kecil, laju air naik menuju tandon bisa lebih kencang dan bertekanan tinggi sehingga mampu menjangkau tandon yang posisinya tinggi. Sebaliknya pipa outlet dibuat lebih besar diameternya, dengan maksud dapat menampung debit air dengan jumlah besar saat hendak dialirkan menuju instalasi air di rumah. Pipa yang besar menampung massa air yang banyak sehingga berat air menjadi gaya tekan ke arah bawah mendorong air masuk ke instalasi. Barulah ketika masuk ke tiap ruangan, pipa akan bercabang dengan diameter yang semakin kecil untuk membagi debit air dan mempercepat laju air.

d) Desain Mesin Jet



Gambar 2. SEQ Gambar_2. * ARABIC 19 Desain Mesin Jet

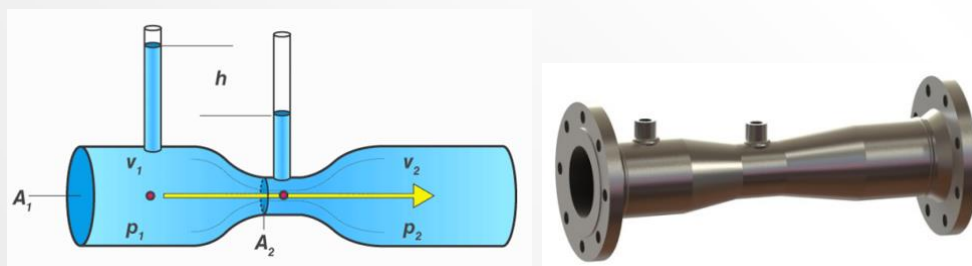
Sumber: <http://aeroengineering.co.id>

Mesin Jet dibagian depan didesain untuk dapat menyerap udara sebanyak banyaknya, sehingga diameter depan lebih besar dibandingkan belakangnya. Melalui kompresi dan pembakaran avtur di mesin udara yang disedot mengembang naik tekanannya dan dihembuskan ke bagian belakang mesin dengan diameter moncong yang jauh lebih kecil dari depannya. Akibatnya tekanan dan kelajuan udara yang disebarkan jauh lebih besar dari kecepatan udara yang tersedot masuk ke mesin jet. Semburan udara dari belakang mesin jet menciptakan dorongan bagi pesawat untuk melaju kencang ke depan.

2) Azas Bernoulli

Aplikasi Azas Bernoulli dalam kehidupan sehari-hari dan teknologi antara lain sebagai berikut:

a) Venturimeter



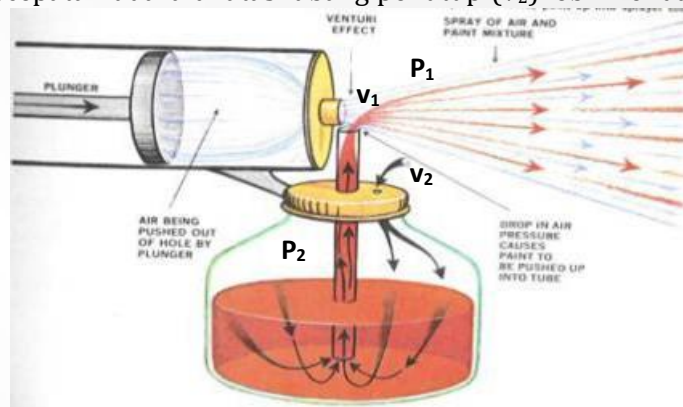
Gambar 2. SEQ Gambar_2. * ARABIC 20 Venturimeter

Sumber: <https://byjus.com> dan <https://www.mechanicalbooster.com>

Venturi meter merupakan sebuah alat untuk mengukur laju fluida yang mengalir dalam sebuah pipa. Dengan membandingkan perbedaan ketinggian dari tiap diameter dapat diketahui laju aliran fluida. Venturimeter banyak digunakan di industri perusahaan cair minum (PDAM), pertambangan, bahkan di kedokteran untuk mengukur laju aliran darah di pembuluh arteri.

b) Semprotan Anti Nyamuk

Semprotan anti nyamuk memanfaatkan azas bernoulli sebagai dasar pembuatannya. Saat pompa udara ditekan udara berhembus kencang lewat di atas mulut pipa yang terhubung ke cairan anti nyamuk. Cepatnya laju udara diatas mulut pipa (v_1) menyebabkan tekanan udara disekeliling mulut pipa menurun (P_1), namun karena kecepatan udara di atas lubang penutup (v_2) lebih rendah dari v_1 , akibatnya



Gambar 2. SEQ Gambar_2. * ARABIC 21 Semprotan Obat Nyamuk
Sumber: <https://motogokil.com>

tekanan udara di atas permukaan cairan anti nyamuk (P_2) lebih besar dari P_1 . Dampaknya tekanan udara di atas cairan memaksa cairan untuk masuk melalui pipa dari bagian bawah menuju ke atas ke tempat udara kencang berhembus.

c) Perahu Layar

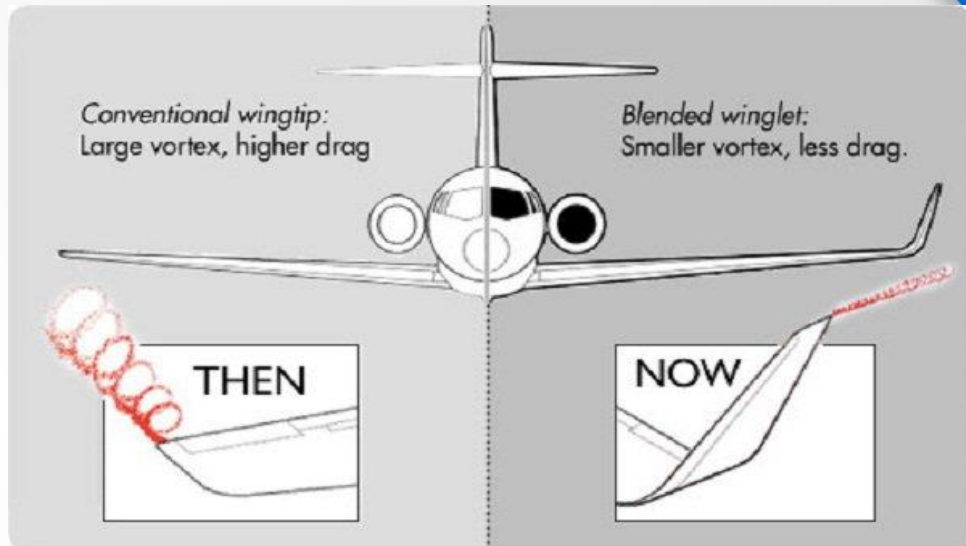
Perahu layar dalam bergerak tidak menggunakan mesin, namun murni karena memanfaatkan udara yang berhembus di laut. Desain dan pemosisian layar dibuat sama persis seperti prinsip sayap pesawat yang memanfaatkan perbedaan tekanan. Bagian layar yang mengembung membuat aliran udara yang lewat lebih kencang dari bagian yang cekung. Perbedaan ini membuat perbedaan tekanan yang menciptakan gaya dorong perahu maju ke depan. Kepiawaian pelaut dalam mengatur posisi layar sangat mempengaruhi untuk membuat perahu tetap maju bergerak darimanapun arah angin berhembus serta kapal tidak terbalik terkena hembusan angin.



Gambar 2. SEQ Gambar_2. * ARABIC 22 Perahu Layar
Sumber: <https://www.galena.co.id>

d) Winglet Sayap Pesawat

Desain sayap winglet mengurangi turbulensi yang diakibatkan perbedaan tekanan udara di atas dan di bawah pesawat. Sayap winglet membuat daya angkat pesawat menjadi lebih baik dan menghemat konsumsi bahan bakar untuk membuat pesawat melaju dengan cepat.



Gambar 2. SEQ Gambar_2. * ARABIC 23 Perbedaan turbulensi udara oleh sayap yang tanpa winglet dan dengan winglet
Sumber: <https://www.dream.co.id>



Gambar 2. SEQ Gambar_2. * ARABIC 25 Jenis-jenis winglet di sayap pesawat
Sumber: <https://www.dream.co.id>

2. Medan Magnet

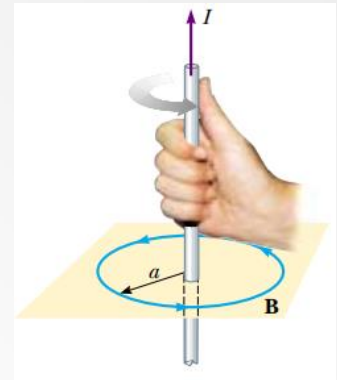
Medan magnet adalah daerah/ruangan yang dipengaruhi oleh gaya magnet. Adanya medan magnet di dalam suatu ruang/daerah dapat ditunjukkan dengan mengamati pengaruh yang dapat ditimbulkan di ruang/daerah tersebut, di antaranya:

- Bila di dalam ruang tersebut ditempatkan benda magnetik maka benda tersebut mengalami gaya.
- Bila di ruang tersebut terdapat partikel bermuatan, maka partikel muatan tersebut mengalami gaya.

a. Induksi Magnetik

Medan Magnet di Sekitar Penghantar Berarus

Mulanya gejala kelistrikan dan kemagnetan dianggap sebagai dua hal yang terpisah, hingga pada tahun 1819 Hans Christian Oersted menemukan bahwa magnet jarum kompas bila didekatkan ke kawat penghantar berarus listrik arahnya akan berubah. Hal tersebut menunjukkan bahwa disekitar kawat berarus terdapat medan magnet. Arah penyimpangan magnet jarum kompas bergantung kepada arah arus listriknya. Untuk memudahkan menentukan arah medan magnet dapat menggunakan kaidah tangan kanan, yaitu *arah ibu jari menunjukkan arah aliran arus listrik dan arah lipatan jari-jari yang lainnya menunjukkan arah putaran garis-garis medan magnet* (lihat Gambar 2.26).

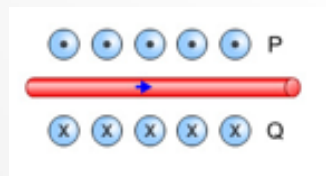


Gambar 2. 26 Kaidah tangan kanan

Sumber: Physics for Scientists and Engineers, Serway

Contoh:

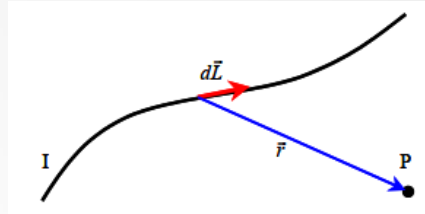
Arus listrik mengalir sepanjang kawat listrik dari kiri ke kanan, kemanakah arah medan di atas dan di bawah kawat?



Jawab: Arah medan magnetik di atas kawat adalah tegak lurus keluar buku yang sedang Saudara baca (digambarkan dengan tanda titik) dan arah medan magnetik di bawah kawat tegak lurus menembus buku yang sedang Saudara baca (digambarkan dengan tanda x).

Kekuatan dan arah medan magnetik di sekitar arus listrik dinyatakan dengan besaran induksi magnetik (B). Besarnya induksi magnetik pada suatu titik di sekitar penghantar berarus pertama kali diukur oleh ilmuwan Perancis, **Jean Bastiste Biot** dan **Felix Savart**. Menurut Biot-Savart, induksi magnet (B) di suatu titik yang berjarak r dari kawat penghantar dL yang berarus listrik I adalah sebagai berikut.

1. Berbanding lurus dengan kuat arus listrik (I).
2. Berbanding lurus dengan panjang kawat (dL).
3. Berbanding terbalik dengan kuadrat jarak antara titik P ke elemen kawat penghantar (r).
4. Berbanding lurus dengan sinus sudut apit θ antara arah arus dengan garis hubung antara titik P ke elemen kawat penghantar.



Gambar 2. 27 Induksi magnetik di sekitar penghantar berarus listrik

Secara matematik dinyatakan sebagai

$$dB = \frac{\mu_0 I dL \sin \theta}{4\pi r^2} = \frac{\mu_0 I dL \sin \theta}{4\pi r^2}$$

Persamaan in dikenal sebagai **Hukum Biot-Savart**.

dengan :

dB = Induksi magnet di titik P (Wb/m² atau Tesla)

I = kuat arus listrik (A)

dL = panjang elemen kawat berarus (m)

θ = sudut antara arah I dengan garis hubung P ke dL

k = = bilangan konstanta = 10^{-7} Wb A⁻¹m⁻¹

r = jarak dari P ke dL (m)

Induksi Magnetik di Sekitar Penghantar Lurus Panjang Berarus Listrik

Besarnya induksi magnetik di suatu titik P yang terletak sejauh r dari kawat penghantar lurus dan panjang yang dialiri arus sebesar I dapat diturunkan dari hukum Biot-Savart. Dengan cara mengintegrasikan dimana bawah θ_1 dan batas atas θ_2 , maka akan diperoleh besar induksi magnetik

$$B_P = \frac{\mu_0 I}{2a} (\sin \theta_1 + \sin \theta_2)$$

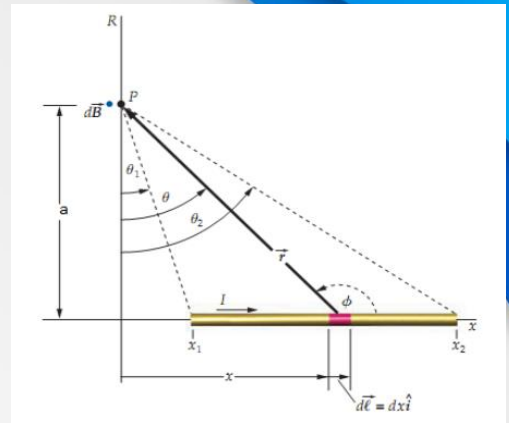
dimana

B_P = induksi magnetik di titik P (Wb/m² atau Tesla)

μ_0 = permeabilitas ruang hampa (4×10^{-7} Wb A⁻¹m⁻¹)

I = kuat arus yang mengalir dalam kawat (A)

a = jarak titik P ke kawat penghantar (m)

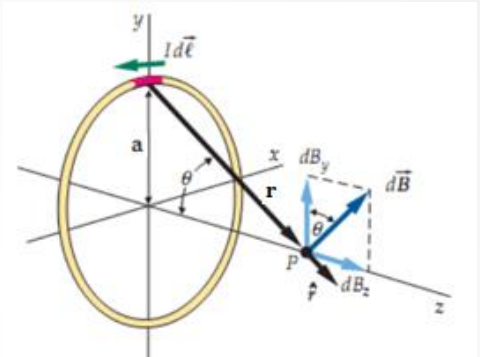


Gambar 2. 28 Induksi magnetik disekitar penghantar lurus panjang berarus

Induksi Magnetik pada Sumbu Lingkaran Penghantar Berarus Listrik

Besar induksi magnetik pada sumbu lingkaran penghantar berarus listrik dengan jari-jari R dapat dicari dengan cara mengintegrasikan dari persamaan Hukum Biot-Savart. Misalkan kita akan mencari besar induksi magnetik di titik P yang berjarak r dari elemen kawat dl seperti tampak pada Gambar 2.29, maka dengan mengintegrasikan persamaan $B_P = \frac{\mu_0 I}{4\pi} \frac{dl \sin \theta}{r^2}$ akan diperoleh

$$B_P = \frac{\mu_0 I R^2}{2(R^2 + r^2)^{3/2}}$$



Gambar 2. 29 Induksi magnetik pada sumbu lingkaran penghantar berarus

Jika titik P berada di titik pusat lingkaran, maka $\theta = 90^\circ$ dan $r = a$, maka demikian induksi magnetik di titik pusat lingkaran adalah:

$$B_P = \frac{\mu_0 I}{2a}$$

dimana

B = induksi magnetik (Wbm^{-2} atau T)

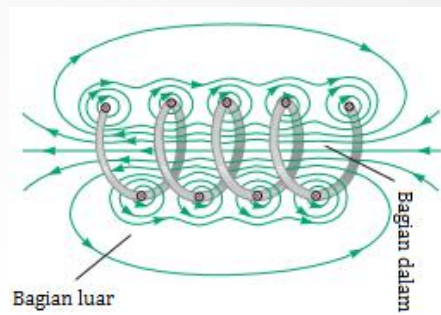
μ_0 = permeabilitas udara/vakum ($4\pi \times 10^{-7} \text{ WbA}^{-1}\text{m}^{-1}$)

I = kuat arus yang melalui penghantar (A)

A = jari-jari lingkaran (m)

N = jumlah lilitan kawat

Induksi Magnetik di Pusat dan di Ujung Solenoida



Gambar 2. 30 Solenoida

Sumber: Physics for Scientists and Engineers, Serway

Induksi magnetik di pusat solenoid:

$$B = \frac{\mu_0 N I}{L}$$

Induksi magnetik di ujung solenoida:

$$B = \frac{\mu_0 N I}{2L}$$

dimana

B = induksi magnetik (Wbm^{-2} atau T)

μ_0 = permeabilitas udara/vakum ($4\pi \times 10^{-7} \text{ WbA}^{-1}\text{m}^{-1}$)

I = kuat arus yang melalui penghantar (A)

N = jumlah lilitan kawat

L = panjang solenoida (m)

Induksi Magnetik di Sumbu Toroida

Induksi magnetik di sumbu toroida adalah

$$B = \frac{\mu_0 N I}{2\pi a}$$

dimana

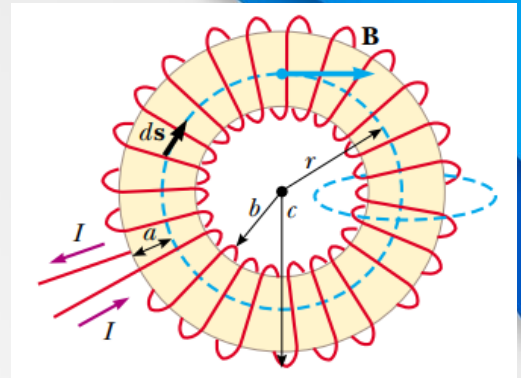
B = induksi magnetik (Wbm^{-2} atau T)

μ_0 = permeabilitas udara/vakum ($4\pi \times 10^{-7} \text{ WbA}^{-1}\text{m}^{-1}$)

I = kuat arus yang melalui penghantar (A)

N = jumlah lilitan kawat

a = jari-jari toroida (m)



Gambar 2. 31 Toroida

Sumber: Physics for Scientists and Engineers, Serway

b. Gaya Magnetik (Gaya Lorentz)

Gaya pada Partikel Bermuatan yang Bergerak dalam Medan Magnetik

Di atas sudah dijelaskan bahwa adanya medan magnet di dalam suatu ruang dapat ditunjukkan dengan cara menempatkan suatu partikel bermuatan di dalam ruang itu. Jika partikel muatan tersebut mengalami gaya, maka ruang itu memiliki medan magnet. Berapakah besar gaya yang dialami oleh partikel bermuatan tersebut? Berdasarkan hasil eksperimen pada berbagai partikel bermuatan yang bergerak dalam medan magnet diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

- Besarnya gaya magnet yang diberikan pada partikel sebanding dengan muatan q dan kecepatan v partikel.
- Ketika partikel bermuatan bergerak sejajar dengan vektor medan magnet, gaya magnet yang bekerja pada partikel adalah nol.
- Ketika vektor kecepatan partikel membentuk sudut berapapun ($\theta \neq 0$) terhadap medan magnet, gaya magnet mengarah ke arah tegak lurus terhadap garis yang dibentuk oleh vektor kecepatan dan vektor medan magnet.
- Gaya magnet yang diberikan pada muatan positif berlawanan arah dengan arah gaya magnet yang diberikan pada muatan negatif yang bergerak dalam arah yang sama.
- Besarnya gaya magnet yang diberikan pada partikel bergerak sebanding dengan $\sin \theta$, di mana θ adalah sudut yang dibentuk oleh vektor kecepatan partikel dengan arah medan magnet.

Secara matematik dapat disimpulkan bahwa $\vec{F} = q\vec{v} \times \vec{B}$

Jadi besar gaya magnetik (gaya Lorentz) yang dialami sebuah muatan yang berada di dalam medan magnetik adalah $F = qvB \sin \theta$, dimana

F = gaya Lorentz (N)

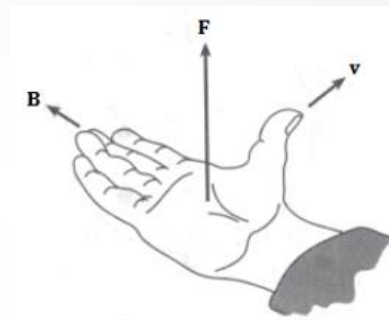
q = muatan partikel (C)

v = kecepatan partikel (m/s)

B = medan magnetik (T)

θ = sudut antara kecepatan partikel v dan medan magnetik B

Karena gaya Lorentz merupakan besaran vektor tentu memiliki arah. Kemanakah arah gaya Lorentz yang dialami oleh partikel bermuatan yang memasuki medan magnetik? Arah gaya Lorentz dapat ditentukan dengan menggunakan kaidah tangan kanan kedua seperti tampak pada Gambar 2.32.



Gambar 2. 32 Kaidah tangan kanan kedua

Sumber: Fisika untuk SMA dan MA Kelas XII, Suharyanto dkk.

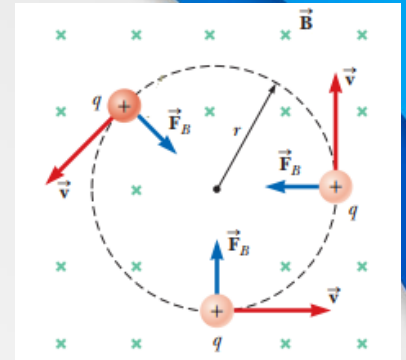
Arah dari pergelangan tangan menuju jari-jari menyatakan arah medan magnetik (B), arah ibu jari menyatakan arah gerak muatan (v), dan tegak lurus terhadap telapak tangan menunjukkan arah gaya Lorentz (F). Hal yang perlu diperhatikan adalah, jika partikel bermuatan positif (misal proton), maka arah gaya Lorentz searah dengan gaya F yang diperoleh dari kaidah tangan kanan kedua. Tetapi jika partikel bermuatan negatif (misal elektron), maka arah gaya Lorentz berlawanan arah dengan gaya F yang diperoleh dari kaidah tangan kanan kedua atau dapat menggunakan kaidah tangan kiri.

Gaya magnetik pada partikel bermuatan mempunyai ciri, yaitu:

- Vektor gaya magnetik tegak lurus terhadap medan magnet.
- Gaya magnetik bekerja pada partikel bermuatan hanya ketika partikel bergerak.
- Gaya magnetik yang terkait dengan medan magnet stabil tidak bekerja ketika partikel dipindahkan karena gaya tegak lurus terhadap perpindahan titik aplikasinya.

Bentuk lintasan partikel bermuatan dalam suatu medan magnetik tergantung pada arah gerak partikel tersebut saat memasuki medan magnetik.

- Jika partikel bermuatan bergerak sejajar terhadap medan magnet, maka lintasan partikel adalah berupa garis lurus. Hal ini terjadi karena partikel tidak mengalami gaya ($F = 0$) akibat $\theta = 0^\circ$ sehingga $\sin \theta = 0$.
- Jika partikel bermuatan bergerak tegak lurus terhadap medan magnet, maka lintasan partikel adalah berupa lingkaran karena gaya magnetik yang timbul berlaku sebagai gaya sentripetal.



Gambar 2. 33 Lintasan partikel berupa lingkaran

Sumber: Physics for Scientists and Engineers, Serway

Jari-jari lintasannya diberikan oleh persamaan:

$$R = \frac{mv}{qB}$$

dimana :

R = jari-jari lintasan muatan listrik (m)

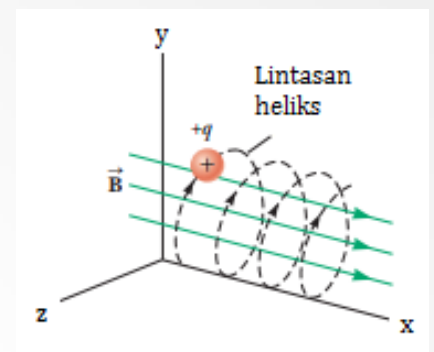
m = massa benda bermuatan listrik (kg)

v = kecepatan partikel bermuatan (m/s)

B = induksi magnet (T)

q = muatan listrik benda (C)

- Jika partikel bermuatan bergerak dengan membentuk sudut terhadap medan magnet, maka lintasan partikel adalah berupa heliks.

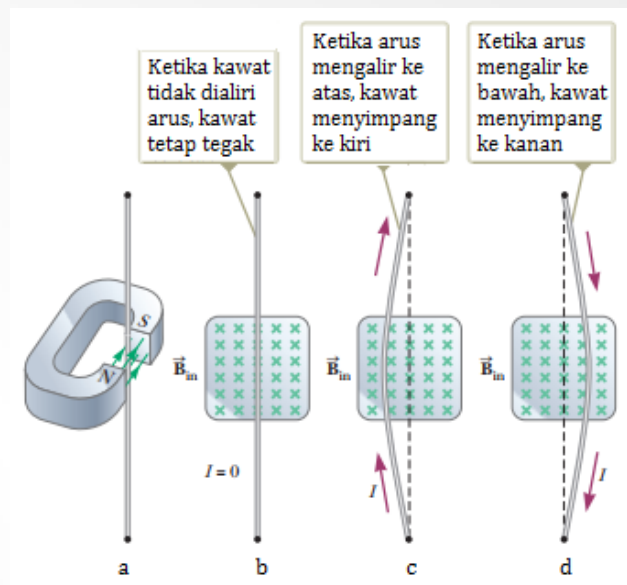


Gambar 2. 34 Lintasan partikel berupa heliks

Sumber: Physics for Scientists and Engineers, Serway

Gaya yang Dialami Penghantar Berarus dalam Medan Magnetik

Jika gaya magnetik bekerja pada satu partikel bermuatan yang bergerak melalui medan magnet, tentu tidak mengejutkan bahwa kawat penghantar berarus juga mengalami gaya ketika ditempatkan di dalam medan magnet. Arus adalah sekumpulan banyak partikel bermuatan yang bergerak, oleh karena itu, gaya yang dihasilkan oleh medan magnet pada kawat adalah jumlah vektor dari gaya individu yang diberikan pada semua muatan.

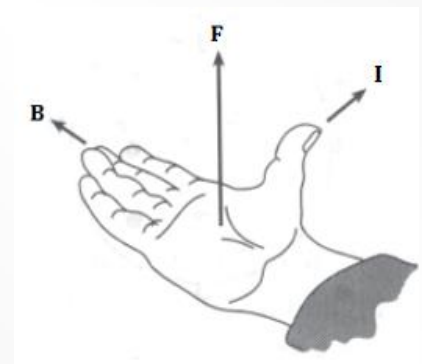


Gambar 2. 35 Gaya Magnetik pada Penghantar

- (a) Kawat penghantar lurus tanpa arus terletak di dalam medan magnet ladam, (b) Kawat penghantar lurus terletak di dalam medan magnet ladam tampak depan, (c) Kawat penghantar menyimpang ke kiri ketika dialiri arus yang arahnya ke atas, (d) Kawat penghantar menyimpang ke kanan ketika dialiri arus yang arahnya ke bawah.

Sumber: *Physics for Scientists and Engineers, Serway*)

Arah gaya Lorentz dapat ditentukan menggunakan kaidah tangan kanan kedua (lihat Gambar 2.36) dengan mengganti arah v menjadi arah arus I . Arah dari pergelangan tangan menuju jari-jari menyatakan arah medan magnetik (B), arah ibu jari menyatakan arah arus listrik (I), dan tegak lurus terhadap telapak tangan menunjukkan arah gaya (F).



Gambar 2. 36 Kaidah tangan kanan

Sumber: *Fisika untuk SMA dan MA Kelas XII, Suharyanto dkk.*

Besarnya gaya Lorentz dinyatakan oleh persamaan $F = I L B \sin \theta$, dimana

F = gaya Lorentz (N)

I = arus listrik (A)

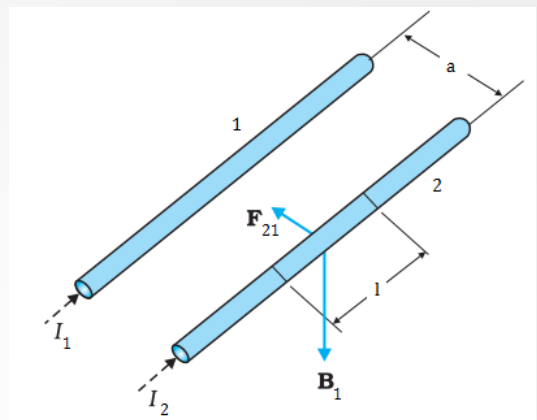
L = panjang kawat (m)

B = medan magnetik (T)

θ = sudut antara arah arus I dan medan magnetik B

Gaya Magnetik diantara Dua Kawat Sejajar Berarus

Kita sudah tahu bahwa ketika kawat penghantar dialiri arus listrik, maka disekitarnya akan timbul medan magnetik. Apa yang akan terjadi ketika dua utas kawat penghantar yang dialiri arus listrik diletakkan sejajar dan berdekatan? Gambar 2.37 menunjukkan dua penghantar lurus paralel panjang 1 dan 2 dipisahkan oleh jarak a dan membawa arus (paralel) masing-masing I_1 dan I_2 . Penghantar 1 menghasilkan, medan magnetik B_1 yang sama di semua titik di sepanjang penghantar 2. Kaidah tangan kanan memberi tahu kita bahwa arah medan magnetik ini adalah ke bawah (ketika penghantar ditempatkan secara horizontal).



Gambar 2. 37 Dua Kawat Sejajar

Dua kawat penghantar paralel lurus panjang membawa arus stabil I_1 dan I_2 dan dipisahkan oleh jarak a . B_1 adalah medan magnet oleh penghantar 1 di penghantar 2.

Penghantar 2 membawa arus I_2 akan mengalami gaya ke samping karena pengaruh medan B_1 . Arah gaya ini adalah ke arah penghantar 1 (coba buktikan), kita sebut gaya ini sebagai F_{21} . Sebaliknya, penghantar 1 akan mengalami gaya F_{12} karena pengaruh medan magnet dari penghantar 2. Apabila arah arus pada kedua kawat penghantar searah, maka akan terjadi gaya tarik-menarik dan sebaliknya jika arus pada kedua kawat penghantar berlawanan, maka akan tolak-menolak.

Besarnya gaya tarik atau gaya tolak antara dua kawat penghantar lurus panjang sejajar dan berarus diberikan oleh

$$\frac{F}{l} = \frac{\mu_0 I_1 I_2}{2a}$$

dimana

F = gaya magnetik pada kawat kedua kawat penghantar (N)

I_1 = arus listrik pada kawat penghantar 1 (A)

I_2 = arus listrik pada kawat penghantar 2 (A)

μ_0 = permeabilitas udara/vakum ($4\pi \times 10^{-7} \text{ WbA}^{-1}\text{m}^{-1}$)

a = jarak antar kedua kawat penghantar (m)

l = panjang kawat penghantar (m)

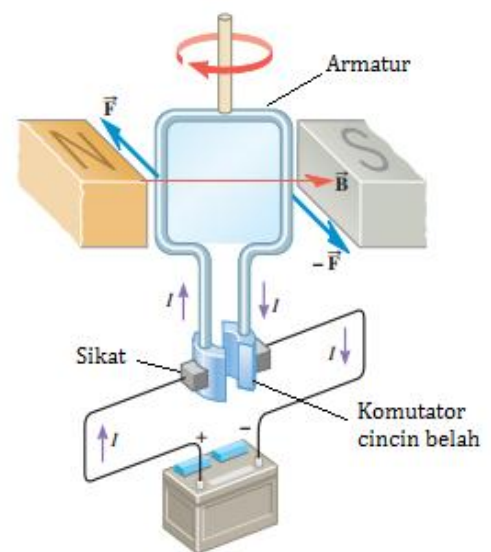
c. Motor Listrik

Pernahkah Saudara memperhatikan alat-alat elektronik yang ada di rumah? Mungkin Saudara memiliki dan sering menggunakannya, seperti pompa air, kipas angin, blender, pengering rambut, penyedot debu, mesin cuci, bor listrik, dan obeng listrik. Komponen apakah yang menjadi bagian terpenting sehingga alat-alat tersebut dapat berfungsi? Bagaimana cara kerjanya? Semua alat-alat elektronik tersebut memiliki prinsip kerja yang sama yaitu mengubah energi listrik menjadi energi mekanik karena memiliki komponen utama yang sama, yaitu motor listrik. Bagaimanakah prinsip kerja motor listrik tersebut?

Sebelum kita membahas tentang prinsip kerja motor listrik, mari kita kenali terlebih dahulu jenis-jenis motor listrik. Pada dasarnya motor listrik dapat dibedakan berdasarkan jenis sumber tegangan yang digunakan. Berdasarkan jenis sumber tegangannya motor listrik dibedakan menjadi 2 jenis yaitu Motor listrik arus searah DC (*Direct Current*) dan Motor listrik bolak-balik AC (*Alternating Current*). Dari dua jenis motor listrik tersebut dikelompokkan lagi menjadi beberapa jenis motor listrik yang diklasifikasikan berdasarkan konstruksi, prinsip kerja, dan operasinya.

Pada Unit ini hanya akan dibahas jenis motor listrik DC. Pada prinsipnya sebuah motor listrik DC terdiri atas dua bagian, yaitu bagian stator dan bagian rotor. Bagian stator adalah bagian motor listrik yang tidak bergerak, yang umumnya terdiri atas magnet tetap. Sedangkan bagian rotor merupakan bagian motor listrik yang bergerak, yang umumnya terdiri atas kawat angker penghantar listrik yang dililitkan pada jangkar. Untuk lebih jelasnya perhatikan Gambar 2.38 skema motor listrik DC.

Rotor diskemakan dengan sebuah kawat angker penghantar listrik (*armature*) yang membentuk persegi panjang. Pada kedua ujung kawat angker terpasang komutator berbentuk lingkaran yang terbelah di tengahnya, komponen ini lebih dikenal dengan sebutan cincin belah. Sedangkan stator motor tersusun



Gambar 2. 38 Skema Motor Listrik DC

Sumber: Physics. John D. Cutnell & Kenneth W. Johnson

atas dua magnet dengan kutub berbeda yang saling berhadapan. Pada bagian yang kontak langsung dengan cincin belah, stator dilengkapi dengan sikat karbon yang berfungsi untuk menghubungkan arus listrik dari sumber tegangan ke kumparan rotor.

Sekarang mari kita bahas bagaimana prinsip kerja motor listrik tersebut. Pada saat kumparan belum dihubungkan dengan sumber tegangan, kumparan akan tetap diam pada posisinya karena tidak ada arus yang mengalir di dalam kumparan tersebut. Ketika kumparan dihubungkan dengan sumber tegangan, kumparan tersebut akan berputar. Mengapa berputar? Hal ini terjadi karena menurut Oersted, ketika kumparan dialiri arus maka akan timbul medan magnet disekitarnya. Sementara kumparan tersebut berada di dalam medan magnet lain yang berasal dari magnet permanen, maka terjadi interaksi antara medan magnet yang berasal dari kawat berarus dengan medan magnet dari magnet permanen, interaksi ini berupa gaya. Kemanakah arah gaya pada kawat penghantar tersebut? Untuk menjelaskan arah gaya pada kawat penghantar ingatlah prinsip kaidah tangan kanan (lihat Gambar 2.36).

Garis gaya magnet dari magnet permanen yang disimbolkan dengan anak panah warna merah dan huruf (B) mengarah dari kutub utara (N) ke kutub selatan (S) seperti tampak pada Gambar 16. Berdasarkan kaidah tangan kanan, maka kedua sisi kawat angker akan mendapatkan gaya (F) yang berlawanan arah. Gaya dorong yang tegak lurus langsung terhadap kawat angker kanan dan kiri ini menghasilkan torsi yang paling besar pada rotor motor. Gaya torsi inilah yang akan memutar rotor motor. Energi putar yang dihasilkan rotor ini disalurkan ke poros untuk memutar benda lain seperti kipas angin, baling-baling pada pompa air, atau roda pada mobil mainan tamiya.

d. Aplikasi dalam Kehidupan Sehari-hari

1) Empat Penyebab Starter Mobil Tak Mau Berfungsi

Dinamo starter, merupakan salah satu komponen mesin kendaraan yang berfungsi untuk menghidupkan mesin. Dinamo starter mengubah energi listrik menjadi energi gerak, yang kemudian dipakai untuk memutar poros mesin (*crankshaft*).

Seperti kebanyakan komponen mesin lainnya, dinamo starter juga bisa rusak. Akibatnya, pengguna kendaraan tidak bisa menghidupkan mesin. Jika hal ini terjadi pada sepeda motor, masih ada solusi menghidupkan mesin dengan menggunakan engkol. Namun, untuk mobil, khususnya yang memakai transmisi manual, satu-satunya cara menghidupkan mesin tanpa dinamo starter adalah dengan mendorongnya.



Gambar 2. 39 Gambar 3 Dinamo/Motor Starter Mobil

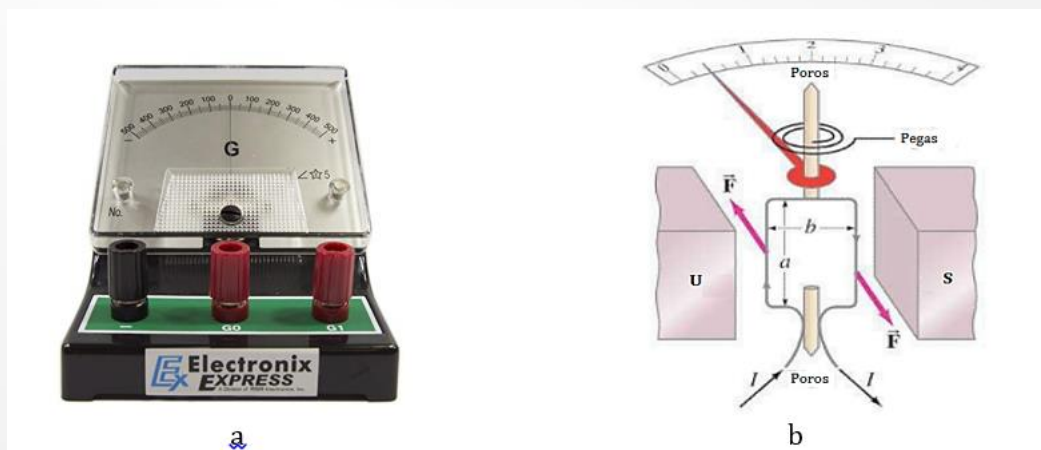
Sumber: <https://www.viva.co.id/otomotif/mobil/830267-empat-penyebab-starter-mobil-tak-mau-berfungsi>

"Ada beberapa hal, penyebab dinamo starter tidak mau menyala. Salah satu contohnya, *carbon brush* habis," kata pemilik bengkel khusus servis dinamo Angkasa Teknik, Supardi, saat berbincang dengan VIVA.co.id di Jalan Panjang, Jakarta Barat, Selasa 4 Oktober 2016.

Ada empat penyebab yang dapat membuat dinamo starter tidak berfungsi dengan sempurna, yakni:

- Pasokan listrik dari aki kurang. Jika aki lemah, dinamo starter tidak mau berputar. Dinamo membutuhkan arus listrik yang besar, sehingga aki harus benar-benar sehat.
- Solenoid starter rusak. Solenoid memiliki dua fungsi, menghubungkan listrik dari aki ke starter dan sebagai penghubung antara starter dengan mesin.
- Carbon brush* habis. Komponen ini berfungsi sebagai titik penghubung antara listrik dari solenoid dengan kumparan starter.
- Kumparan di dalam motor starter terbakar. Umumnya ini terjadi saat starter dipaksa bekerja keras, sehingga panas yang dihasilkan bisa membuat kumparan starter terbakar.

2) Galvanometer



Gambar 2. 40 Galvanometer

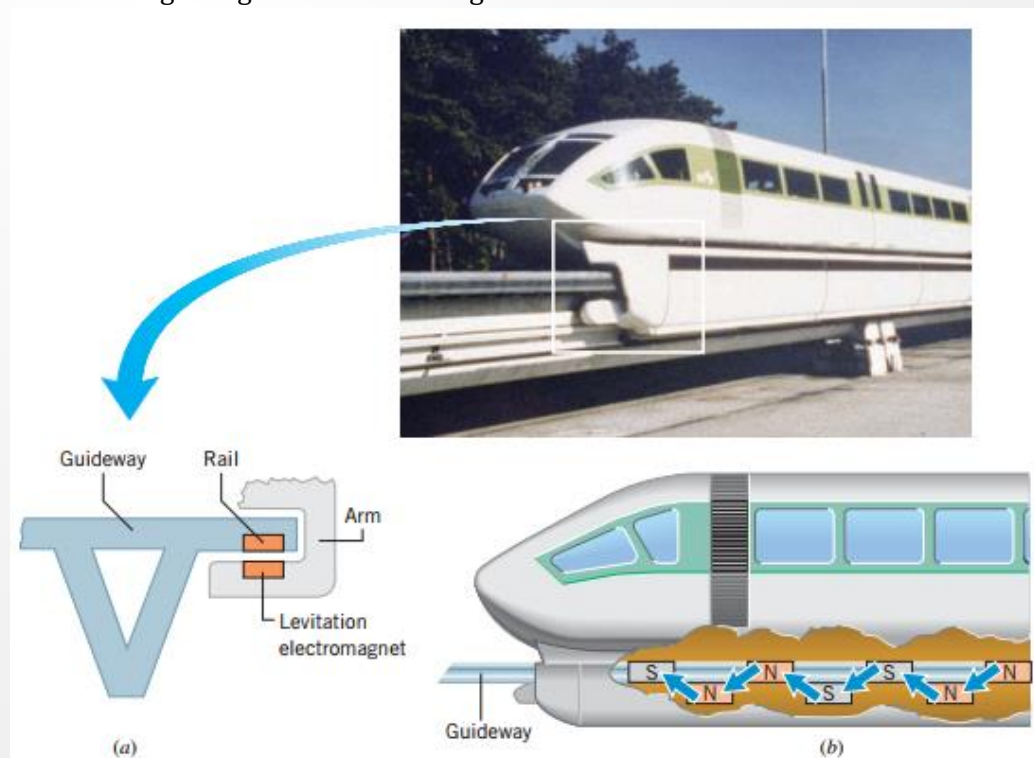
Sumber: Giancoli. [1998]. Fisika. <https://physicsmax.com/moving-coil-galvanometer-7907>

Galvanometer adalah komponen utama dalam kebanyakan alat ukur listrik seperti amperemeter, voltmeter, dan ohmmeter. Sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 2.40 (b), galvanometer terdiri dari kumparan kawat yang dipasang sehingga bebas berputar pada poros yang berada di dalam medan magnet yang berasal dari magnet permanen. Jika arus mengalir melalui loop kawat, yang biasanya berbentuk persegi panjang, medan magnet memberikan torsi pada loop. Torsi yang dialami kumparan sebanding dengan arus yang melewatinya dan jumlah lilitan kawat loop, yaitu $\tau = N I A B \sin \theta$. Torsi ini akan dilawan oleh torsi yang dihasilkan oleh pegas. Sehingga kumparan dan jarum yang terpasang hanya akan berotasi sampai titik dimana torsi pegas mengimbangi torsi yang disebabkan

oleh medan magnet. Penyimpangan jarum berbanding lurus dengan arus yang mengalir pada kumparan. Tetapi penyimpangan ini juga bergantung pada sudut θ yang dibentuk oleh kumparan terhadap medan magnet $\mathbf{B}$.

3) Maglev Train

Magnetically levitated train atau biasa disingkat dengan *maglev train* adalah jenis kereta api yang menggunakan kekuatan magnet untuk melayang di atas jalan penuntunnya. Karena kereta ini bergerak secara melayang beberapa sentimeter di atas jalan penuntunnya sehingga gaya gesek dapat dikurangi dan tidak membutuhkan roda. Kereta maglev juga memanfaatkan magnet sebagai pendorong. Besarnya gaya dorong dan kecilnya gaya gesek menyebabkan kereta ini mampu melaju dengan kecepatan sampai 600 km/jam, jauh lebih cepat dari kereta biasa. Perbedaan besar antara kereta maglev dan kereta konvensional adalah bahwa kereta maglev tidak memiliki mesin - setidaknya bukan jenis mesin yang digunakan untuk menarik kereta biasa di sepanjang rel baja. Mesin untuk kereta maglev agak tidak mencolok dan tidak menggunakan bahan bakar fosil melainkan oleh medan magnet yang diciptakan oleh kumparan listrik di dinding jalur pemandu (*guideway*) dan trek bergabung untuk mendorong kereta.



Gambar 2. 41 Maglev

(a) The Transrapid maglev (b) Sistem tenaga penggerak magnetik

Sumber: Physics. John D. Cutnell & Kenneth W. Johnson

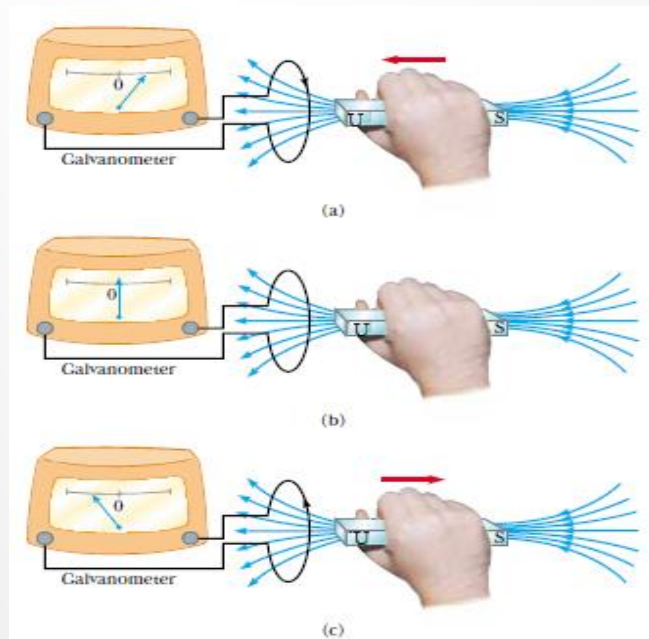
Prinsip kerja *maglev* menggunakan prinsip medan magnet. Ketika arus dikirim ke elektromagnet, medan magnet yang dihasilkan menciptakan magnet yang diinduksi dalam rel yang dipasang di jalur pemandu. Gaya tarik ke atas dari magnet yang diinduksi diimbangi oleh berat kereta, sehingga kereta bergerak tanpa menyentuh rel atau jalur pemandu.

Levitasi magnetik *hanya* mengangkat kereta dan tidak bergerak maju. Gambar 4b menggambarkan bagaimana tenaga penggerak magnetik dicapai. Selain elektromagnet levitasi, elektromagnet penggerak juga ditempatkan di sepanjang jalur pemandu. Setiap elektromagnet di kereta ditarik dan didorong ke depan oleh elektromagnet di jalur pemandu. Dengan menyesuaikan waktu, kecepatan kereta bisa disesuaikan. Membalik kutub di elektromagnet jalur pemandu berfungsi untuk mengerem kereta.

3. Induksi Elektromagnetik

a. Hukum Faraday

Percobaan yang dilakukan oleh Michael Faraday di Inggris pada tahun 1831 dan secara terpisah oleh Joseph Henry di Amerika Serikat pada tahun yang sama, peristiwa tersebut menunjukkan bahwa ggl akan timbul jika terjadi laju perubahan fluks. Seperti yang akan kita lihat, ggl dapat diinduksi dalam banyak cara, misalnya dengan menggerakkan batang magnet kedalam kumparan, menggerakkan batang kumparan ke dalam medan magnet tetap, atau memutar lilitan kawat di dalam medan magnet tetap.

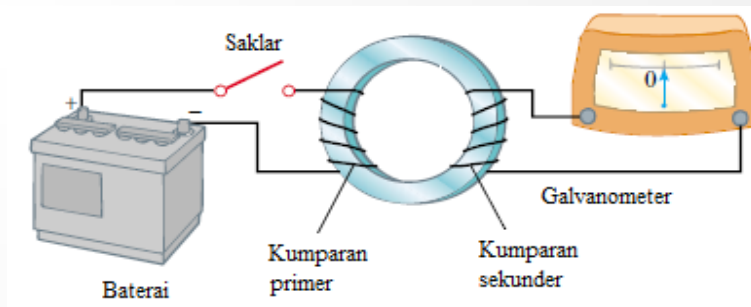


Gambar 2. 42 GGL Induksi

(a) Ketika sebuah magnet digerakkan ke dalam loop kawat yang terhubung ke sebuah galvanometer, jarum galvanometer menyimpang hal ini menunjukkan adanya arus induksi dalam loop kawat. (b) Ketika magnet diam terhadap loop, tidak ada arus induksi dalam loop. (c) Ketika magnet digerakkan menjauhi loop, jarum galvanometer menyimpang ke arah yang berlawanan, menunjukkan bahwa arus induksi mengalir dalam arah yang berlawanan. (Sumber: Halliday, D., Resnick, R. (1988). Fundamentals of Physics)

Mari kita perhatikan bagaimana ggl dapat diinduksi oleh medan magnetik yang berubah. Gambar 2.42 menunjukkan sebuah loop kawat yang terhubung ke sebuah galvanometer. Ketika magnet batang digerakkan ke arah loop, jarum galvanometer menyimpang ke arah kanan seperti ditunjukkan pada Gambar 2.42a. Ketika magnet batang ditarik menjauhi loop, jarum galvanometer menyimpang ke arah yang berlawanan, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.42c. Ketika magnet diam terhadap loop, jarum galvanometer tidak menyimpang (Gambar 2.42b). Penyimpangan jarum juga terjadi jika magnet diam dan loop yang digerakkan baik menuju atau menjauhi magnet.

Dari percobaan ini, dapat kita simpulkan bahwa jarum galvanometer akan menyimpang jika terjadi perubahan fluks (garis gaya magnet) di dalam loop. Hasil ini sangat luar biasa karena fakta menunjukkan bahwa timbul arus dalam loop kawat walaupun tidak ada baterai dalam rangkaian tersebut. Arus yang timbul akibat perubahan medan magnetik ini disebut arus induksi karena diproduksi oleh ggl induksi. Selanjutnya mari kita perhatikan percobaan yang dilakukan oleh Faraday seperti diilustrasikan pada Gambar 2.43.



Gambar 2. 43 Percobaan Faraday

Ketika saklar di rangkaian primer ditutup, jarum galvanometer di rangkaian sekunder menyimpang sesaat. GGL induksi di rangkaian sekunder disebabkan oleh medan magnetik yang berubah melalui kumparan sekunder. (Sumber: Halliday, D., Resnick, R. (1988). *Fundamentals of Physics*).

Kumparan primer dihubungkan dengan baterai dan dililitkan pada cincin logam, dan ketika saklar ditutup arus dalam kumparan akan menghasilkan medan magnetik. Kumparan sekunder juga dililitkan pada cincin dan dihubungkan ke galvanometer. Tidak ada baterai yang terhubung ke kumparan sekunder dan kumparan sekunderpun tidak terhubung ke kumparan primer jadi pasti tidak akan ada arus listrik yang terdeteksi oleh galvanometer. Tapi ketika saklar pada kumparan primer tiba-tiba ditutup atau dibuka ternyata jarum galvanometer menyimpang hal ini menunjukkan bahwa ada arus pada kumparan sekunder.

Arah penyimpangan jarum galvanometer pada saat saklar ditutup berlawanan arah dengan simpangan jarum ketika saklar dibuka dan jarum akan berhenti bergerak jika tidak ada arus dalam kumparan primer. Mengapa terjadi demikian? Pada saat saklar ditutup, arus dalam kumparan primer menghasilkan medan magnetik di daerah kumparan tersebut, dan medan magnetik ini menginduksi daerah kumparan sekunder. Ketika saklar ditutup dan dibuka maka akan terjadi perubahan besar arus, hal ini menyebabkan terjadi perubahan medan magnetik di dalam kumparan. Perubahan medan magnetik ini menimbulkan arus induksi di dalam kumparan sekunder.

Berdasarkan percobaan ini, Faraday menyimpulkan bahwa arus listrik dapat diinduksikan ke dalam kumparan sekunder dengan cara mengubah besar medan magnetik yang menembus kumparan tersebut. Secara umum Faraday mengemukakan hukumnya tentang induksi yaitu: besarnya ggl induksi yang timbul pada ujung-ujung kumparan sebanding dengan kecepatan perubahan fluks magnetik yang dilingkupinya.

Pernyataan ini dinyatakan secara matematik sebagai:

$$\varepsilon = - \frac{d\Phi_B}{dt}$$

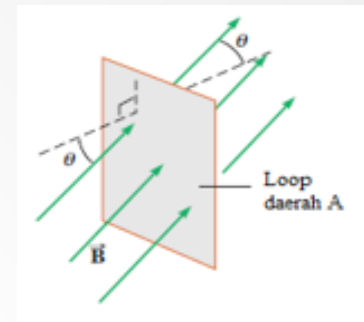
di mana $\Phi_B = \int \vec{B} \cdot d\vec{A}$, yaitu fluks magnetik melalui rangkaian.

Jika rangkaian terdiri dari N lilitan, maka besar ggl induksi total yang timbul dinyatakan sebagai:

$$\varepsilon = -N \frac{d\Phi_B}{dt}$$

ε dinyatakan dalam volt jika $\frac{d\Phi_B}{dt}$ dalam Wb/s. Tanda negatif (-) pada persamaan tersebut menandakan bahwa arah arus induksi yang dihasilkan sedemikian rupa sehingga menimbulkan medan magnetik induksi yang berlawanan dengan perubahan medan magnetik penyebabnya (hukum Lenz).

Misalkan loop meliputi daerah A terletak pada medan magnetik seragam B, seperti tampak pada Gambar 2.44. Fluks magnetik melalui loop sama dengan $BA \cos \theta$.



Gambar 2. 44 Fluks Magnetik

Sebuah loop konduktor yang melingkupi daerah A ditembus oleh medan magnet seragam B. Sudut antara B dan normal loop adalah θ . (Sumber: Physics for Scientists and Engineers, Serway).

Oleh karena itu ggl induksi dapat dinyatakan sebagai:

$$\varepsilon = - \frac{d}{dt} (BA \cos \theta)$$

Dari persamaan ini, kita melihat bahwa ggl dapat diinduksikan dalam kumparan melalui beberapa cara:

- Mengubah besarnya induksi magnetik (B) terhadap waktu.
- Mengubah luas bidang kumparan yang melingkupi garis gaya medan magnetik terhadap waktu.
- Mengubah sudut antara arah medan magnetik dengan garis normal bidang kumparan terhadap waktu.
- Gabungan perubahan dari besaran-besaran di atas.

b. GGL Induksi pada Konduktor yang Bergerak dalam Medan Magnetik

Pada bagian ini, kita akan membahas ggl induksi yang muncul dalam konduktor yang bergerak melalui medan magnetik. Untuk itu coba perhatikan sebuah konduktor lurus panjang bergerak dengan kecepatan konstan melalui medan magnetik seragam yang menembus masuk halaman buku seperti tampak pada Gambar 2.45.

Kita asumsikan bahwa konduktor bergerak dengan kecepatan v tegak lurus terhadap medan magnetik $\mathbf{B}$. Elektron-elektron di dalam konduktor mengalami gaya sepanjang konduktor sebesar $|\mathbf{F}_B| = |q\mathbf{v} \times \mathbf{B}| = qvB$. Berdasarkan Hukum kedua Newton, elektron-elektron mengalami percepatan akibat pengaruh gaya tersebut dan bergerak sepanjang kawat.

Elektron-elektron bergerak ke ujung bawah kawat, mereka menumpuk di sana, meninggalkan muatan positif di ujung atas konduktor. Akibat pemisahan muatan ini menghasilkan medan listrik $\mathbf{E}$ dalam konduktor. Muatan-muatan yang menumpuk di ujung-ujung konduktor bertambah sampai terjadi keseimbangan antara gaya magnetik $q\mathbf{v}\mathbf{B}$ dan gaya listrik $q\mathbf{E}$ yang bekerja pada sebuah elektron dalam konduktor tersebut seperti tampak pada Gambar 8. Pada keadaan ini, muatan berhenti mengalir. Dalam keadaan ini, gaya total pada elektron adalah nol sesuai dengan hubungan antara medan listrik dengan medan magnet:

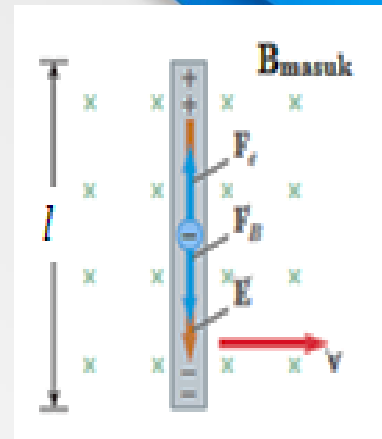
$$\sum \mathbf{F} = \mathbf{F}_B - \mathbf{F}_E = 0 \rightarrow q\mathbf{v} \times \mathbf{B} = q\mathbf{E} \rightarrow \mathbf{E} = \mathbf{v} \times \mathbf{B}$$

Karena medan listrik yang dihasilkan dalam konduktor adalah seragam, maka hal itu berkaitan dengan perbedaan potensial pada ujung-ujung konduktor menurut hubungan $\Delta V = El$. Dengan demikian,

$$\Delta V = El = \mathbf{v} \times \mathbf{B} \cdot \mathbf{l}$$

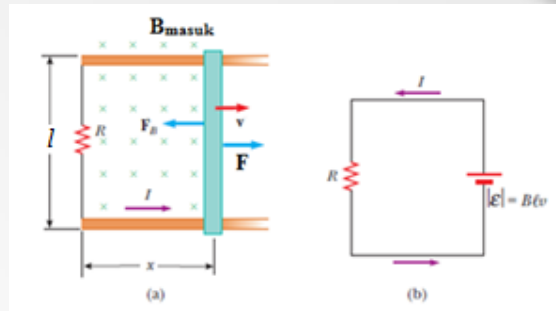
di mana ujung atas memiliki potensial yang lebih tinggi daripada ujung bawah. Perbedaan potensial ini dipertahankan selama konduktor bergerak melalui medan magnetik. Jika gerakannya terbalik, maka polaritas ΔV juga terbalik.

Apa yang terjadi jika konduktor yang bergerak tersebut merupakan bagian dari sebuah kumparan yang tertutup. Misalkan konduktor sepanjang l dipasang pada kumparan tertutup seperti tampak pada Gambar 2.46. Anggap hambatan konduktor sama dengan nol sementara hambatan kumparan tetapnya R . Kemudian konduktor tersebut ditarik dengan gaya F sehingga bergerak dengan kecepatan v dengan arah tegak lurus terhadap medan magnetik tetap $\mathbf{B}$. Karena konduktor yang bergerak merupakan bagian dari kumparan tertutup maka akan timbul arus listrik pada kumparan tersebut.



Gambar 2.45 GGL Induksi pada Konduktor

Sebuah konduktor listrik lurus dengan panjang l bergerak dengan kecepatan v melalui medan magnetik seragam $\mathbf{B}$ yang tegak lurus terhadap v . (Sumber: *Physics for Scientists and Engineers, Serway*).



Gambar 2. 46 GGL Induksi pada Kumparan Tertutup

(a) Sebuah batang konduktor bergerak pada kumparan dengan kecepatan v karena ditarik dengan gaya F .
 (b) Diagram rangkaian tertutup sebagai representasi dari gambar (a). Sumber: Physics for Scientists and Engineers, Serway.

Laju perubahan fluks magnetik melalui loop dan ggl induksi yang timbul sebanding dengan perubahan luas daerah kumparan yang bergerak melalui medan magnetik. Jika konduktor ditarik sejauh x maka besar fluks magnetik sekarang adalah $\Phi_B = B \Delta A$. Sehingga besarnya ggl induksi yang timbul adalah

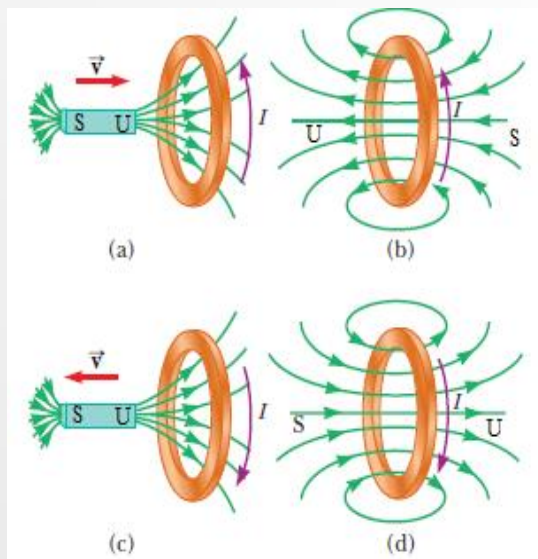
$$\varepsilon = -\frac{\Delta \Phi_B}{\Delta t} = -\frac{B}{\Delta t} (\Delta A) = -B \frac{\Delta A}{\Delta t} = -B l v$$

Karena hambatan kumparan adalah R maka besar arus induksi pada kumparan adalah

$$I = \left| \frac{\varepsilon}{R} \right| = \frac{B l v}{R}$$

c. Hukum Lenz

Tanda negatif pada hukum Faraday ($\varepsilon = -\frac{\Delta \Phi_B}{\Delta t}$) berhubungan dengan arah arus induksinya. Arah ggl induksi dan arus induksi dapat diperoleh dari hukum Lenz: Polaritas ggl induksi adalah sedemikian rupa sehingga menghasilkan arus induksi yang menimbulkan fluks magnetik yang menentang perubahan fluks magnetik penyebabnya. Untuk lebih memahami hukum Lenz, perhatikan Gambar 2.47.



Gambar 2. 47 Penentuan Arah Arus Induksi

(a) Ketika kutub utara magnet digerakkan mendekati kumparan, maka timbul perubahan fluks magnetik di daerah yang dilingkupi kumparan. Perubahan fluks ini menimbulkan arus induksi dalam kumparan yang arahnya seperti terlihat pada gambar. (b) Arus induksi ini menimbulkan medan magnetik sendiri yang arahnya ke kiri melawan perubahan fluks yang ditimbulkan oleh magnet batang. (c) Pada saat magnet digerakkan menjauhi kumparan, maka akan terjadi pengurangan fluks magnetik dalam kumparan, akibatnya pada kumparan timbul arus induksi yang arahnya seperti tampak pada gambar. (d) Arus induksi ini menimbulkan fluks magnetik yang arahnya ke kanan menentang pengurangan fluks magnetik dari magnet batang. Sumber: Halliday, D., Resnick, R. (1988). Fundamentals of Physics

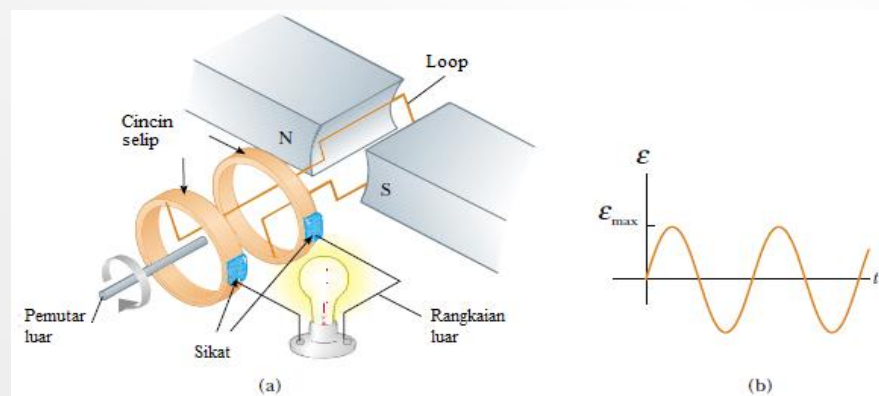
Ketika kedudukan magnet dan kumparan diam, tidak ada perubahan fluks magnetik dalam kumparan. Tetapi ketika kutub utara magnet digerakkan mendekati kumparan, maka timbul perubahan fluks magnetik di daerah yang dilingkupi kumparan. Perubahan fluks ini menimbulkan arus induksi dalam kumparan yang arahnya ditunjukkan seperti Gambar 10a. Arus induksi ini menimbulkan medan magnetik sendiri yang arahnya ke kiri melawan perubahan fluks yang ditimbulkan oleh magnet batang (Gambar 10b). Dengan demikian fluks total yang dilingkupi kumparan selalu konstan. Begitu juga pada saat magnet digerakkan menjauhi kumparan, maka akan terjadi pengurangan fluks magnetik dalam kumparan, akibatnya pada kumparan timbul arus induksi yang arahnya seperti ditunjukkan pada Gambar 10c. Arus induksi ini menimbulkan fluks magnetik yang arahnya ke kanan menentang pengurangan fluks magnetik dari magnet batang (Gambar 10d). Dengan demikian fluks total yang dilingkupi kumparan selalu konstan.

d. Penerapanan Hukum Faraday

1) Generator AC

Salah satu penerapan induksi elektromagnetik yang sangat penting adalah pembangkit arus bolak-balik (AC). Generator AC modern dengan kapasitas keluaran 100 MW adalah mesin yang sangat berkembang. Pada bagian ini, kita akan menjelaskan prinsip-prinsip dasar generator. Generator listrik merupakan perangkat yang mengubah energi mekanik menjadi energi listrik. Untuk memahami bagaimana generator bekerja, mari kita perhatikan generator arus bolak-balik (AC) sederhana seperti tampak pada Gambar 2.48.

Dalam bentuk yang paling sederhana, generator ac terdiri dari loop berputar yang ditempatkan di dalam medan magnetik seragam. Dalam pembangkit listrik komersial, energi yang dibutuhkan untuk memutar loop dapat berasal dari berbagai sumber (air terjun dalam pembangkit listrik tenaga air, uap dalam pembangkit listrik tenaga uap). Pada saat loop berputar dalam medan magnetik, fluks magnetik yang dilingkupi oleh loop berubah terhadap waktu sehingga menimbulkan ggl dan arus induksi dalam loop. Ujung loop dihubungkan dengan cincin selip yang ikut berputar dengan loop. Koneksi dari cincin selip ini, yang bertindak sebagai terminal output generator, ke rangkaian luar yang diwakili oleh sikat tetap yang berkontak dengan cincin selip ini.



Gambar 2. 48 Skema Diagram Generator AC

Sumber: Physics for Scientists and Engineers, Serway

Misalkan loop memiliki N lilitan dengan luas penampang A dan berputar di dalam medan magnetik dengan kelajuan sudut konstan ω . Jika θ adalah sudut antara medan magnetik dan garis normal loop, maka fluks magnetik yang menembus loop dalam waktu t adalah

$$\Phi_t = N \vec{B} \cdot \vec{A} = N B A \cos \theta$$

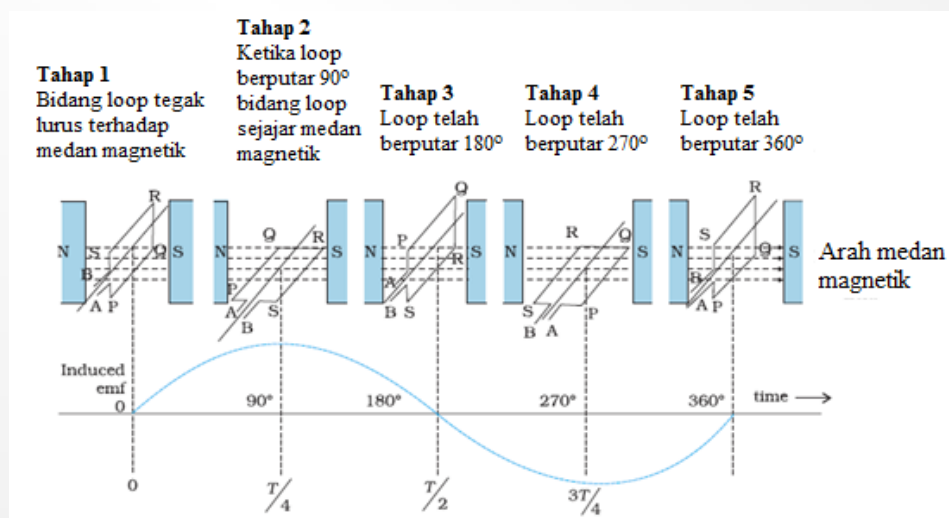
Sehingga besar ggl induksi sesaat dalam loop adalah

$$\mathcal{E} = -\frac{d\Phi_t}{dt} = -NBA \frac{d(\cos \theta)}{dt} = NBA \omega \sin \theta$$

Dari persamaan nampak bahwa harga ggl induksi bervariasi secara sinusoidal terhadap waktu seperti ditunjukkan oleh Gambar 11.b. Dari persamaan ini diperoleh bahwa GGL induksi maksimum adalah

$$\mathcal{E}_{\text{maks}} = NBA\omega$$

yang dicapai ketika $\sin \theta = \pm 1$ atau ketika $\theta = 90^\circ$ atau 270° . Dengan kata lain, ketika medan magnetik pada bidang kumparan dan laju perubahan fluks magnetik adalah maksimum. Selanjutnya, ggl sama dengan nol ketika $\theta = 0^\circ$ atau 180° , yaitu ketika B adalah tegak lurus terhadap bidang kumparan dan laju perubahan fluks magnetik adalah nol. Untuk lebih jelas bagaimana hubungan antara perubahan besar ggl induksi dan putaran loop, perhatikanlah Gambar 2.49.

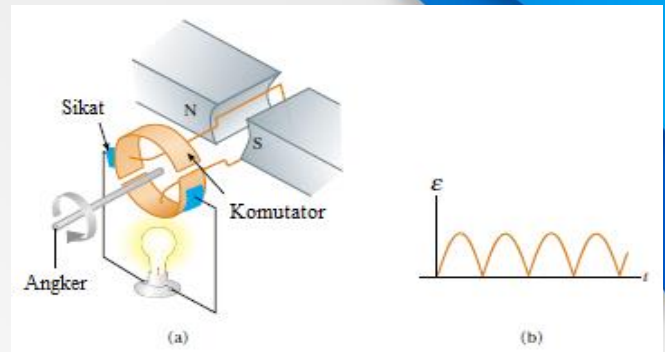


Gambar 2. 49 Grafik GGL Induksi Bolak Balik

Sumber: Modul PKB KK G

2) Generator DC

Generator dc sangat mirip dengan generator ac, kecuali kontak pada loop yang berputar menggunakan satu cincin selip bercelah yang disebut komutator seperti diilustrasikan pada Gambar 2.50.



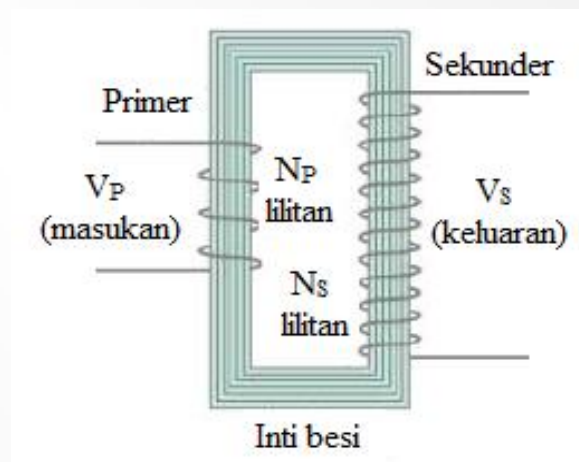
Gambar 2. 50 Skema **Diagram** Generator DC

Sumber: Physics for **Scientists** and Engineers, Serway

Dalam konfigurasi seperti ini tegangan keluaran selalu memiliki polaritas yang sama dan berdenyut terhadap waktu seperti tampak pada Gambar 2.50b. Hal ini dapat dipahami karena kontak ke cincin selip bercelah berbalik setiap setengah siklus. Pada saat yang sama, polaritas ggl induksi berbalik; maka, polaritas cincin selip bercelah (yang sama dengan polaritas tegangan output) tetap sama. Bentuk grafik keluaran berupa denyut tidak cocok untuk sebagian besar aplikasi alat elektronik. Untuk mendapatkan keluaran dc yang lebih halus saat ini, generator dc komersial menggunakan beberapa kumparan sehingga ketika pulsa ini ditumpangkan, output dc hampir bebas dari fluktuasi.

3) Transformator

Transformator adalah alat untuk menaikkan atau menurunkan tegangan bolak balik (ac). Transformator untuk menaikkan tegangan disebut transformator step up dan untuk menurunkan tegangan disebut transformator step down. Sebuah transformator memiliki dua buah kumparan kawat (kawat berisolasi) yang dililitkan pada inti besi yang dilaminasi seperti tampak pada Gambar 2.51.



Gambar 2. 51 Transformator Step Up

Sumber: Modul PKB KK G

Lilitan pada bagian kiri yang dihubungkan ke sumber tegangan ac disebut kumparan primer dan lilitan sebelah kanan yang dihubungkan ke beban disebut kumparan sekunder. Tujuan penggunaan inti besi adalah untuk meningkatkan fluks magnetik yang melalui kumparan dan sebagai media agar semua garis gaya magnetik di dalam kumparan primer melewati kumparan sekunder. Sementara tujuan inti besi dilaminasi adalah untuk mengurangi kerugian akibat arus Eddy. Kerugian akibat arus Eddy dan juga akibat adanya perubahan energi listrik menjadi panas pada lilitan

kawat tidak bisa dihilangkan sama sekali, sehingga transformator yang digunakan sehari-hari hanya memiliki efisiensi sekitar 90% sampai 99%.

Transformator bekerja berdasarkan hukum induksi Faraday. Pada saat tegangan ac diberikan pada kumparan primer maka akan timbul perubahan medan magnetik. Perubahan medan magnetik ini akan menginduksi tegangan ac yang berfrekuensi sama ke kumparan sekunder.

Berdasarkan hukum Faraday, ggl induksi atau tegangan pada kumparan primer

$$\text{adalah } \mathcal{E}_p = -N_p \frac{d\Phi_B}{dt}$$

di mana Φ_B adalah fluks magnetik yang melalui setiap lilitan. Jika kita menganggap semua garis medan magnetik tetap ada di dalam inti besi, fluks yang melalui lilitan primer sama dengan fluks yang melalui lilitan sekunder sehingga tegangan sekunder adalah

$$\mathcal{E}_s = -N_s \frac{d\Phi_B}{dt}$$

Besar tegangan sekunder ini bergantung pada jumlah lilitan pada setiap kumparan. Jika fluks yang hilang sangat kecil atau diabaikan, maka berlaku hubungan:

$$\frac{\mathcal{E}_s}{\mathcal{E}_p} = \frac{N_s}{N_p}$$

Jika $N_s > N_p$ kita dapatkan transformator step up dan jika $N_s < N_p$ kita dapatkan kita dapatkan transformator step down. Untuk transformator ideal dimana tidak terjadi kehilangan daya, yaitu daya yang disuplai sumber $\mathcal{E}_p N_p$ sama dengan daya pada lilitan sekunder $\mathcal{E}_s N_s$, berlaku hubungan

$$\mathcal{E}_p N_p = \mathcal{E}_s N_s \quad \text{atau} \quad \frac{\mathcal{E}_s}{\mathcal{E}_p} = \frac{N_p}{N_s}$$

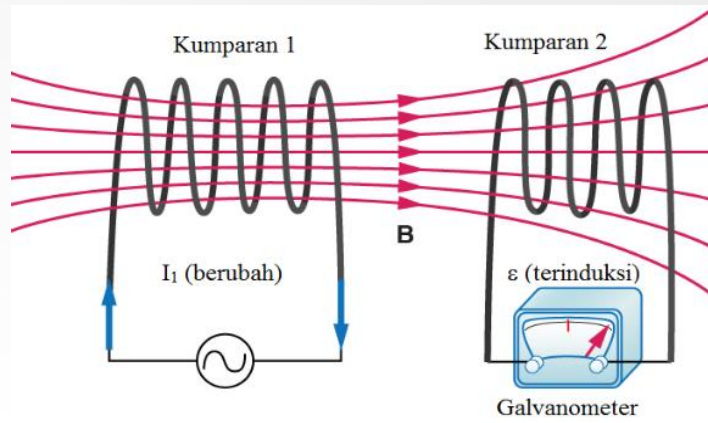
Persamaan untuk efisiensi transformator adalah

$$\eta = \frac{\mathcal{E}_s}{\mathcal{E}_p} = \frac{N_p}{N_s}$$

e. Induktansi

1) Induktansi Bersama

Induktansi bersama adalah peristiwa munculnya ggl dalam sebuah kumparan akibat adanya perubahan arus di dalam kumparan lain yang berada didekatnya.



Gambar 2. 52 Induktansi Bersama

Perubahan arus pada kumparan 1 menginduksi arus pada kumparan 2

Sumber: Kandi, Modul PKB, KKG

Gambar 2.52 menunjukkan dua buah kumparan yang saling berdekatan dimana pada kumparan 1 mengalir arus I yang menghasilkan medan magnetik. Jika arus pada kumparan 1 berubah maka akan menginduksi ggl pada kumparan 2. Menurut hukum Faraday, ggl ε_2 yang diinduksikan ke kumparan 2 sebanding dengan laju perubahan fluks magnetik yang melewatinya $\left(\frac{d\Phi_{12}}{dt}\right)$. Karena fluks sebanding dengan arus yang melewati kumparan 1, ε_2 harus sebanding dengan laju perubahan arus pada kumparan 1. Secara matematis dinyatakan sebagai berikut.

$$\varepsilon_2 = -N_2 \frac{d\Phi_{12}}{dt} = -M_{12} \frac{dI_1}{dt}$$

Hal ini juga berlaku untuk sebaliknya, jika pada kumparan 2 terjadi perubahan arus $\left(\frac{dI_2}{dt}\right)$ maka akan terjadi perubahan fluks magnetik pada kumparan 2 $\left(\frac{d\Phi_{21}}{dt}\right)$, perubahan fluks magnetik ini menginduksi kumparan 1 sehingga pada kumparan 1 akan terjadi ggl induksi sebesar:

$$\varepsilon_1 = -N_1 \frac{d\Phi_{21}}{dt} = -M_{21} \frac{dI_2}{dt}$$

Jadi dalam induksi bersama, ggl induksi dalam suatu kumparan selalu sebanding dengan laju perubahan arus pada kumparan lain. Walaupun penulisan konstantan M_{12} dan M_{21} dibedakan, tetapi kenyataannya keduanya sama dan dituliskan sebagai M saja. Karena $M_{12} = M_{21} = M$, maka kedua persamaan di atas dapat dituliskan menjadi

$$\varepsilon_2 = -M \frac{dI_1}{dt} \quad \text{dan} \quad \varepsilon_1 = -M \frac{dI_2}{dt}$$

Konstanta M dinamakan induktansi bersama antara kumparan 1 dan kumparan 2 yang memiliki satuan henry (H) mengikuti nama Joseph Henry dan besarnya dinyatakan dengan persamaan:

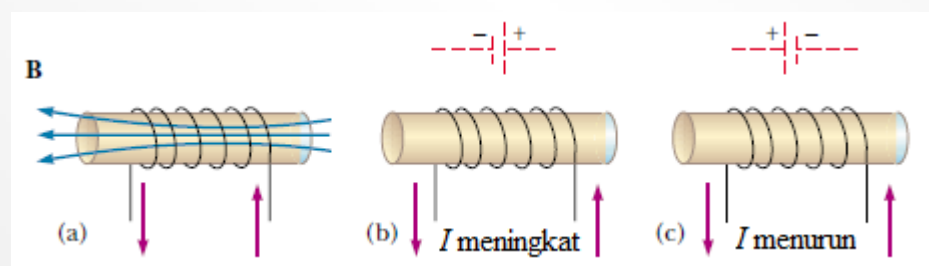
$$M = \frac{\Phi_{21} N_2}{I_1} = \frac{\Phi_{12} N_1}{I_2}$$

Apabila fluks magnetik yang ditimbulkan arus I_1 yang mengalir pada kumparan yang terdiri atas N_1 lilitan dengan luas penampang bidang kumparan A , maka $\Phi_{12} = \Phi_{21} = \frac{\mu_0 \mu_r N_1^2 I_1 A}{l}$. Jika nilai ini disubstitusikan pada persamaan di atas akan kita dapatkan

$$L = \frac{\mu_0 \mu_r N^2 A}{l}$$

2) Induktansi Diri

Konsep induktansi berlaku juga pada kumparan tunggal yang terisolasi. Gambar 16 menunjukkan lilitan kumparan pada silinder inti besi. Jika sumber arus dalam kumparan berubah terhadap waktu maka akan timbul perubahan fluks magnetik dalam kumparan. Ketika arah arus sumber seperti ditunjukkan pada gambar, maka medan magnetik dalam kumparan akan mengarah dari kanan ke kiri, seperti yang terlihat pada Gambar 16a. Karena arus sumber berubah terhadap waktu, maka fluks magnetik melalui kumparan juga berubah dan menginduksi ggl dalam kumparan. Dari hukum Lenz, polaritas ggl induksi ini harus sedemikian rupa sehingga menentang perubahan medan magnetik dari arus sumber. Jika arus sumber meningkat, polaritas ggl induksi adalah seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.53b, dan jika arus sumber menurun, polaritas ggl induksi seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.53c. Efek ini disebut induktansi diri karena perubahan fluks melalui kumparan dan resultan ggl induksi timbul dari kumparan itu sendiri. GGL yang timbul pada peristiwa ini disebut ggl induksi diri atau sering disebut ggl balik



Gambar 2. 53 Induktansi Diri

(a) arus dalam kumparan menghasilkan medan magnetik yang mengarah ke kiri. (b) Jika arus meningkat, fluks magnetik meningkat pula dan menciptakan ggl induksi dengan polaritas seperti ditunjukkan oleh baterai putus-putus. (c) Polaritas ggl induksi akan terbalik jika arus berkurang.

(Sumber: Kandi, Modul PKB, KK G)

Secara kuantitatif, induksi diri dapat dijelaskan dengan hukum Faraday, yaitu bahwa besarnya ggl induksi sama dengan negatif laju perubahan fluks magnetik ($\varepsilon = -\frac{d\Phi_B}{dt}$). Fluks magnetik sebanding dengan medan magnetik yang ditimbulkan oleh arus sumber, yang pada gilirannya sebanding dengan arus sumber dalam kumparan. Oleh karena itu, ggl induksi diri ε_L selalu sebanding dengan laju perubahan arus sumber terhadap waktu. Untuk kumparan yang memiliki N lilitan (toroida atau solenoid ideal) yang membawa arus sumber I , besarnya ggl induksi diri adalah

$$\varepsilon_L = -L \frac{dI}{dt} = -L \frac{dI}{dt}$$

dengan L adalah induktansi kumparan yang besarnya tergantung pada geometri kumparan dan karakteristik fisik lainnya. Berdasarkan persamaan di atas akan didapatkan:

$$\begin{aligned} \frac{d\Phi_B}{dt} &= L \frac{dI}{dt} \\ \int \frac{d\Phi_B}{dt} dt &= \int L \frac{dI}{dt} dt \\ \Phi_B &= LI \\ L &= \frac{\Phi_B}{I} \end{aligned}$$

Dari persamaan di atas kita juga dapat menuliskan induktansi kumparan sebagai perbandingan

$$L = -\frac{d\Phi_B}{dI}$$

Satuan SI dari induktansi adalah: $1 \text{ H} = \frac{1 \text{ V} \cdot \text{s}}{\text{A}}$

Pada unit sebelumnya sudah dijelaskan bahwa induksi magnetik pada solenoida atau toroida yaitu $B = \frac{\mu_0 N I}{l}$ dengan l adalah panjang solenoida atau keliling toroida, sehingga berlaku

$$L = \frac{\mu_0 N^2 A}{l}$$

Apabila kumparan itu berisikan bahan dielektrikum tertentu, maka induktansi kumparan dinyatakan sebagai:

$$L = \frac{\mu_r \mu_0 N^2 A}{l}$$

3) Aplikasi dalam Kehidupan Sehari-hari

Induksi elektromagnetik merupakan fenomena yang menunjukkan adanya hubungan timbal balik antara medan magnet dan medan listrik. Penemuan konsep ini membuka cakrawala dunia dalam pengembangan teknologi listrik dan komunikasi. Salah satu penerapan terpenting dari induksi elektromagnetik adalah pengembangan generator listrik atau dinamo dan transformator.

a) Dinamo Ampere

Aki adalah salah satu komponen mobil yang sangat penting. Karena aki berfungsi sebagai sumber listrik untuk kebutuhan perangkat mobil termasuk sistem kelistrikan seperti starter, lampu dan lainnya. Darimanakah aki mendapatkan daya listrik tersebut? Jawabannya adalah dinamo ampere. Aki dapat terus terisi berkat kehadiran komponen satu ini, yang kerap juga sering disebut sebagai alternator. Cara kerjanya adalah dengan mengubah energi mekanik menjadi listrik arus bolak-balik. Perlu diketahui, bila alternator mobil rusak, penggunaan daya bisa menjadi lebih besar dari pemakaian. Jika ini terjadi, suplai tenaga dari aki bisa habis dalam kurun waktu kurang dari 30 menit. Mobil menjadi bermasalah dan bisa mogok secara tiba-tiba.



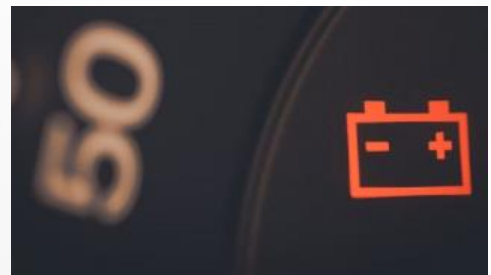
Gambar 2. 54 Gambar 4 Dinamo Ampere

Sumber: <https://carvaganza.com/ini-6-ciri-alternator-bermasalah/>

Supaya hal ini tak terjadi, kenalilah ciri yang menunjukkan kondisi rusaknya alternator seperti berikut ini.

(1) Lampu Indikator Bergambar Accu Menyala

Energi listrik dari baterai yang kian menurun, akan ditunjukkan oleh sistem mobil melalui lampu indikator yang menyala. Lampu ini terletak pada bagian dashboard mobil dengan gambar berbentuk baterai accu. Selain karena kondisi baterai yang melemah, bisa jadi hal ini pun menunjukkan terjadinya masalah pada dinamo ampere. Bila lampu tersebut menyala, namun tidak ada masalah pada aki, segera lakukan pengecekan pada komponen alternator.



Gambar 2. 55 Lampu Indikator Accu

Sumber: <https://otospector.co.id/5-ciri-dinamo-ampere-mobil-bermasalah/>

(2) Headlamp Meredup

Suplai listrik yang mulai melemah akibat rusaknya alternator pun dapat Anda ketahui dari intensitas cahaya lampu mobil. Saat tengah berkendara di malam hari, cahaya lampu tersebut akan makin kelihatan terangnya. Bila makin meredup, cobalah lakukan pengecekan pada komponen alternator.

(3) Tercium Bau Terbakar

Kerusakan pada dinamo ampere mobil bisa diketahui dengan indera Anda. Pertama, biasanya tercium bau karet terbakar, bisa jadi kabel alternator terbakar akibat gesekan karena belt yang tidak terpasang dengan baik. Pastikan dari mana bau tersebut berasal, jika dari alternator, segera bawa ke bengkel terdekat.

(4) Terdengar Decitan

Hal kedua adalah bila terdengar bunyi mendecit dari ruang mesin. Umumnya bila muncul suara seperti itu, berarti ada posisi pulley yang tidak sejajar. Kondisi ini pun membuat belt alternator menjadi melintir sehingga suara decitan pun keluar.

(5) Baterai Tidak Berfungsi

Ada dua penyebab baterai tidak berfungsi, yaitu memang baterainya rusak atau karena kegagalan fungsi alternator. Untuk mengetahuinya, ketika mobil mati dikarenakan kelistrikan yang lemah, coba jumper baterai Anda dan nyalakan kendaraan kemudian segera cabut kabel jumper tersebut. Apabila mobil terus menyala dipastikan baterai rusak. Namun jika mesin mobil Anda perlahan-lahan mati, hampir dipastikan ini merupakan kerusakan pada sistem alternator.

Deteksi Sederhana Alternator

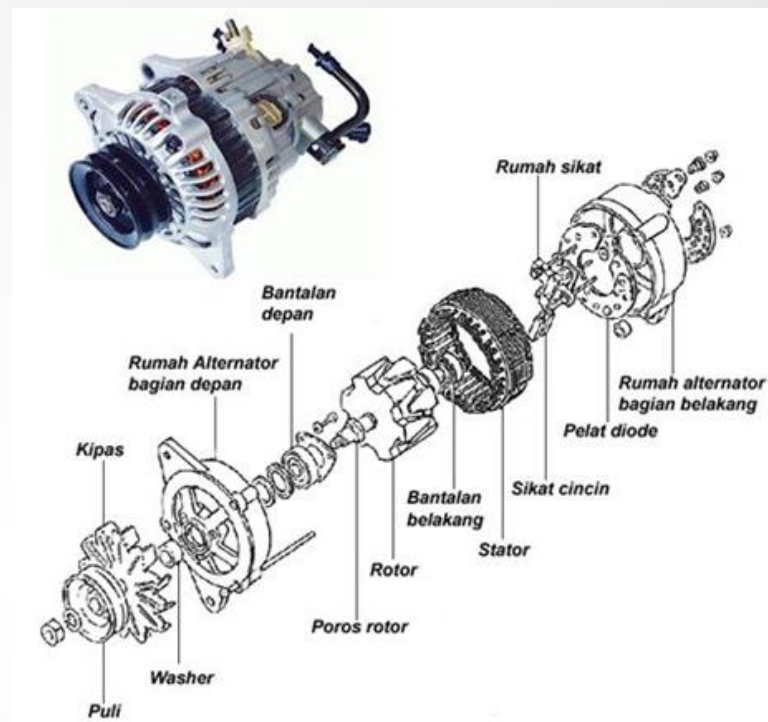
Untuk mengecek apakah alternator kendaraan melemah cukup menggunakan sebuah obeng panjang atau besi panjang. Caranya dalam keadaan mesin hidup tempelkan obeng tadi ke pulley alternator, harap berhati-hati dalam melakukannya. Jika Anda merasakan semacam tarikan magnet yang cukup kuat maka alternator Anda masih berkerja dengan baik dan bila sebaliknya maka dipastikan alternator dalam kondisi gagal fungsi.

Penyebab Kerusakan Alternator

Perlu Anda ketahui, dinamo ampere mobil dikenal sebagai komponen yang jarang mengalami kerusakan. Namun begitu, umumnya penyebab kerusakannya diakibatkan oleh beberapa hal di bawah ini.

- (1) Output energi alternator tidak sesuai (terlalu tinggi). Hal ini biasanya diakibatkan oleh pemasangan komponen elektrik yang tidak standar dan dengan beban yang besar.
- (2) Kondisi yang tidak baik pada kontak antara carbon brush dengan rotor slip rings sehingga arus listrik ke rotor coil pada alternator jadi terhambat.

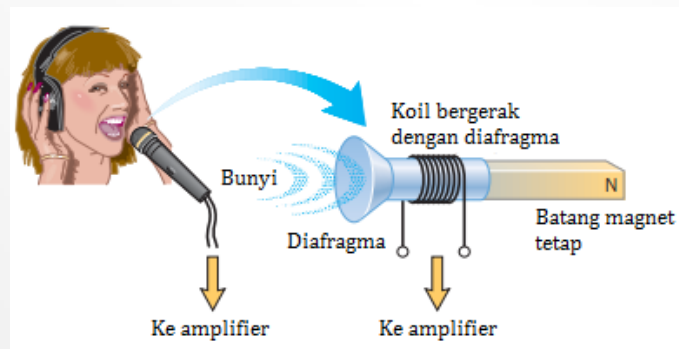
- (3) Belt yang kendur hingga lepas dari putarannya pun dapat membuat alternator tidak berjalan dengan baik. Jika dibiarkan, maka ciri yang sudah disebutkan di atas seperti munculnya bau terbakar dan suara berdecit pun akan muncul.



Gambar 2. 56 Komponen-komponen Alternator

Sumber: www.teknik-otomotif.com

b) Mikrofon



Gambar 2. 57 Gambar 5 Mikrofon kumparan-bergerak

Sumber: Physics. John D. Cutnell & Kenneth W. Johnson

D. AKTIVITAS

1. Aktivitas Materi Hukum Pokok Hidrostatika

Kegiatan guru dan peserta didik pada topik Hukum Pokok Hidrostatika terbagi menjadi dua Kegiatan/Aktivitas. Aktivitas pertama pembelajaran fluida statik melalui simulasi PhET, sedangkan aktivitas kedua melalui praktikum di laboratorium.

- a. Kegiatan pertama adalah mengidentifikasi dan menjelaskan sifat-sifat fluida statik. Pada kegiatan yang pertama peserta didik secara mandiri dan berkelompok dengan dibimbing guru mengeksplorasi simulasi PhET sampai pada tujuan akhir pembelajaran peserta didik mampu merumuskan hubungan antara variabel ρ , g , dan h terhadap tekanan hidrostatik. Peserta didik diharapkan dapat membangun sendiri pengetahuannya tentang hukum pokok hidrostatika dan menuliskan persamaan matematika dari tekanan hidrostatik suatu fluida. Link simulasi PhET yang digunakan adalah: https://phet.colorado.edu/sims/html/under-pressure/latest/under-pressure_en.html. Peserta didik mengeksplorasi aplikasi PhET melalui LKPD 1 yang difasilitasi oleh guru.

Lembar Kerja Peserta Didik 1

Lembar Kerja Peserta Didik		
TEKANAN HIDROSTATIS		
A. TUJUAN SIMULASI		
- Mengidentifikasi variabel-variabel yang mempengaruhi tekanan hidrostatik suatu fluida. - Merumuskan hubungan antara variabel ρ, g, dan h terhadap tekanan hidrostatik suatu fluida. - Menuliskan persamaan matematika untuk tekanan hidrostatik suatu fluida.		
B. LANGKAH KEGIATAN BELAJAR		
- Buka link berikut : https://phet.colorado.edu/sims/html/under-pressure/latest/under-pressure_in.html - Eksplorasilah isi dari simulasi selama 10 menit bersama anggota kelompok anda untuk menyelidiki bagaimana nilai tekanan dapat berubah di udara dan di dalam fluida. - Jelaskan fungsi bagian-bagian yang ada pada simulasi, beserta cara penggunaannya!		
N O	Nama Bagian	Fungsi dan Cara Penggunaan
1.		
2.		
3.		
4.		
5.		

4. Tuliskan minimal 4 variabel bebas di simulasi yang menurut prediksi anda dapat membuat nilai tekanan berubah! Jelaskan masing – masing variabel lengkap dengan satuannya!

NO	Nama Variabel	Penjelasan tiap variabel
1.		
2.		
3.		
4.		
5.		

5. Melalui simulasi, Uji prediksi anda dengan cara: Isilah kolam sampai terpenuhi oleh fluida. Aktifkan fungsi “Grid”, Geser posisi Fluid Density ke gasoline, Geser Posisi Gravity ke Mars, dan Pilih Units dalam metric. Tempatkan manometer pada dasar kolam, catat nilai tekanannya!

Nilai Tekanan awal manometer:.....kPa

Setting beberapa variabel sesuai tabel, dan isi nilai tekanan yang terbaca pada manometer!

Nama Variabel	Posisi / keadaan Variabel	Nilai Tekanan yang terbaca (P_h)
Bentuk Kolam	Bentuk 1	
	Bentuk 2	
Massa Jenis Fluida	Bensin	
	Air	
	Madu	
Gravitasi	Gravitasi Mars	
	Gravitasi Bumi	
	Gravitasi Jupiter	
Jarak manometer dari permukaan fluida.	3 meter	
	2 meter	
	1 meter	

6. Berdasarkan analisis data dari hasil langkah kegiatan belajar Nomor 5, tuliskan hubungan antara masing-masing variabel terhadap Tekanan Fluida (Tekanan Hidrostatik)!

Nama Variabel	Hubungan terhadap Tekanan Fluida
Bentuk Kolam	
Massa Jenis Fluida	
Gravitasi	
Jarak manometer dari permukaan fluida.	

7. Tuliskan persamaan matematika yang merepresentasikan hubungan semua variabel terhadap tekanan hidrostatik!

.....

.....

.....

.....

.....

- b. Kegiatan kedua mengacu pada target kompetensi menerapkan Hukum Pokok Hidrostatika dalam permasalahan kehidupan sehari-hari, merancang percobaan yang memanfaatkan sifat-sifat fluida statik, dan melakukan percobaan yang memanfaatkan sifat-sifat fluida statik. Kegiatan kedua menggunakan Model Pembelajaran Discovery Learning, peserta didik diharapkan dapat mereplikasi rancangan percobaan yang memanfaatkan sifat-sifat fluida statik serta dapat melengkapi alat bahan yang dibutuhkan untuk melakukan percobaan tersebut. Alur Pembelajaran disajikan melalui sintaks model pembelajaran pada tabel di bawah ini. Peserta didik melaksanakan praktikum melalui LKPD 2.

Tabel Alur Model Pembelajaran Discovery Learning Hukum Pokok Hidrostatika

No	Sintaks	Aktivitas Guru dan Peserta didik	Alokasi Waktu
1	Stimulation	Peserta didik mengamati demonstrasi yang dilakukan oleh guru di depan kelas. Guru menyiapkan dua buah cairan (fluida), satu gelas berisi madu yang kental dan satu gelas air putih bening. Guru mempersilahkan siswa mengamati secara langsung kedua cairan dengan menggunakan seluruh panca inderanya selama 2 menit. Peserta didik mengidentifikasi kedua cairan tersebut. Peserta didik merespon pertanyaan guru. Pertanyaan guru: Apa yang dapat kalian amati dari kedua cairan?	5'

No	Sintaks	Aktivitas Guru dan Peserta didik	Alokasi Waktu
		Adakah perbedaan dari kedua cairan? Coba jelaskan! (giring siswa dengan teknik bertanya untuk menjawab “madu kental, air encer”) Apa yang terjadi bila madu di tuangkan ke gelas yang berisi air putih ini? Berikan hipotesis kalian! (Giring siswa untuk memberikan pernyataan, madu akan tenggelam, melayang, atau mengapung) Peserta didik mengamati madu yang dituangkan oleh guru ke gelas berisi air putih bening. (Usahkan cairan madu tenggelam di dasar gelas). Peserta didik memberikan tanggapannya. Guru bertanya kembali “Mengapa cairan madu tenggelam di dasar gelas?” apa penyebabnya? (Giring siswa dengan teknik bertanya untuk menjawab penyebabnya adalah massa jenis madu lebih besar dari air)	
2	Problem Statement	Guru bertanya “Adakah hubungan antara tingkat kekentalan fluida terhadap massa jenis? Bagaimanakah korelasinya?” Silahkan kalian buktikan dengan melaksanakan percobaan.	5'
3	Data Colection	Siswa melaksanakan percobaan untuk membuktikan hubungan antara tingkat kekentalan fluida terhadap massa jenisnya. Disediakan: 1. Berbagai jenis fluida dengan tingkat kekentalan yang berbeda-beda serta air suling sebagai pembanding massa jenis). 2. Pipa U untuk mencari selisih ketinggian antar fluida sehingga dapat ditentukan nilai massa jenis fluida tersebut. 3. Gelas ukur untuk mencampur fluida dengan air putih. 4. Lembar kerja peserta didik (LKPD 2)	65'
4	Data Processing	Peserta didik menganalisa data hasil percobaan. (Membandingkan tingkat kekentalan dengan fakta ketika dicampur di air, mencari korelasi antara tingkat kekentalan dengan nilai massa jenisnya). Guru menanyakan hasil percobaan ke peserta didik terkait pertanyaan di awal pembelajaran.	

No	Sintaks	Aktivitas Guru dan Peserta didik	Alokasi Waktu
5	Verification	Antar kelompok peserta didik saling mencroscek hasil percobaannya dan menyakinkan diri dengan mengukur massa jenis fluida uji dengan hidrometer.	10'
6	Generalization	Peserta didik mempresentasikan hasil percobaan. Guru dan peserta didik menyimpulkan hasil percobaan	5'

Lembar Kerja Peserta Didik 2

Lembar Kerja Peserta Didik

HUKUM POKOK HIDROSTATIKA

A. TUJUAN PERCOBAAN

1. Menentukan nilai massa jenis fluida
2. Meneliti hubungan antara tingkat kekentalan fluida terhadap massa jenisnya

B. ALAT DAN BAHAN

- | | |
|---|------------------|
| 1. Pipa U dengan latar dinding berskala | 3 buah/kelompok |
| 2. Air suling dengan ρ sudah ditentukan | 1 liter/kelompok |
| 3. Oli dengan berbagai tingkat kekentalan (SAE) | secukupnya |
| 4. Gelas ukur 100 mL | 1 buah/kelompok |
| 5. Hidrometer | 1 buah |

C. LANGKAH KERJA

1. Siapkan pipa U dan isi dengan air suling kurang lebih $\frac{1}{4}$ bagian dari pipa
2. Tuangkan oli dengan tingkat kekentalan terendah ke salah satu ujung pipa U.
3. Amati, ukur, dan catat perbedaan ketinggian kedua fluida dari batas percampuran 2 fluida pada tabel data hasil pengamatan.
4. Ulangi langkah 1 s.d 3 untuk beberapa fluida yang lain dengan menggunakan tabung U yang lain. (bila tabung U jumlahnya terbatas, keluarkan oli dari tabung sampai bersih dan ganti dengan oli yang lain)
5. Jawab pertanyaan pasca praktikum Nomor 1 dan 2!
6. Verifikasi jawaban kelompok anda dengan kelompok yang lain.

7. Tuangkan oli pada gelas ukur dan uji hasil jawaban kelompok anda dengan mengukur massa jenis masing-masing oli dengan menggunakan hidrometer.
8. Jawab Pertanyaan pasca praktikum Nomor 3!

D. DATA HASIL PENGAMATAN

Diketahui massa jenis air = 1 gram.cm^{-3}

Nama Fluida	Tinggi air [cm]	Tinggi Oli [cm]	Massa Jenis Oli
Oli SAE....			
Oli SAE....			
Oli SAE....			

E. PERTANYAAN PASCA PRAKTIKUM

1. Berdasarkan data hasil percobaan, hitung massa jenis masing-masing oli dengan menggunakan hukum pokok hidrostatis.
2. Bagaimanakah hubungan antara tingkat kekentalan fluida terhadap massa jenisnya?
3. Kesimpulan apakah yang kelompok anda dapatkan dari percobaan ini?

2. Aktivitas Pembelajaran untuk Materi Debit dan Persamaan Kontinuitas

Kegiatan guru dan peserta didik pada topik ini adalah mengacu pada target kompetensi menerapkan persamaan kontinuitas dalam permasalahan kehidupan sehari-hari. Kegiatan 3, melalui Model Pembelajaran Discovery Learning Peserta didik diharapkan dapat membangun sendiri pengetahuannya tentang Debit dan persamaan kontinuitas pada fluida dinamik. Alur Pembelajaran disajikan melalui sintaks model pada tabel di bawah ini.

Tabel Alur Model Pembelajaran Discovery Learning Debit dan Persamaan Kontinuitas

No	Sintaks	Aktivitas Guru dan Peserta didik	Alokasi Waktu
1	Stimulation	Peserta didik mengamati guru yang menyajikan dua buah gelas berisi minuman dan pada tiap gelas terdapat jenis sedotan yang berbeda. Sedotan pertama berdiameter besar dan sedotan kedua berdiameter kecil. Peserta didik mengidentifikasi alat peraga yang ditampilkan. Guru bertanya “apa yang dapat kamu rasakan saat menyedot minuman dengan masing-masing sedotan?” Peserta didik merespon pertanyaan guru. Guru menguji dan memastikan jawaban peserta didik. ‘Betul begitu? Apa alasannya, coba jelaskan lebih spesifik?’ (waktu tunggu 5 menit, Peserta didik menjelaskan)	5'

No	Sintaks	Aktivitas Guru dan Peserta didik	Alokasi Waktu
		Nah sekarang kita buktikan pernyataan kalian, minta satu orang yang kalian percayai untuk melakukan pembuktian dengan 2 sedotan di depan! Guru bertanya kembali setelah volunter selesai melakukan demonstrasi. "Apa yang kamu rasakan saat menyedot minuman dengan menggunakan 2 jenis sedotan tersebut?" Volunter memberikan jawaban atas pertanyaan guru. Guru melalui teknik bertanya mengarahkan peserta untuk bisa menyampaikan/mengungkapkan tentang konsep kecepatan fluida dan tekanannya. Selanjutnya guru menunjukkan pada peserta didik 2 buah jenis selang air. Pertama berdiameter kecil (kurang dari 1 cm), selang kedua lebih dari 1 cm. Guru memberikan tantangan kepada peserta didik "Pindahkan air dari gelas melalui mulut kemudian dorong melalui pipa ke botol yang posisinya 3 meter dari posisi mulut kalian!"	
2	Problem Statement	Guru bertanya "Adakah hubungan antara diameter selang dengan kemudahan mendorong air ke posisi yang lebih tinggi? Jelaskan mengapa demikian? Dan buktikan penjelasan kalian dengan aplikasi di dunia nyata! Silahkan kalian buktikan dengan melaksanakan percobaan. Pertanyaan berikutnya silahkan kalian baca di LKPD!	5'
3	Data Colection	Peserta didik mengumpulkan informasi dengan melaksanakan percobaan untuk mengetahui hubungan antara diameter selang terhadap kemudahan mendorong air ke posisi yang lebih tinggi, dan percobaan yang dipandu dari LKPD 1 (Hubungan antara kecepatan fluida terhadap diameter lubang kebocoran).	55'
4	Data Processing	Peserta didik menganalisa data hasil percobaan. Memilih dan mengklasifikasi data untuk mencari hubungan antara diameter selang dengan kemudahan mendorong air ke posisi yang lebih tinggi. Memilih dan mengklasifikasi data untuk mencari hubungan antara kecepatan alir fluida dengan diameter lubang kebocoran. Guru menanyakan hasil percobaan ke peserta didik terkait pertanyaan di awal pembelajaran.	10'
5	Verification	Antar kelompok peserta didik saling mencrosceck hasil percobaannya dan menyakinkan diri dengan menelaah referensi terkait percobaan yang telah dilaksanakan.	10'

No	Sintaks	Aktivitas Guru dan Peserta didik	Alokasi Waktu
6	Generalizati on	Peserta didik mempresentasikan hasil percobaan. Guru dan peserta didik menyimpulkan hasil percobaan	5'

Ketika peserta didik sudah mendapatkan kesimpulan dari percobaan yang mereka lakukan diharapkan peserta didik sudah paham akan konsep persamaan kontinuitas dan debit. Mampu menjelaskan manfaat dan menerapkan persamaan kontinuitas dan debit dalam teknologi di kehidupan sehari-hari, serta dapat menganalisis cara kerja alat yang menerapkan persamaan kontinuitas. Kegiatan 3 dilaksanakan dengan menggunakan LKPD 3.

Lembar Kerja Peserta Didik 3

Lembar Kerja Peserta Didik

DEBIT DAN PERSAMAAN KONTINUITAS

A. TUJUAN PERCOBAAN

1. Meneliti hubungan antara diameter selang terhadap **kemudahan mendorong air ke posisi yang lebih tinggi**
2. Meneliti **hubungan antara diameter lubang kebocoran terhadap kecepatan fluida.**
3. Menjelaskan **manfaat persamaan kontinuitas dalam kehidupan sehari-hari.**
4. **Mampu menerapkan persamaan kontinuitas dan debit dalam teknologi di kehidupan sehari-hari**

B. ALAT DAN BAHAN

- | | |
|--|-----------------|
| 1. Selang plastik diameter < 5 mm, panjang 3 m. | 1buah/kelompok |
| 2. Selang plastik diameter > 10 mm, panjang 3 m. | 1buah/kelompok |
| 3. Botol air mineral bekas 1500 ml | 1 buah/kelompok |
| 4. Cutter | 1 buah/kelompok |
| 5. Penggaris plastik/jangka sorong | 1 buah/kelompok |
| 6. Meteran plastik | 1 buah/kelompok |
| 7. Selotip plastik | 1 buah/kelompok |
| 8. Air putih dalam gelas | 1 buah/kelompok |
| 9. Stopwatch | 1 buah/kelompok |

C. LANGKAH KERJA

1. Siapkan gelas berisi air, selang 2 jenis, dan botol air mineral bekas.
2. Bawa botol mineral ke posisi yang lebih tinggi kurang lebih 2 m atau sepanjang selang masih bisa menjangkau. Ketinggian botol harus sama untuk tiap selang.
3. Minta teman anda yang diposisi bawah untuk memindahkan air yang di gelas meniupnya dengan mulut melalui selang menuju ke botol mineral sampai air habis. Usahakan volume air yang dipindahkan untuk tiap selang adalah sama. Catat waktu yang dibutuhkan untuk memindahkan air.
4. Ulangi langkah kerja nomor 3 untuk jenis selang yang berbeda.
5. Lubangi sekeliling bagian samping bawah botol mineral dengan diameter lubang yang berbeda - beda. Buat 3 lubang.
6. Tutup semua lubang dengan selotip plastik, pastikan tidak ada air yang bocor saat botol diisi air.
7. Tempatkan botol di atas meja, siapkan air 1500 ml, stoptwath, dan meteran plastik.
8. Isi botol sampai penuh, biarkan tutup botol posisi terbuka. Buka salah satu lubang, catat waktu yang dibutuhkan botol menjadi kosong.
9. Ukur jarak maksimal mendatar yang dapat dicapai oleh air.
10. Ulangi langkah nomor 8 s.d 9 untuk diameter lubang yang berbeda.

D. DATA HASIL PENGAMATAN

Tabel 1. Percobaan Pertama

No	Diameter Selang [mm]	Tinggi Posisi Botol [m]	Waktu botol terisi air [s]
1			
2			

Tabel 2. Percobaan Kedua

No	Diameter Lubang [mm]	Jarak mendatar maksimal [m]	Waktu botol kosong [s]
1			
2			
3			

E. PERTANYAAN PASCA PRAKTIKUM

1. Berdasarkan data hasil percobaan, selang manakah yang lebih mudah digunakan untuk memindahkan air ke botol? Apa yang menjadi kriteria anda? Berikan penjelasan secara ilmiah kenapa anda memilih selang tersebut?
2. Bagaimanakah hubungan antara diameter selang terhadap **kemudahan mendorong air ke posisi yang lebih tinggi! Kenapa demikian? Tuliskan hubungannya dalam persamaan matematika!**
3. Berdasarkan data percobaan kedua, diameter lubang manakah yang mampu mencapai jarak mendatar terjauh? Mengapa demikian?
4. Berdasarkan data percobaan kedua, diameter lubang manakah yang paling cepat memindahkan air keluar botol? Mengapa demikian?
5. Bagaimanakah hubungan antara **diameter lubang kebocoran terhadap kecepatan fluida! Kenapa demikian? Tuliskan hubungannya dalam persamaan matematika!**
6. Tuliskan dalam kehidupan sehari-hari teknologi yang memanfaatkan prinsip/persamaan yang anda temukan dari percobaan tersebut! Berikan analisa anda mengenai cara kerja alat tersebut!
7. Manfaat apa yang didapatkan dari teknologi tersebut?
8. Kesimpulan apakah yang kelompok anda dapatkan dari percobaan ini?

3. Aktivitas Pembelajaran untuk Materi Azas Bernoulli

Kegiatan guru dan peserta didik pada topik ini adalah mengacu pada target kompetensi menerapkan Azas Bernoulli dalam permasalahan kehidupan sehari-hari, merancang proyek sederhana yang menerapkan azas Bernoulli, membuat proyek dari hasil rancangan, dan menguji produk hasil proyek dan mempresentasikannya. Melalui pendekatan inquiry peserta didik diharapkan dapat membangun sendiri pengetahuannya tentang penerapan azas Bernoulli. Indikator yang harus dicapai peserta didik adalah mampu menjelaskan manfaat dan penerapan azas Bernoulli dalam teknologi di kehidupan sehari-hari, serta dapat menganalisis cara kerja alat yang menerapkan azas Bernoulli.

Aktivitas pembelajaran di topik ini menggunakan model Project Base Learning dengan alokasi waktu 1 minggu (2 kali pertemuan). Pertemuan pertama dari sintaks penentuan pertanyaan mendasar sampai sintaks menyusun jadwal. Peserta didik diberikan kebebasan untuk merancang desain proyek yang akan mereka buat yang dituliskan di LKPD 4. Jeda antara pertemuan pertama dan kedua Guru memonitor kemajuan proyek. Pertemuan kedua setelah seminggu diawali dengan sintaks menguji hasil sampai mengevaluasi pengalaman belajar peserta didik. LKPD 4 digunakan pada saat pertemuan pertama dan kedua.

Tabel Alur Model Pembelajaran Project Base Learning Azas Bernoulli

No	Sintaks	Aktivitas Guru dan Peserta didik	Alokasi Waktu
1	Penentuan Pertanyaan Mendasar	Peserta didik mengamati guru yang menayangkan film penggunaan venturi meter di perusahaan air minum. Guru bertanya “apa yang dapat kalian amati dari tayangan tadi?” Peserta didik merespon pertanyaan guru. Guru bertanya, “Dapatkah kalian membuat alat seperti itu?” Alat dan bahan apa saja yang dapat digunakan? Siswa merespon pertanyaan guru. Guru menjawab: “Sebagai tantangan saya tugaskan kalian untuk membuat alat yang fungsi kerjanya sama dengan saya tayangkan!. Silahkan kalian membentuk kelompok paling banyak 5 orang!	10'
2	Mendesain Perencanaan Proyek	Guru menugaskan peserta didik untuk mendesain perencanaan proyek. Perencanaan berisi aturan main, dan pemilihan aktivitas yang dapat mendukung penyelesaian proyek. Peserta didik secara kolaboratif bersama kelompoknya merancang desain proyek alat yang akan dibuat dimana prinsip kerjanya berdasarkan Azas Bernoulli. Peserta didik mengisi LKPD 4 dari perencanaan alat bahan yang dibutuhkan sampai langkah kerja pembuatan alat. Tiap-tiap kelompok secara bergantian mempresentasikan rancangan desain alatnya di depan kelas dan ditanggapi oleh kelompok yang lain.	60'
3	Menyusun Jadwal	Guru dan Peserta didik secara kolaboratif menyusun jadwal aktivitas dalam menyelesaikan proyek. Aktivitas pada tahap ini antara lain: (1) membuat timeline untuk menyelesaikan proyek, (2) membuat deadline penyelesaian proyek, (3) membawa peserta didik agar merencanakan cara yang baru, (4) membimbing peserta didik ketika mereka membuat cara yang tidak berhubungan dengan proyek, dan (5) meminta peserta didik untuk membuat penjelasan (alasan) tentang pemilihan suatu cara.	20'
4	Memonitor Peserta didik dan Kemajuan Proyek	Guru menugaskan kepada peserta didik untuk melaporkan kemajuan proyeknya melalui grup medsos yang telah disepakati. Guru menyiapkan rubrik penilaian kemajuan proyek	6 hari

No	Sintaks	Aktivitas Guru dan Peserta didik	Alokasi Waktu
5	Menguji Hasil	Setelah seminggu, Peserta didik secara berkelompok tampil untuk menguji hasil dari alat yang telah dibuat. Peserta didik mengisi LKPD 4 pada bagian data hasil uji coba dan perbaikan desain. Guru menilai ketercapaian standar proyek dari peserta didik berdasarkan kriteria penilaian dan memberikan umpan balik.	60
6	Mengevaluasi Pengalaman	Guru dan peserta didik melakukan refleksi terhadap aktivitas dan hasil proyek yang sudah dijalankan. Refleksi dilakukan baik secara individu maupun kelompok. Peserta didik diminta untuk mengungkapkan perasaan dan pengalamannya selama menyelesaikan proyek. Guru dan peserta didik mengembangkan diskusi dalam rangka memperbaiki kinerja selama proses pembelajaran, sehingga pada akhirnya ditemukan suatu temuan baru (<i>new inquiry</i>) untuk menjawab permasalahan yang diajukan pada tahap pertama pembelajaran.	30'

Lembar Kerja Peserta Didik 4

Lembar Kerja Peserta Didik Proyek Azas Bernoulli A. TUJUAN PROYEK 1. Merancang proyek sederhana yang menerapkan azas Bernoulli. 2. Membuat proyek dari hasil rancangan. 3. Menguji produk hasil proyek dan mempresentasikannya. B. ALAT DAN BAHAN C. RANCANGAN DESAIN ALAT D. LANGKAH KERJA PEMBUATAN ALAT E. DATA HASIL UJI COBA F. PERBAIKAN DESAIN

4. Aktivitas Penerapan Gaya Magnetik dalam Berbagai Produk Teknologi

Pada pertemuan sebelumnya kita sudah membahas tentang medan magnetik yang timbul karena kelistrikan, sehingga kita bisa melihat bahwa ada hubungan antara kemagnetan dan kelistrikan. Apa manfaatnya bagi kehidupan kita? Produk teknologi apa saja yang bekerja berdasarkan prinsip induksi magnetik? Untuk menjawab pertanyaan tersebut lakukanlah aktivitas pembelajaran 4.

Aktivitas 4 ini menggunakan model pembelajaran *Discovery Learning* dengan sintak sebagai berikut.

- a. Pemberian rangsangan (*Stimulation*). Stimulasi berfungsi untuk menyediakan kondisi interaksi belajar yang dapat mengembangkan dan membantu peserta didik dalam mengeksplorasi bahan pembelajaran. Pada tahap ini peserta didik dihadapkan pada sesuatu yang menimbulkan kebingungan dan timbul keinginan untuk menyelidiki sendiri. Guru dapat memulai kegiatan pembelajaran dengan mengajukan pertanyaan, anjuran membaca buku, dan aktivitas belajar lainnya yang mengarah pada persiapan pemecahan masalah.
- b. Pernyataan/Identifikasi masalah (*Problem Statement*). Setelah dilakukan stimulation guru memberi kesempatan kepada peserta didik untuk mengidentifikasi sebanyak mungkin masalah yang relevan dengan bahan pelajaran, kemudian salah satunya dipilih dan dirumuskan dalam bentuk hipotesis (jawaban sementara atas pertanyaan masalah).
- c. Pengumpulan data (*Data Collection*). Pada saat peserta didik melakukan eksperimen atau eksplorasi, guru memberi kesempatan kepada para peserta didik untuk mengumpulkan informasi sebanyak-banyaknya yang relevan untuk membuktikan benar atau tidaknya hipotesis.
- d. Pengolahan data (*Data Processing*). Pengolahan data merupakan kegiatan mengolah data dan informasi yang telah diperoleh para peserta didik baik melalui wawancara, observasi, dan sebagainya, lalu ditafsirkan.
- e. Pembuktian (*Verification*). Pada tahap ini peserta didik melakukan pemeriksaan secara cermat untuk membuktikan benar atau tidaknya hipotesis yang telah ditetapkan, dihubungkan dengan hasil pemrosesan data. Berdasarkan hasil pengolahan dan tafsiran, atau informasi yang ada, hipotesis yang telah dirumuskan terdahulu kemudian dicek, apakah terjawab atau tidak, apakah terbukti atau tidak.
- f. Menarik kesimpulan (*Generalization*). Tahap generalisasi/menarik kesimpulan adalah proses menarik sebuah kesimpulan yang dapat dijadikan prinsip umum dan berlaku untuk semua kejadian atau masalah yang sama, dengan memperhatikan hasil verifikasi. Berdasarkan hasil verifikasi maka dirumuskan prinsip-prinsip yang mendasari generalisasi.

Tujuan Aktivitas Pembelajaran:

Setelah melakukan aktivitas, diharapkan peserta mampu menyimpulkan prinsip kerja produk teknologi yang bekerja berdasarkan prinsip medan magnet, induksi magnetik, dan gaya magnetik.

Estimasi Waktu Aktivitas Pembelajaran: 2 x 45 menit

Alat yang dibutuhkan: motor listrik, galvanometer, obeng

Apa yang Saudara lakukan:

1. Meminta siswa untuk mengamati produk teknologi yang bekerja berdasarkan induksi magnetik seperti pompa air, kipas angin, mobil tamiya dan alat ukur listrik (Galvanometer). Kemudian mengajukan pertanyaan “Bagaimana cara kerja alat-alat tersebut?”
2. Memberikan masalah yang berkaitan dengan cara kerja komponen yang bisa menggerakkan mobil tamiya dan menggerakkan jarum Galvanometer, contohnya:
 - a. Mengapa mobil ketika saklarnya ditutup bisa bergerak?
 - b. Apa yang menyebabkan mobil tamiya bisa bergerak ?
 - c. Bagaimana proses perubahan energi listrik dari baterai sehingga menjadi energi mekanik (gerak)?
 - d. Bagian apa sebenarnya dari mobil tamiya yang menyebabkan bisa bergerak?
 - e. Terbuat dari komponen apa sajakah bagian yang menggerakkan mobil tamiya tersebut?
 - f. Mengapa ketika dihubungkan ke baterai jarum Galvanometer bergerak dan menunjukkan nilai tertentu?
 - g. Mengapa ketika dilepaskan dari baterai, jarum kembali ke posisi semula?
 - h. Terhubung kemanakah sebenarnya jarum Galvanometer tersebut?
3. Memfasilitasi peserta didik untuk mencari dan mengumpulkan berbagai literatur dan referensi yang mendukung pemecahan permasalahan yang mereka temukan berdasarkan pengamatan motor listrik dan Galvanometer.
4. Membimbing peserta didik dalam melakukan praktikum “Motor Listrik” secara berkelompok dengan menggunakan LKPD yang tersedia.
5. Membimbing peserta didik dalam mengumpulkan data pengamatan hasil percobaan pada kolom yang tersedia pada LKPD.
6. Membimbing peserta didik dalam mengolah data pengamatan hasil percobaan untuk menjawab beberapa pertanyaan di lembar kerja siswa.
7. Membimbing peserta didik dalam mendiskusikan hasil pengamatan dengan memperhatikan pertanyaan-pertanyaan pada lembar kegiatan dan membandingkan pengolahan dengan data-data pada buku sumber.
8. Membimbing peserta didik dalam menyimpulkan prinsip kerja produk teknologi yang bekerja berdasarkan prinsip medan magnetik, induksi magnetik, dan gaya magnetik.

Lembar Kerja Peserta Didik 5

MOTOR LISTRIK DC

Tujuan

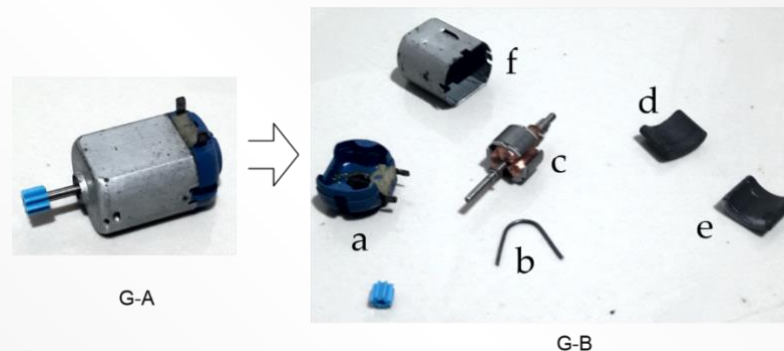
1. Mengenali bagian bagian motor listrik
2. Merakit motor listrik
3. Menjelaskan cara kerja motor listrik

Alat dan Bahan

- Motor listrik 3 volt
- Perkakas obeng (-) kecil

Percobaan/ Prosedur

1. Amati motor listrik kecil dan lepasilah bagian-bagiannya (G-A) menjadi (G-B) dengan cara membongkarnya, lihat gambar berikut.



2. Kenali dan sebutkan nama dan kegunaannya dari bagian-bagian yang telah dilepas tersebut?

Bagian *a* adalah

Kegunaannya adalah untuk

.....

Bagian *b* adalah

Kegunaannya adalah untuk

Bagian *c* adalah

Kegunaannya adalah untuk

.....

Bagian *d* adalah

Kegunaannya adalah untuk

.....

Bagian *e* adalah

Kegunaannya adalah untuk

.....

Bagian f adalah

Kegunaannya adalah untuk

.....

3. Gambarkan bentuk ilustrasi motor listrik tersebut dalam bentuk perbagiannya yang sudah dirakit?

4. Konsep-konsep IPA apa saja yang terkait, yang bisa dipelajari dari hasil kegiatan bongkar pasang tersebut?

.....

.....

5. Jelaskan cara kerja motor listrik tersebut ketika diberi arus listrik dari baterai 3 volt?

.....

.....

6. Manfaat apa dari kegiatan bongkar pasang motor listrik ini ?

.....

.....

5. Aktivitas Pembelajaran untuk Materi Transformator

Salah satu penerapan konsep induksi elektromagnetik adalah transformator. Transformator adalah alat untuk menaikkan atau menurunkan tegangan bolak balik (ac). Transformator untuk menaikkan tegangan disebut transformator *step up* dan untuk menurunkan tegangan disebut transformator *step down*. Transformator bekerja berdasarkan hukum induksi Faraday. Pada saat tegangan ac diberikan pada kumparan primer maka akan timbul perubahan medan magnetik, perubahan medan magnetik ini akan menginduksi tegangan ac yang berfrekuensi sama ke kumparan sekunder. Bagaimanakah hubungan antara jumlah lilitan dan tegangan pada kumparan primer dan kumparan sekunder? Untuk menjawab pertanyaan tersebut lakukanlah aktivitas pembelajaran 6.

Aktivitas pembelajaran 6 ini akan mencapai indikator 3.4.7 s.d. 3.4.9 pada submateri transformator. Pertemuan ke-2 ini menggunakan model pembelajaran Discovery Learning dengan sintak 1) Pemberian rangsangan (Stimulation); 2) Pernyataan/Identifikasi masalah (Problem Statement); 3) Pengumpulan data (Data Collection); 4) Pengolahan data (Data Processing); 5) Pembuktian (Verification), dan 6) Menarik simpulan/generalisasi (Generalization) (Aryana, dkk, 2018).

Transformator

Tujuan Aktivitas Pembelajaran:

Setelah melakukan percobaan, diharapkan peserta mampu menjelaskan hubungan antara jumlah lilitan dan beda potensial pada kumparan primer dan sekunder.

Estimasi Waktu Aktivitas Pembelajaran : 2 x 45 menit

Media, Alat, dan Bahan

- Kumparan 300, 600, 1200, dan 12000 lilitan
- Voltmeter AC (0 – 150 v) (2 buah)
- Amperemeter AC (2 buah)
- Catu daya (1 buah)
- Inti besi lunak untuk transformator (1 buah)
- Kabel penghubung secukupnya

Apa yang Saudara lakukan:

1. Memberikan stimulus dengan menayangkan video tentang cara kerja transformator dari link: <https://youtu.be/UchitHGF4n8> atau https://youtu.be/Cx4_7IloBA. Peserta didik diminta untuk mengemukakan pendapat berdasarkan pengamatan video tersebut (Apa yang anda amati dari video tersebut?)
2. Mengajukan pertanyaan "Apa bedanya *transformator step up* dan *step down*?"
3. Menyampaikan tujuan pembelajaran pada pertemuan yang berlangsung.
4. Untuk mengidentifikasi masalah, peserta didik diarahkan untuk bertanya yang berkaitan dengan pengamatan video. Pertanyaan yang diharapkan:
 - Bagaimana transformator bisa mengubah tegangan?
 - Bagaimana hubungan antara tegangan dan jumlah lilitan pada kumparan primer dan sekunder?
 - Apakah daya input sama dengan daya output?
5. Membagi peserta didik kedalam kelompok kecil secara heterogen.
6. Membagikan LKPD 6 tentang transformator.
7. Memfasilitasi peserta didik melakukan percobaan tentang transformator.
8. Memfasilitasi peserta didik mendiskusikan pertanyaan-pertanyaan yang terdapat dalam LKPD.
9. Memfasilitasi peserta didik membuat laporan hasil percobaan.
10. Meminta perwakilan peserta didik dari salah satu kelompok untuk mempresentasikan hasil diskusi kelompoknya dan meminta peserta didik dari kelompok lain untuk menanggapi.
11. Hasil diskusi yang diharapkan:
 - Prinsip kerja transformator

- Hubungan antara tegangan dan jumlah lilitan pada kumparan primer dan sekunder.
 - Persamaan efisiensi transformator
12. Menyampaikan penguatan dan koreksi dari materi ajar dan hasil diskusi yang dilakukan mengenai transformator.
 13. Mengarahkan peserta didik untuk membuat kesimpulan dan rangkuman materi ajar dari pembelajaran yang baru saja diselesaikan.

Lembar Kerja Peserta Didik 6

TRANSFORMATOR STEP-UP STEP-DOWN

Tujuan

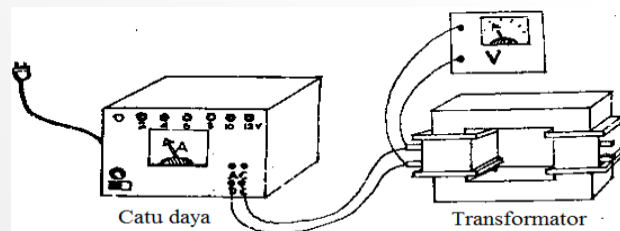
Menyelidiki hubungan perbandingan jumlah lilitan primer dan sekunder dengan perbandingan tegangan primer dan sekunder.

Alat dan Bahan

- Kumparan 300, 600, 1200, dan 12000 lilitan
- Voltmeter AC (0 – 150 v) (2 buah)
- Amperemeter AC (2 buah)
- Catu daya (1 buah)
- Inti besi lunak untuk transformator (1 buah)
- Kabel penghubung secukupnya

Percobaan/ Prosedur

1. Rakitlah alat dan bahan seperti pada gambar di bawah.
2. Pasanglah kumparan primer dan kumparan sekunder dengan jumlah lilitan yang berbeda (jumlah lilitan primer lebih kecil dari jumlah lilitan sekunder), lalu ukurlah besar tegangan pada kumparan primer dan sekunder catat hasil pengukurannya pada tabel pengamatan 1.



3. Ulangi langkah no. 2 dengan menukar lilitan kumparan primer dengan kumparan sekunder, catat hasil pengukurannya pada tabel pengamatan 2.

Tabel Pengamatan 1

N o	Kumparan Primer (N_P)	Kumparan Sekunder (N_S)	Tegangan Primer (V_P)	Tegangan Sekunder (V_S)	NSN P	VSV P
1.	300	1200				
2.	600	1200				
3.	600	12000				

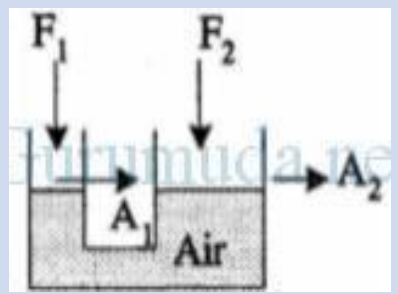
Tabel Pengamatan 2

N o	Kumparan Primer (N_P)	Kumparan Sekunder (N_S)	Tegangan Primer (V_P)	Tegangan Sekunder (V_S)	NSN P	VSV P
1.	1200	300				
2.	1200	600				
3.	12000	1200				

- Apakah yang dimaksud dengan efisiensi transformator dari hasil percobaan di atas? Jelaskan!
- Kesimpulan apakah yang Anda peroleh dari data hasil percobaan pada tabel 1 dan tabel 2?

E. LATIHAN

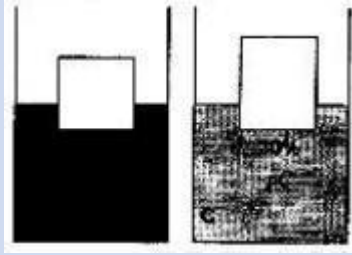
Pada bagian ini anda diminta untuk menyelesaikan latihan soal yang tersedia di tabel di bawah ini! Setelah anda menyelesaikan semua soal, anda dapat merefleksikan capaian pembelajaran anda berdasarkan target kompetensi di modul ini. Selamat mencoba semoga sukses!

No.	Materi dan Soal	
	Materi : Hukum Pascal	
1	Luas penampang $A_1 = 10 \text{ cm}^2$, Luas penampang $A_2 = 100 \text{ cm}^2$. Gaya (F_1) yang harus diberikan untuk menahan $F_2 = 100 \text{ N}$ agar sistem seimbang adalah A. 1.000 N B. 100 N C. 10 N D. 1 N E. 0,1 N	

Materi : Hukum Archimedes

2

Perhatikan Gambar!



Dua kubus yang identik dimasukkan dalam dua zat cair (B dan C) yang massa jenisnya berbeda. Bagian kubus yang masuk ke dalam cair B 50% dan zat cair C adalah. . .

- A. 3:5
- B. 4:5
- C. 5:4
- D. 5:3
- E. 5:2

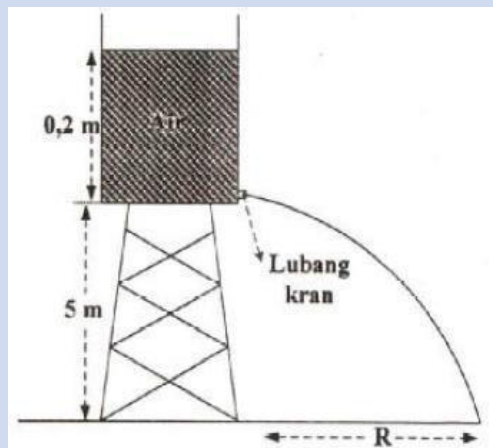
3

Sebuah kapal evakuasi sedang berusaha mengangkat kotak peti kemas bermassa total 4.500 kg yang jatuh ke laut. Kotak tersebut berukuran panjang 2 meter, lebar 1,5 meter, dan tinggi 1 meter. Massa jenis air laut saat itu 1.025 kg.m^{-3} dan percepatan gravitasi 10 m.s^{-2} , maka besar gaya minimal yang dibutuhkan untuk mengangkat benda dari dasar laut ke permukaan adalah. . .

- A. 14.250 N
- B. 19.250 N
- C. 30.750 N
- D. 45.000 N
- E. 50.000 N

Materi: Persamaan Kontinuitas dan Debit

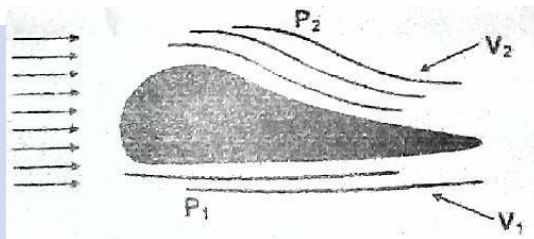
4



Air dalam bak setinggi 0,2 m terletak 5 m di atas permukaan tanah. Di dasar bak terdapat lubang kran kecil sehingga air memancar keluar dan jatuh di permukaan tanah pada jarak R. Jika $g = 10 \text{ m.s}^{-2}$ nilai R adalah

- A. 2 meter
- B. 5 meter
- C. 7 meter
- D. 10 meter
- E. 15 meter

5	Suatu pembangkit tenaga listrik tenaga air menggunakan turbin yang diputar oleh air dari bendungan yang jatuh dari ketinggian 90 m. Pembangkit listrik tersebut menghasilkan daya 9 Mwatt. Jika efesiensi pembangkit 50% maka debit air pada pembangkit tersebut adalah A. 5 $\text{m}^3.\text{s}^{-1}$ B. 10 $\text{m}^3.\text{s}^{-1}$ C. 20 $\text{m}^3.\text{s}^{-1}$ D. 100 $\text{m}^3.\text{s}^{-1}$ E. 1.000 $\text{m}^3.\text{s}^{-1}$
Materi: Azas Bernoulli	
6	Sayap pesawat terbang dirancang agar memiliki gaya angkat ke atas maksimum, seperti gambar. Jika v adalah kecepatan aliran udara dan P adalah tekanan udara, maka sesuai dengan azas Bernoulli rancangan tersebut dibuat agar... A. $v_A > v_B$ sehingga $P_A > P_B$ B. $v_A > v_B$ sehingga $P_A < P_B$ C. $v_A < v_B$ sehingga $P_A < P_B$ D. $v_A < v_B$ sehingga $P_A > P_B$ E. $v_A > v_B$ sehingga $P_A = P_B$
7	Perhatikan gambar alat penyemprot nyamuk pada gambar di bawah ini! Ketika batang pengisap M ditekan, udara dipaksa keluar dari tabung pompa dengan kecepatan v melalui lubang pada ujungnya. P menyatakan tekanan dan v menyatakan kecepatan alir cairan obat nyamuk, maka pernyataan yang benar dari prinsip kerja penyemprot nyamuk tersebut adalah... A. $P_1 < P_2$, maka $v_1 < v_2$ B. $P_1 > P_2$, maka $v_1 < v_2$ C. $P_1 < P_2$, maka $v_1 > v_2$ D. $P_1 > P_2$, maka $v_1 > v_2$ E. $P_1 = P_2$, maka $v_1 = v_2$
8	Gambar berikut menunjukkan penampang sayap pesawat terbang.



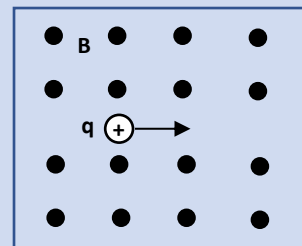
Pesawat terbang tersebut mempunyai luas penampang sayap 50 m^2 . Kelajuan aliran udara di atas sayap 250 m.s^{-1} , kelajuan aliran udara di bawah sayap adalah 200 m.s^{-1} , dan kerapatan udara adalah $1,2 \text{ kg.m}^{-3}$. Berapa besar gaya angkat pada sayap pesawat tersebut?

- A. 1.400.000 N
- B. 1.250.000 N
- C. 1.150.000 N
- D. 900.000 N
- E. 675.000 N

9

Sebuah muatan listrik positif q , bergerak dengan kecepatan v dalam sebuah medan magnet homogen seperti ditunjukkan pada gambar. Arah gaya magnetik F yang dialami muatan listrik q adalah....

- A. ke atas tegak lurus arah v
- B. ke bawah tegak lurus arah v
- C. ke luar bidang gambar
- D. ke dalam bidang gambar
- E. ke kanan searah v

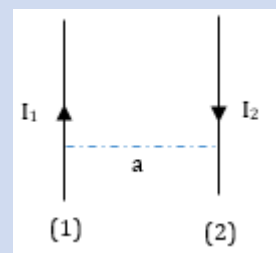


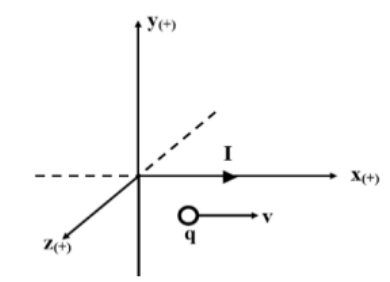
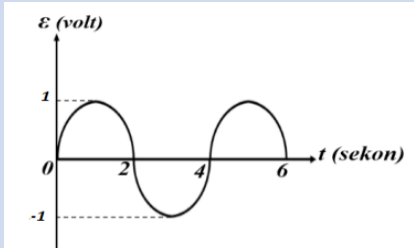
10

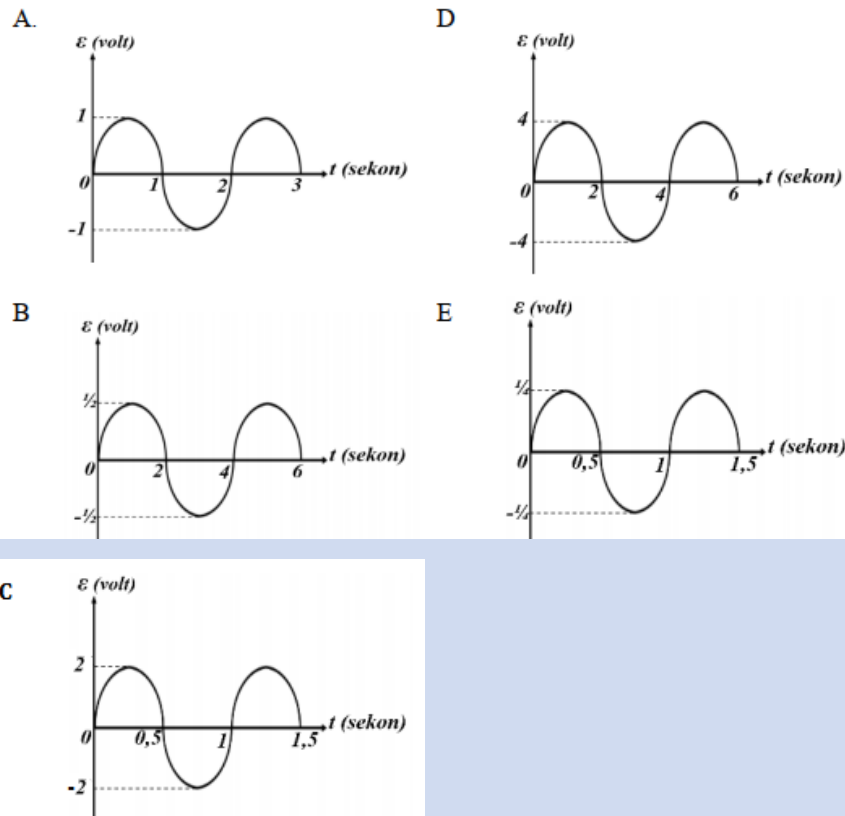
Perhatikan gambar berikut!

Dua kawat lurus sejajar berarus listrik $i_1 = 2 \text{ A}$ dan $i_2 = 3 \text{ A}$ terpisah pada jarak a seperti pada gambar. Sebuah kawat penghantar yang lain (3) berarus listrik akan diletakkan di sekitar kedua kawat sehingga kawat tidak mengalami gaya magnetik. Kawat (3) tersebut harus diletakkan pada jarak....

- A. $0,5 a$ di kiri kawat (1)
- B. a di kiri kawat (1)
- C. $2 a$ di kiri kawat (1)
- D. a di kanan kawat (2)
- E. $2a$ di kanan kawat (2)

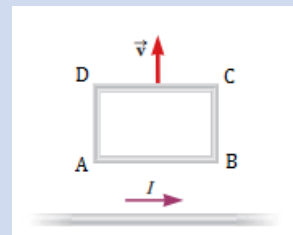


11	Sebuah muatan positif bergerak di bawah sebuah kawat berarus listrik yang arah arusnya searah sumbu $x (+)$ seperti gambar. Muatan bergerak searah dengan arah arus listrik. Arah gaya Lorentz yang dialami oleh muatan tersebut searah sumbu.... A. $y (+)$ B. $y (-)$ C. $x (+)$ D. $x (-)$ E. $z (+)$	
12	Berikut pernyataan tentang trafo: (1) Trafo menggunakan tegangan DC (2) Trafo dapat menaikkan tegangan DC (3) Trafo dapat menurunkan tegangan AC (4) Trafo ideal, daya primer sama dengan daya sekunder Pernyataan yang benar adalah.... A. (1) dan (3) B. (1) dan (4) C. (2) dan (4) D. (2) dan (3) E. (3) dan (4)	
13	Grafik berikut ini hubungan antara GGL (ε) terhadap waktu (t) yang dipasang pada tegangan AC.  Jika kumparan itu diputar dengan kecepatan sudut empat kali dan jumlah lilitannya dijadikan $\frac{1}{2}$ kali semula, maka grafiknya adalah....	



- 14 Sebuah loop kawat ABCD bergerak menjauhi penghantar kawat lurus dan panjang yang dialiri arus I . Bagaimanakah arus induksi di dalam loop kawat tersebut?

- A. Arus induksi hanya mengalir dari A – B
- B. Arus induksi hanya mengalir dari D – C
- C. Arus induksi mengalir dari A – B – C – D
- D. Arus induksi mengalir dari A – D – C – B
- E. Arus induksi hanya mengalir dari A – B dan dari D – C



- 15 Sebuah kumparan terdiri atas 50 lilitan berada dalam fluks magnetik yang berubah terhadap waktu, yang dinyatakan dengan: $\phi = 5t^2 + 10t + 1$ dimana ϕ dalam weber dan t dalam detik. Besar ggl induksi yang terjadi pada ujung-ujung kumparan saat $t = 2$ detik adalah....
- A. 1500 volt
 - B. 1000 volt
 - C. 950 volt
 - D. 900 volt
 - E. 700 volt

BAB 3 : BIOLOGI

A. Pegantar

Tuhan Yang Maha Esa, Allah swt memberikan kepada manusia kemampuan untuk bergerak secara leluasa untuk memenuhi tuntutan naluri dan akalinya. Kemampuan bergerak merupakan modal dasar yang membuat manusia dapat melakukan berbagai jenis aktivitas unik yang membedakannya dengan jenis hewan. Kemampuan gerak tersebut ditopang oleh sebuah sistem yang disebut dengan sistem gerak yang terdiri dari rangka dan otot. Kajian Biologi di modul ini membahas topik yang meliputi sistem rangka, otot, dan gangguan serta penyakit pada sistem gerak. Di modul ini juga terdapat aktivitas yang penting bagi guru agar dapat menumbuhkan kesadaran peserta didik untuk turut memahami dan memelihara sistem gerak yang dimilikinya agar dapat berfungsi lama hingga berusia lanjut. Bahan ajar ini berisi uraian materi dan praktikum yang diharapkan relevan dengan kebutuhan materi, karakter, dan bernalar guru di jenjang SMP maupun SMA.

B. Kompetensi

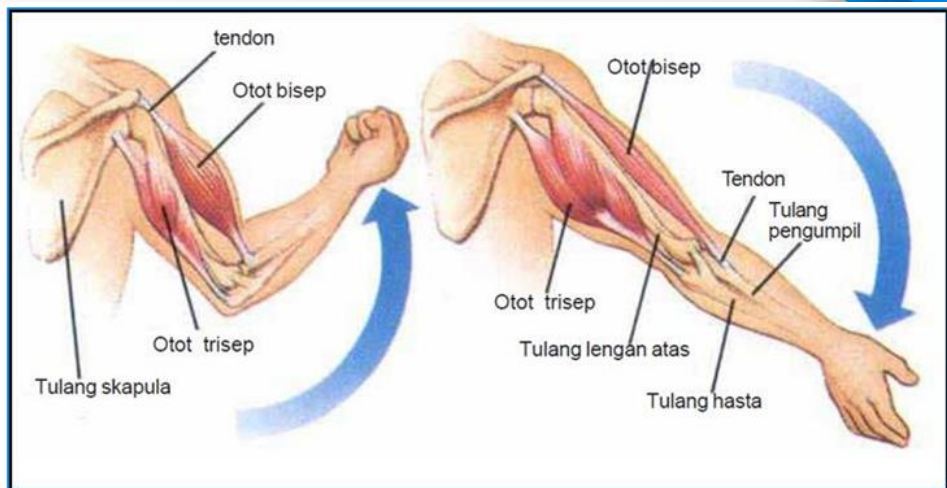
Setelah mempelajari materi Sistem Gerak pada Manusia, peserta diharapkan dapat:

1. Mengidentifikasi struktur dan fungsi organ-organ pada sistem gerak pada manusia dengan benar
2. Menganalisis keterkaitan struktur dan fungsi pada sistem gerak manusia sehingga menghasilkan pemahaman yang utuh terhadap sistem gerak dan gangguan/penyakitnya.

C. Uraian Materi

Manusia sejak menjadi janin di dalam kandungan dapat melakukan gerak dengan jenis dan cakupan yang sangat terbatas. Seiring dengan bertambahnya usia, gerak yang dilakukan semakin leluasa dan luas jangkauannya. Gerak pada prinsipnya adalah hasil kerja sama antara rangka dan otot. Rangka manusia dewasa disusun dari 206 buah tulang. Beberapa tulang ada yang menyatu, sementara tulang-tulang yang lain terhubung dengan sendi oleh ligament. Tulang yang tersambung tanpa sendi atau ligament menyebabkan tidak adanya pergerakan pada tulang tersebut. Sementara penghubung tulang berupa sendi atau ligamen memungkinkan terjadinya pergerakan.

Keberadaan tulang tidak membuat manusia bisa bergerak, tapi perlu didukung oleh organ lain yang bernama otot. Otot menempel pada tulang dan menghubungkan tulang yang satu dengan tulang lainnya. Otot mempunyai kemampuan berkontraksi yang dapat menggerakkan tulang dengan mekanisme tertentu sehingga otot disebut alat gerak aktif, sedang tulang disebut alat gerak pasif.



Gambar 3.1. Kerjasama antara Rangka dan Otot Menghasilkan Gerakan (Sumber: <http://kelipet.com/2015/09/pengertian-dan-jenis-otot/>, diunduh tanggal 6/1/2016)

Berdasarkan penjelasan di atas, disebabkan karena tulang dan otot manusia tersusun dari sistem yang kompleks dapat diringkas bahwa sistem gerak manusia ditopang oleh 2 sistem yaitu sistem rangka dan sistem otot. Berikut adalah penjelasan dari masing-masing sistem tersebut secara terpisah.

1. Sistem Rangka pada Manusia

Sistem rangka manusia pada dasarnya adalah bingkai pada tubuh yang tersusun dari berbagai tulang. Tulang-tulang penyusun rangka tersebut secara garis besar terdiri dari tulang keras dan tulang rawan. Apakah fungsi dan manfaat sistem rangka pada manusia? Ternyata Tuhan tidak menciptakan rangka hanya untuk memberi bentuk tubuh, tapi ada beberapa fungsi dan manfaat lain.

Sistem rangka memiliki lima fungsi utama yaitu:

1. Pemberi Bentuk/Penopang/Penegak Tubuh

Dapat dibayangkan seandainya tidak ada sistem rangka, niscara manusia akan berbentuk seonggok daging yang tidak berbentuk. Dengan adanya sistem rangka, terwujudlah bentuk manusia yang indah dan serasi seperti yang dimiliki manusia. Sistem ini menyediakan struktur yang mampu menopang seluruh tubuh termasuk di dalamnya sebagai organ yang menyediakan tempat sangkutan bagi berbagai jaringan lunak dan organ.

2. Penyimpanan Kalsium dan Lemak

Tulang ternyata memiliki fungsi seperti “Gudang” atau tempat penyimpanan bagi mineral seperti mineral seperti kalsium, kalium, dan natrium. Kalsium (zat kapur) merupakan mineral utama pembentuk tulang. Apabila tubuh kekurangan kalsium, tubuh akan mengambilnya dari tulang dan jika terjadi terus menerus, tulang dapat menjadi tipis, rapuh, dan mudah patah. Selain sebagai cadangan mineral, tulang rangka menyimpan cadangan energi dalam bentuk lemak yang disimpan pada sumsum tulang kuning.

3. Penghasil Sel-Sel Darah

Di dalam tulang terdapat sumsum tulang merah yang dapat menghasilkan sel darah merah, sel darah putih, dan komponen darah lainnya. Tidak semua tulang memang memiliki fungsi ini. Penghasil sel-sel darah terutama ada pada tulang pendek, tulang pipih, tulang tak beraturan, tulang berbentuk spons pada ujung tulang pipa, tulang rusuk, dan tulang dada.

4. Pelindung Organ Dalam Tubuh

Manusia memiliki organ-organ penting di dalam tubuh yang sifatnya lunak sehingga perlu dilindungi. Misalnya jantung dan paru-paru yang dilindungi oleh tulang rusuk; otak yang dilindungi tengkorak; sumsum tulang belakang yang dilindungi ruas-ruas tulang belakang; sistem reproduksi dan sistem pencernaan dilindungi gelang panggul. Keberadaan tulang yang sifatnya keras tersebut dapat berperan menjadi benteng yang melindungi organ-organ penting dari bahaya benturan fisik.

5. Alat Pergerakan

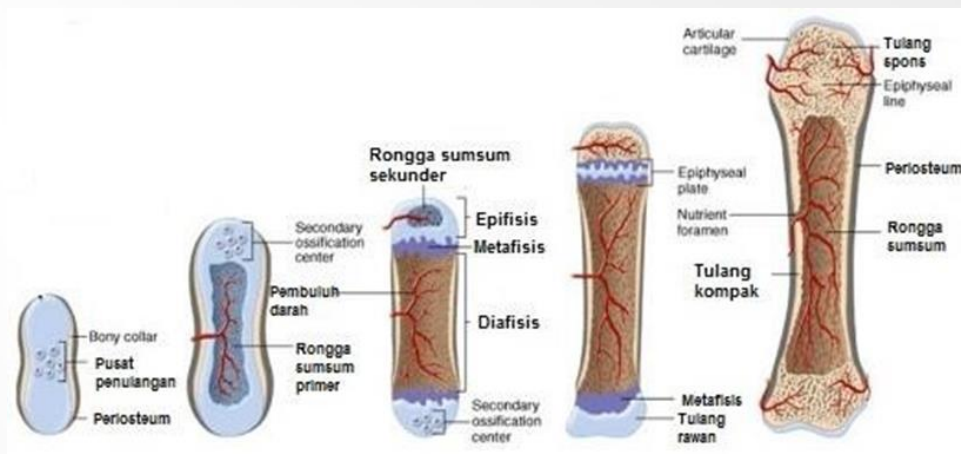
Sebagai komponen dari sistem gerak, keberadaan tulang yang pasti berperan adalah sebagai pengungkit apabila otot-otot yang melekat pada tulang berkontraksi menghasilkan gerakan.

Perkembangan dan Pertumbuhan Tulang

Perkembangan dan pertumbuhan pada tulang membahas bagaimana tulang mengalami perkembangan dan pertumbuhan sejak manusia di tahap embrio, lanjut ke bayi, hingga mencapai tahap dewasa. Di tahap embrio, semua tulang pipa pada mulanya berupa batang tulang rawan yang diselubungi oleh suatu membran (*perikondrium*). Sebuah pusat penulangan pertama disebut *diafisis* tampak di tengah jaringan yang kemudian menjadi tulang pipa. Unsur kalsium yang diperoleh dari makanan lalu ditimbun dalam matriks dan membuat sel-sel tulang berkembang. Perikondrium lalu berubah menjadi periosteum, selanjutnya tulang tumbuh baik secara melingkar (membesar secara diameter) maupun memanjang. Selanjutnya tulang yang sedang tumbuh terdiri atas batang (*diafisis*) dan ujung (*epifisis*).

Di usia bayi, tulang sebagian besar tersusun oleh *tulang rawan*. Tulang rawan tersebut sebagian besar terdiri atas kolagen, bersifat pejal dan lentur. Seiring tumbuh besarnya bayi, sel-sel tulang rawan yang dimiliki bayi digantikan oleh *tulang keras*. Tulang keras ini memiliki struktur lingkaran yang terbuat dari kalsium dan fosfat di antara sel-sel tulang. Proses perubahan dari tulang rawan ke sel tulang keras dinamakan penulangan (*osifikasi*). Proses penulangan berlanjut hingga remaja dan dewasa. Gambar 4.2 menunjukkan pembentukan tulang dari tulang rawan.

Pertumbuhan tulang adalah proses pemanjangan dan bertambahnya ukuran tulang. Manusia semakin tumbuh dan besar ukuran tubuhnya disebabkan salah satunya oleh pertumbuhan tulang tersebut. Pemanjangan pada tulang terjadi pada sebuah area yang bernama Epifisis yang letaknya di ujung tulang. Pertumbuhan secara memanjang bagi tulang-tulang panjang terjadi sejak sewaktu kanak-kanak. Pada masa pertumbuhan ini sel-sel pada epifisis membelah dan memanjangkan ukuran tulang. Sehingga ketika manusia tumbuh, tulang selain bertambah panjang, juga bertambah keras dan bertambah berat tetapi kelenturannya semakin berkurang. Hal itu berarti tulang bertambah kuat tetapi mudah patah.



Gambar 3.2. Pembentukan Tulang

(Sumber : <http://www.slideshare.net/satyakiverma/stages-of-bone-formation>)

Dalam proses perkembangan selanjutnya timbul pusat penulangan kedua di setiap ujung epifisis. Perkembangan/penulangan berawal dari daerah itu dan meluas ke arah batang juga ke arah ujung setiap epifisisnya. Akan tetapi ujung tulang tetap ditutupi oleh *tulang rawan hialin* yang menjadi *tulang rawan sendi*. Di antara batang dan setiap ujung terdapat selapis tulang rawan. Lapisan ini disebut tulang *rawan epifisis* yang tetap ada sampai tulang menjadi dewasa.

Macam-Macam Tulang Berdasarkan Bentuk Tulang

Tulang penyusun sistem rangka yang terdiri dari 206 buah tulang memiliki bentuk yang sangat bervariasi. Setiap bentuk memiliki fungsi yang menunjang fungsi rangka di tempat tulang tersebut berada. Berikut adalah penjelasan dari masing-masing bentuk dan lokasi tulang.

a. Tulang panjang atau tulang pipa.

Kelompok tulang ini secara umum lebih panjang, lebar, berbentuk silinder dan berfungsi sebagai pengungkit (Gambar 3.3). Tulang panjang terletak pada lengan atas, lengan bawah, paha, betis, telapak kaki dan tangan. Tulang paha merupakan tulang panjang terbesar dan terberat pada tubuh.

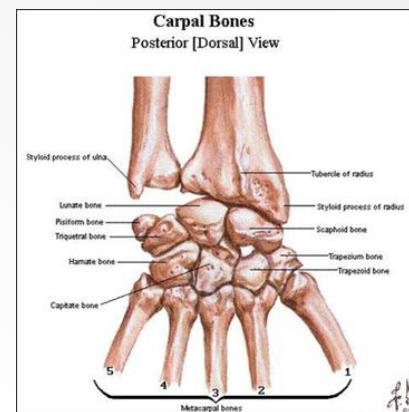


Gambar 3.3. Struktur tulang pipa

(Sumber: <https://kknbergerakuntuk8f.wordpress.com/> diunduh tanggal 3/9/2015)

a. Tulang pendek

Tulang pendek bentuknya mirip kubus, contohnya adalah tulang-tulang pada pergelangan tangan dan tulang-tulang pada pergelangan kaki, berperan memindahkan daya (Gambar 3.4). Tulang bentuk ini sebagian besar disusun oleh jaringan tulang jarang (berbentuk spons).



Gambar 3.4. Struktur tulang pendek

(Sumber:

<http://bone.co.id/2011/05/06/fraktur-tulang-karpal/>,
diunduh tanggal 3/9/2015)

b. Tulang pipih

Tulang pipih bentuknya tipis dan lengkung terdiri atas dua lapisan tulang kompak (tulang keras), di tengahnya terdapat lapisan tulang seperti spons (Gambar 3.5). Tulang pipih antara lain terdapat di tengkorak, juga ditemukan pada tulang dada, tulang rusuk, dan tulang belikat. Tulang ini menyediakan perlindungan bagi penempatan jaringan lunak dan menyediakan permukaan bagi perlekatan otot-otot rangka.

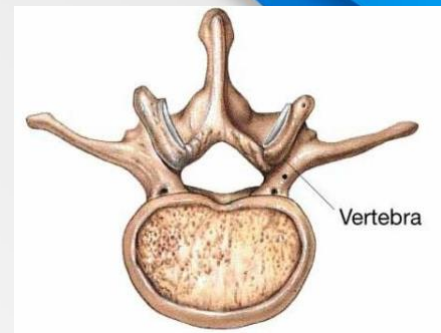


Gambar 3.5. Struktur tulang pipih pada tulang belikat

(Sumber: <http://www.ikonet.com/en/visualdictionary/human-being/anatomy/skeleton/types-of-bones.php>)

c. Tulang yang tidak beraturan

Tulang jenis ini adalah tulang yang tidak dapat digolongkan dalam salah satu dari ketiga bentuk tadi. Bentuk dari kelompok tulang ini tidak beraturan (Gambar 3.6). Tulang tersebut berfungsi sebagai tempat pelekatan otot atau persendian. Tulang tidak beraturan ditemukan pada ruas-ruas tulang belakang, tulang pada panggul, dan beberapa tulang tengkorak.



Gambar 3.6. Tulang tidak beraturan

d. Tulang sesamoid

Umumnya berukuran kecil, pipih, dan bentuknya mirip biji wijen (lihat Gambar 3.7). Tulang ini berkembang di dalam tendon dan otot-otot, umumnya berada dekat sendi misal pada lutut, tangan dan tungkai.



Gambar 3.7. Tulang sesamoid
(Sumber: <http://m.dev.tempo.co/read/news/2010/12/23/060301024/Mengatasi-Sesamoiditis>, diunduh tanggal 3/9/2015)

Komposisi Tulang

Tulang terdiri atas *matriks* dan *sel-sel tulang*. Matriks merupakan komponen non hidup sementara sel-sel tulang adalah komponen hidup. Tulang terdiri atas hampir 10-20% air. Bagian padat tulang, terdiri atas berbagai bahan mineral terutama garam kalsium, fosfat, kolagen, dll (sekitar 50-70%) dan bahan seluler (sekitar 20-40%).

1. Matriks Tulang

Matriks tulang merupakan komponen terbesar penyusun massa tulang. Matriks tulang memberikan sifat tulang yang kuat dan sangat berperan dalam homeostatis tulang. Matriks tulang terbentuk dari beberapa jenis bahan, di antaranya:

- mineral, misalnya kalsium, fosfat, dan karbonat;
- semen*, tersusun dari molekul karbohidrat;
- kolagen*, bentuknya seperti serat.

2. Sel Tulang

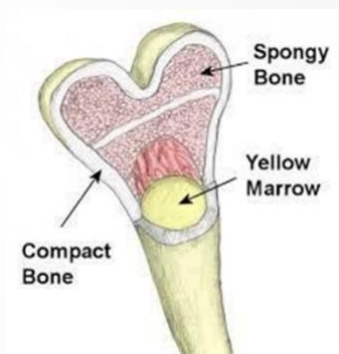
Selain tersusun oleh matriks, jaringan tulang juga tersusun dari sel-sel tulang. Ada empat jenis sel tulang, yaitu:

- Osteogenik, satu-satunya sel tulang yang dapat membelah diri. Sel-sel osteogenik yang keadaanya belum matang ditemukan di bagian dalam sumsum tulang. Ketika membelah dan berdiferensiasi akan membentuk osteoblas. Sehingga tulang memiliki sifat alami untuk terus membentuk sel-sel baru sementara sel-sel lama yang rusak/tidak dibutuhkan diserap untuk diperbaiki atau dilepaskan unsur kalsiumnya.
- osteoblas, sel yang berperan dalam membangun tulang. Sel-sel jenis ini ditemukan di bagian sel yang mengalami pertumbuhan. Tetapi sel osteoblas tidak membelah. Sel tersebut berkontribusi dalam membangun sel tulang dengan membuat dan mengeluarkan matriks kolagen dan garam kalsium. Osteoblas lalu terbungkus oleh matriks tersebut, mengeras dan mengalami perubahan struktur sehingga menjadi osteosit;
- osteosit, sel tulang yang matang yang terletak di suatu ruang bernama lakuna yang dikelilingin oleh jaringan tulang. Osteosit berperan dalam menjaga konsentrasi mineral di dalam matriks ;
- osteoklas, yaitu sel yang dapat menghancurkan tulang. Jenis sel ini bertanggung jawab dalam menyerap sel tulang yang tua/rusak/tidak terpakai dan memecahnya.

Deskripsi di atas dapat diringkas sebagai berikut: osteogenik aktif membelah diri sampai terbentuk osteoblas. Osteoblas selanjutnya dilingkupi oleh matriks dan berubah menjadi osteoklas (sel tulang yang matang). Jika mengalami kerusakan atau berusia tua, sel-sel osteoklas akan dihancurkan dan diserap oleh osteoklas. Aktivitas yang dinamis dan seimbang dari sel-sel tersebut membuat tulang selalu dalam keadaan terus menerus diperbaharui.

Struktur Tulang

Sebagian besar tulang berisi dua jenis *jaringan tulang* yaitu yang bersifat (1) *kompak* (padat) dan (2) *berbentuk spon*. Meskipun tulang kompak dan tulang padat tersusun dari matriks dan sel-sel yang sama, tapi terdapat perbedaan dalam susunannya. Tulang kompak sangat padat sehingga dapat kuat menahan tekanan sementara tulang spons memiliki rongga-rongga sehingga cukup ringan massanya. Tulang kompak selalu berada pada permukaan tulang membentuk lapisan pelindung yang kuat. Tulang spon terletak di bagian dalam tulang.

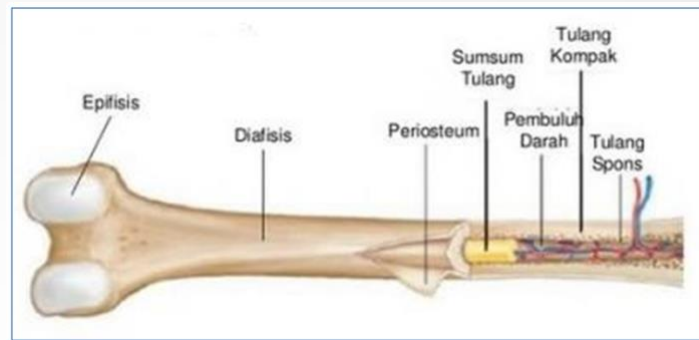


Gambar 3.8. Tulang kompak dan tulang spon

(Sumber :

<http://budisma.net/2015/01/s-truktur-dan-fungsi-jaringan-tulang.html>, diunduh tanggal 3/9/2015)

Mari pelajari struktur tulang dengan mengamati Gambar 3.9 di bawah. Gambar tersebut memperlihatkan anatomi tulang paha (mewakili tulang panjang). Tulang panjang memiliki batang yang berbentuk tubular (pipa) disebut diafisis. Pada setiap ujung tulang terdapat suatu area perpanjangan dikenal sebagai epifisis. Diafisis dihubungkan dengan setiap epifisis melalui suatu area dikenal sebagai metafisis.



Gambar 3.9. Struktur Tulang Panjang

(Sumber: <http://fungsi.web.id/2015/05/fungsi-tulang-pada-manusia-secara-umum.html>, diunduh tanggal 6/1/2016)

Dinding diafisis terdiri atas lapisan tulang kompak yang mengelilingi ruang pusat disebut rongga sumsum. Bagian Epifisis sebagian besar berupa tulang berbentuk spon dengan pembungkus yang tipis disebut *korteks* (tulang kompak). Sel-sel pada tulang spon membentuk banyak rongga. Susunan rongga seperti itu menyediakan kekuatan untuk mendukung beban yang berat juga berfungsi sebagai bantalan yang mampu menyerap kejutan atau benturan.

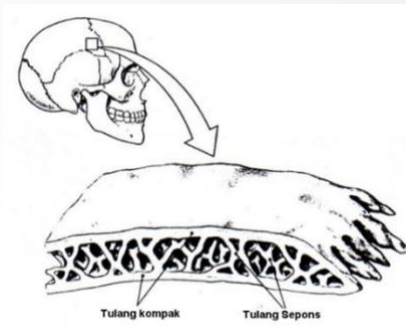
Rongga sumsum pada diafisis mengandung sumsum tulang. Sumsum tulang merupakan pabrik sel-sel darah. Sumsum tulang yang sehat secara rutin mengeluarkan sel-sel darah ke dalam pembuluh darah. Dikenal ada dua macam sumsum tulang yaitu sumsum tulang kuning dan sumsum tulang merah. Sumsum tulang kuning didominasi oleh sel-sel lemak. Sumsum tulang merah sebagian besar terdiri dari sel darah merah, sel darah putih, dan sel-sel induk yang menghasilkan kedua jenis sel darah tersebut. Sumsum tulang kuning merupakan cadangan energi yang penting, juga dapat membuat sel-sel darah dalam keadaan darurat, misalnya setelah orang mengalami perdarahan.

Apakah di tulang terdapat pembuluh darah dan saraf?

Tulang meskipun berwujud padat dan keras seperti benda mati, tulang merupakan organ yang terdiri dari jaringan dan sel-sel hidup. Sehingga tulang tetap memerlukan nutrisi yang dibawa oleh darah. Tulang spons dan sumsum tulang mendapatkan asupan nutrisi dari pembuluh darah arteri yang melewati tulang kompak. Arteri memasuki nutrient foramen (lubang sangat kecil di area diafisis). Selain terdapat pembuluh darah, ada juga sel-sel saraf yang posisinya mengikuti pembuluh darah dan letaknya cenderung terkumpul di area tulang yang aktif secara metabolik. Saraf-saraf dapat merasakan sensasi rasa sakit dan saraf juga berperan dalam mengatur alur laju darah dalam pertumbuhan tulang. Pembuluh darah dan saraf juga terdapat di bagian periosteum.

Mari lihat kembali Gambar 3.9 untuk menemukan bagian Periosteum. Periosteum adalah *membran* yang melapisi dan melekat erat pada bagian luar tulang. Di dalam periosteum banyak terdapat pembuluh darah. Pembuluh darah yang berasal dari periosteum bercabang-cabang ke dalam tulang. Periosteum penting untuk menebalkan tulang dan menyembuhkan patah tulang (fraktur). Tulang yang tidak ditutupi periosteum adalah tulang-tulang sesamoid yang terletak di tendon atau otot. Termasuk sendi-sendi seperti di tempurung lutut, lengan dan kaki.

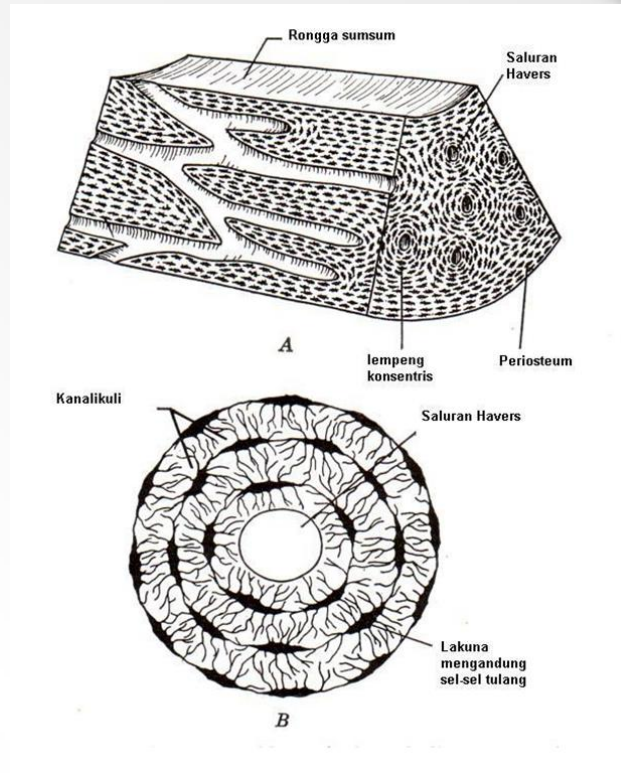
Tidak semua tulang memiliki sumsum tulang di antaranya adalah tulang pipih. Gambar 3.11. memperlihatkan struktur tulang pipih yang ditemukan pada tengkorak. Struktur tulang pipih mirip *sandwich*, dengan lapisan tulang kompak di bagian luarnya yang menutupi bagian tengah berisi tulang spon. Meskipun tulang pipih memiliki sumsum, namun tidak terdapat rongga sumsum tulang. Meskipun demikian, tulang pipih tetap dapat menghasilkan sel-sel darah.



Gambar 3.10. Struktur Tulang Pipih (Sumber : Setiawan, 2007)

Pada irisan melintang tulang kompak, dapat dilihat adanya suatu bentuk yang terdiri atas lingkaran-lingkaran atau lempengan konsentris (lihat Gambar 3.11). Di dalam pusat setiap lingkaran terdapat suatu saluran yang disebut saluran Havers. Lempengan tulang atau lamela disusun konsentris sekitar saluran havers. Di antara lempeng itu terdapat ruang-ruang kecil disebut lakuna. Lakuna mengandung sel-sel tulang yang saling bersambungan satu dengan yang lain, juga disambungkan dengan saluran Havers di bagian tengah oleh saluran kecil yang disebut kanalikuli. Satu sistem Havers yang lengkap adalah sebagai berikut.

1. Saluran Havers, berada di pusat berisi urat saraf, pembuluh darah, dan pembuluh limfe.
2. Lamela (lempeng tulang) yang tersusun memusat.
3. Lakuna yang mengandung sel tulang.
4. Kanalikuli yang memancar di antara lakuna dan menggandengkannya dengan saluran Havers.



Gambar 3.11. Struktur Mikroskopik Tulang Kompak:

(Sumber: Setiawan, 2007)

- A. Bagian tulang panjang dalam irisan melintang dan membujur
- B. Tiga lamela yang konsentris mengelilingi saluran Havers

Tulang Rawan atau Kartilago

Tulang rawan merupakan jaringan penghubung yang bersifat kuat dan melindungi sendi serta tulang. Tulang rawan terbuat dari bahan yang padat, bening, dan putih kebiru-biruan. Tulang tersebut ditemukan terutama pada sendi dan di antara dua tulang. Tulang rawan tidak mengandung pembuluh darah, tetapi diselubungi membran, yaitu *perikondrion*, tempat tulang rawan mendapatkan darah. Keberadaan tulang rawan di ujung tulang ini mengurangi gesekan (friksi) antar tulang dan mencegah tulang yang berdekatan untuk saling berbenturan (menahan goncangan/*shock absorber*). Tulang rawanpun terdapat di bagian-bagian tertentu tubuh manusia, memberi bentuk dan struktur.

Tiga jenis utama tulang rawan :

- a. Tulang rawan hialin

Terdiri atas serabut kolagen (serat berbahan protein sejenis gelatin) yang terbenam dalam bahan dasar yang bening dan ulet. Dijumpai menutupi ujung tulang pipa sebagai tulang rawan sendi. Juga pada tulang rawan rusuk, pada hidung, laring, trakea, dan pada bronkus.

b. Tulang rawan fibrosa

Tulang rawan fibrosa disusun oleh berkas-berkas serabut dengan sel tulang rawan tersusun di antara berkas serabut itu, dijumpai pada tempat yang memerlukan kekuatan besar. Tulang rawan fibrosa ada di bagian dalam rongga tulang panggul, dan tulang belikat. Juga sebagai tulang rawan penghubung seperti pada cakram intervertebralis pada tulang belakang, dan bantalan tulang rawan pada tulang kemaluan.

c. Tulang rawan elastik

Sering disebut tulang rawan elastik kuning, karena mengandung sejumlah besar serabut elastik berwarna kuning. Terdapat pada daun telinga, *epiglottis*, dan tabung *Eustachius*. Jika ditekan atau dibengkokkan terasa lentur dan cepat kembali ke bentuknya semula.

Struktur Rangka

Rangka manusia secara umum dibagi ke dalam rangka badan (aksial) dan rangka anggota gerak (apendikular).

1. Rangka Badan (Aksial)

Rangka aksial tersusun dari tulang-tulang yang membentuk sumbu utama tubuh. Jadi tulang –tulang yang terdapat di kepala (tengkorak), leher, punggung, dan dada adalah anggota dari rangka aksial. Berikut adalah rincian dari tulang-tulang aksial.

a. Tengkorak

Terdiri atas 8 buah tulang *kranium* atau tempurung kepala dan 14 buah *tulang wajah*). Tulang-tulang pada tengkorak melindungi otak dan menjaga saluran masuk sistem pencernaan (rongga mulut) serta lobang masuk sistem respirasi (rongga hidung). Tengkorak terdiri atas 22 buah tulang, yaitu 8 buah tulang yang membentuk tempurung kepala (*kranium*) dan 14 buah tulang yang bersambungan membentuk tulang wajah.

Tujuh buah tulang tambahan bergabung dengan tengkorak yaitu 6 buah tulang-tulang pendengaran (tulang landasan, martil, dan sanggurdi masing-masing satu pasang) berada di sebelah dalam tulang pelipis, dan tulang hioid dihubungkan dengan bagian bawah tulang pelipis oleh sepasang ligamen.

Tempurung kepala terdiri atas 8 buah tulang, yaitu 1 buah tulang kepala belakang, 2 buah tulang ubun-ubun, 1 buah tulang dahi, 2 buah tulang pelipis, 1 buah tulang baji, dan 1 buah tulang tapis yang tersambung oleh sutura. Tempurung kepala memiliki fungsi yang sangat penting. Fungsi tulang tengkorak adalah melindungi otak. Tulang-tulang yang berhubungan dengan tengkorak (terdiri atas 6 buah tulang pendengaran dan 1 buah tulang hioid).

b. Rangka dada

Terdiri atas 1 buah tulang dada dan 24 buah tulang rusuk. Tulang-tulang pada daerah dada membentuk sejenis sangkar yang melindungi jantung dan paru-paru. Tulang dada merupakan tulang pipih berada di bagian tengah dan depan rongga dada. Tulang dada merupakan tempat melekatnya tulang rusuk dan otot-otot yang membantu kita bernapas. Tulang rusuk juga melindungi jantung.

Tujuh pasang tulang rusuk paling atas pada ujungnya terdapat tulang rawan dan langsung bersambungan dengan tulang dada. Tiga pasang tulang rusuk di bawahnya tidak langsung berhubungan dengan tulang dada. Ketiga pasang tulang ini berhubungan dengan tulang rawan yang menyambung pada tulang dada. Dua pasang tulang rusuk paling bawah sama sekali tidak melekat pada tulang dada. Kedua pasang tulang rusuk ini hanya melekat di bagian belakang.

c. Rangkaian tulang belakang

Terdiri atas 7 ruas tulang leher, 12 ruas tulang belakang bagian dada, 5 ruas tulang bagian pinggang 1 buah tulang kelangkang yang disusun oleh 5 ruas yang rudimenter menjadi satu, dan 1 buah tulang tungging yang disusun oleh 4 ruas yang rudimenter menjadi satu).

Ruas-ruas tulang belakang disusun oleh 33 buah tulang kecil yang dikenal sebagai *vertebra*. Ruas-ruas tulang belakang melindungi sumsum tulang belakang. Setiap tonjolan tulang belakang merupakan satu ruas tulang yang terpisah. Di antara tulang-tulang itu terdapat lempengan tulang rawan disebut *cakram* yang bertindak sebagai bantalan untuk meredam kejutan.

Ruas-ruas tulang belakang dibagi dalam beberapa daerah.

1. Ruas-ruas tulang leher (7 buah) terdapat pada daerah leher yang mendukung kepala. Adanya ruas-ruas tulang ini membuat leher dapat lentur dan memungkinkan kepala dapat digerakkan ke berbagai arah.
2. Di bawah leher terdapat 12 ruas tulang belakang bagian dada. Tulang ini ikut membantu mendukung kerangka rongga dada.
3. Selanjutnya 5 buah ruas tulang belakang bagian pinggang merupakan penyangga utama berat badan. Tulang pinggang merupakan ruas tulang belakang terbesar dan terkuat.
4. Selanjutnya 5 ruas tulang kelangkang yang menyatu di daerah kelangkang. Tulang ini pun menyatu dengan tulang panggul di kedua sisinya. Gabungan tulang kelangkang dengan tulang usus disebut tulang panggul. Di bawah tulang kelangkang terdapat tulang tungging (tulang ekor) yang terdiri atas 3 – 5 ruas tulang yang menyatu.

2. Rangka Anggota Gerak (Apendikular)

a. Gelang Bahu

Tulang belikat bersama tulang selangka membentuk gelang bahu. Gelang bahu menyediakan tempat hubungan bagi lengan pada rangka aksial.

b. Lengan

Salah satu ujung tulang lengan atas melekat pada gelang bahu. Ujung bawah bertemu dengan dua buah tulang lengan bawah pada sendi siku.

c. Tangan

Terdapat delapan buah tulang pada pergelangan tangan, tersusun atas dua baris, empat tulang dalam setiap baris. Adanya tulang ini membuat pergelangan tangan leluasa bergerak. Tulang-tulang pergelangan tangan bersambungan dengan lima tulang yang membentuk telapak tangan. Setiap jari memiliki tiga buah tulang, kecuali pada ibu jari yang hanya dua tulang. Ujung ibu jari dapat menyentuh semua ujung jari lainnya.

d. Gelang Panggul

Tulang panggul membentuk gelang yang kuat dapat menyeimbangkan berat tubuh pada kaki. Gelang panggul juga melindungi kebanyakan organ yang ada pada rongga perut, khususnya organ reproduksi. Walaupun gelang panggul terdiri atas banyak tulang, tulang-tulang itu bersambungan sangat erat dan menyatu, sehingga tampaknya hanya sebuah tulang.

e. Tungkai

Tulang paha merupakan tulang terbesar, terkuat, dan terberat di dalam tubuh. Hal itu disebabkan tulang paha harus mendukung berat tubuh bagian atas sewaktu berjalan, berlari, atau sewaktu kita melompat. Masing-masing tulang paha memanjang dari panggul sampai lutut. Di bawah lutut, terdapat dua buah tulang yang lebih kecil yang membagi beban berat tubuh. Tulang yang lebih besar (tulang kering) menyangga beban lebih banyak yang berasal dari tulang paha dan diteruskan pada kaki. Tulang yang lebih kecil (tulang betis) membantu tumit bergerak dengan leluasa. Tempurung lutut selalu berada di tempatnya, diikat oleh tendon dari otot sekitarnya. Tulang ini melindungi sendi lutut dan memungkinkan lutut membengkok secara halus.

f. Kaki

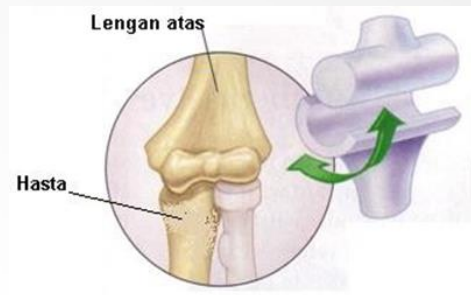
Struktur kaki mirip struktur tangan, tetapi kaki lebih kuat dan lebih kaku. Sebagaimana halnya tangan, lima buah tulang membentuk telapak kaki. Tulang-tulang ini berhubungan dengan tulang-tulang jari kaki. Ibu jari kaki, mirip dengan ibu jari tangan, hanya terdiri atas dua buah tulang. Jari kaki lainnya terdiri atas tiga buah tulang. Tulang terbesar pada kaki dan tulang yang terkecil pada jari kaki berperan menyerap kejutan sewaktu berjalan.

Sendi

Tempat bertemunya dua buah tulang dinamakan sendi. Sendi diikat oleh ligamen dan tendon. Terdapat tiga jenis sendi 1) sendi dengan gerakan bebas, 2) sendi dengan gerakan terbatas, 3) sendi yang tidak dapat bergerak.

Sendi dengan gerakan bebas ada 4 jenis, yaitu:

1. Sendi engsel adalah jika gerakan dapat dilakukan ke satu arah. Contoh *sendi engsel* adalah sendi pada lutut dan siku.



Gambar 3.12. Sendi engsel

(Sumber : Setiawan, 2007)

2. Sendi putar, tulang yang satu mengitari tulang yang lain. Bentuk seperti ini memungkinkan tulang itu saling menyilang. Contoh, ujung dua buah tulang pada lengan bawah, tulang hasta dan pengumpil, bertemu membentuk sendi putar pada siku.

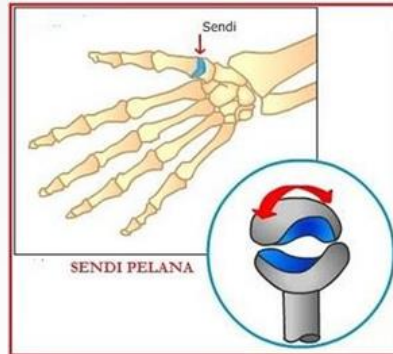


Gambar 3.13. Sendi putar

(Sumber : Setiawan, 2007)

3. Sendi pelana

Sendi pelana memungkinkan tulang yang satu meluncur pada tulang yang lain. Tulang-tulang pada pergelangan tangan membentuk sendi pelana, dengan fleksibilitas yang tinggi. Sendi semacam ini terdapat juga pada tulang-tulang pergelangan kaki.



Gambar 3.14. Sendi pelana

(Sumber: Setiawan, 2007)

4. Sendi geser

Sendi geser terdapat pada hubungan antar tulang yang memungkinkan pergerakan menggeser suatu tulang dengan tulang lain. Contohnya seperti pada tulang belakang.



Gambar 3.15. Sendi Geser (Sumber: Seeley, Rod. R. 2014)

5. Sendi peluru

Sendi peluru terbentuk dengan ujung tulang yang berbentuk bola masuk pada bagian tulang lainnya yang berbentuk mangkuk. Sendi yang terdapat pada bahu dan panggul merupakan contoh sendi ini. Sendi peluru memungkinkan gerakan ke semua arah.



Gambar 3.16. Sendi peluru

Sumber: <http://biologipedia.blogspot.com/2010/10/sendipelana.html>, diunduh tanggal 4/9/2015)

2. Sistem Otot Manusia

a. Jenis Otot Manusia

Otot manusia dibagi menjadi tiga jenis berdasarkan penampakkannya:

1. Otot Lurik

Dikatakan otot lurik karena adanya daerah gelap dan daerah yang terang berselangan kalau dilihat dengan mikroskop. Otot lurik disebut juga otot sadar karena bekerja menurut perintah otak.

2. Otot Polos

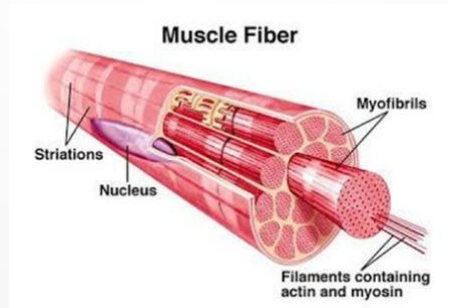
Di bawah mikroskop otot polos tampak polos. Bekerjanya dibawah kesadaran kita, misalnya pada rahim, usus, pembuluh darah, dan saluran kelamin.

3. Otot Jantung

Bekerjanya dibawah kesadaran kita, bentuknya bergaris melintang. Otot jantung hanya terdapat pada dinding jantung.

b. Struktur Anatomi Otot

Setiap otot terdiri dari beberapa ratus hingga beberapa ribu sel otot. Di dalam setiap sel otot terdapat banyak struktur yang mirip benang yang disebut miofibril.



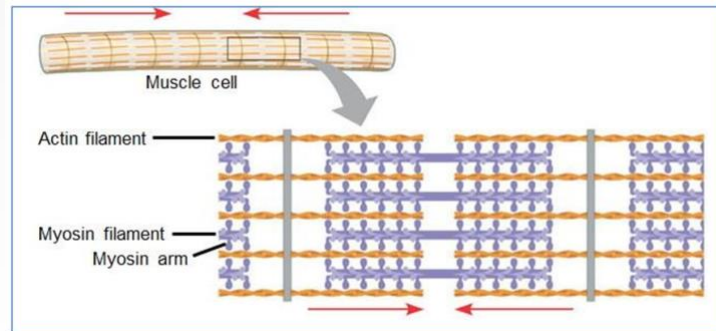
Gambar 3.17. Struktur otot

(Sumber : <http://contohlaporan.blogspot.com/2009/11/mekanisme-kerja-otot.html>, diunduh tanggal 4/9/2015)

Pada setiap miofibril terdapat banyak filamen tebal dan filamen tipis yang susunannya sejajar. Setiap filamen tipis terdiri atas dua untaian manik-manik yang saling berpilin. Butir-butir manik-manik tersebut adalah molekul globular dari aktin. Setiap filamen tebal terdiri atas sekumpulan molekul miosin. Aktin dan miosin merupakan protein yang menggerakkan otot. Molekul miosin memiliki bagian kepala dan bagian ekor yang panjang. Molekul aktin dan miosin merupakan komponen dari sarkomer.

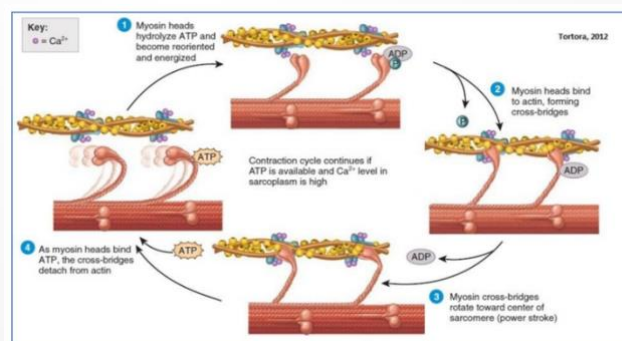
c. Mekanisme Kontraksi Otot

Otot dalam tubuh akan berkontraksi jika mendapatkan rangsangan. Proses kontraksi otot didahului dengan datangnya impuls saraf. Ribuan filamen aktin disusun sejajar satu sama lain di sepanjang sel otot, yang diselingi dengan filamen yang lebih tebal yang terbentuk dari protein yang disebut miosin (Gambar 3.18).



Gambar 3.18. Aktin dan miosin dalam sel otot (Sumber: Campbell, 2002)

Kontraksi sel otot terjadi akibat filamen aktin dan miosin yang saling meluncur melewati yang lain, yang akan memperpendek selnya. Dalam sel otot, filamen aktin terletak sejajar dengan filamen miosin tebal. Miosin bertindak sebagai molekul motor dengan bantuan lengan yang “menjalankan” kedua jenis filamen itu untuk saling melewati yang lainnya. Kerja tim dari banyak filamen yang meluncur seperti ini membuat seluruh sel otot dapat memendek.



Gambar 3.19. Filamen aktin dan miosin yang saling meluncur

(Sumber: <http://deborafilifos.blogspot.com/2013/03/sistem-otot.html>, diunduh tanggal 4/9/2015)

d. Cara Kerja Otot

1. Otot sinergis

Yaitu hubungan antar otot yang cara kerjanya saling mendukung/bekerja sama/menimbulkan gerakan yang searah. Untuk menggerakkan tulang dari satu posisi ke posisi yang lain, kemudian kembali ke posisi semula, diperlukan paling sedikit dua macam otot dengan kerja berbeda.

Contoh:

Seluruh otot pronator yang mengatur pergerakan telapak tangan untuk menelungkup.
Seluruh otot supinator yang mengatur pergerakan telapak tangan menengadahkan.

2. Otot antagonis

Otot antagonis adalah dua otot atau lebih yang tujuan kerjanya berlawanan. Contoh otot antagonis adalah otot bisep dan trisep. Untuk mengangkat lengan bawah, otot bisep berkontraksi dan otot trisep berelaksasi. Untuk menurunkan lengan bawah, otot trisep berkontraksi dan otot bisep berelaksasi.

Macam otot antagonis:

- a. Otot ekstensor (meluruskan) dengan fleksor (membengkokkan).
- b. Otot abductor (menjauhi sumbu badan) dengan adductor (mendekatisumbu badan).
- c. Otot supinator (menengadah) dengan pronator (menelungkup).
- d. Otot depressor (gerakan ke bawah) dengan elevator (gerakan ke atas).

3. Gangguan/Penyakit pada Sistem Rangka

Sistem rangka pada manusia dapat mengalami gangguan dan penyakit. Gangguan dan penyakit tersebut dikarenakan menimpa tulang dan atau otot sehingga dampaknya membuat gerakan manusia bisa menjadi terhambat, kaku, atau bahkan tidak dapat bergerak sama sekali. Beberapa gangguan dan penyakit tersebut antara lain adalah:

a. Osteoporosis

Osteoporosis adalah kondisi tulang yang menjadi rapuh, keropos, dan mudah patah akibat berkurangnya massa tulang terutama unsur kalsium. Pengeroposan tulang tersebut berlangsung dalam jangka waktu yang lama. Masalah paling serius dari kondisi osteoporosis yang sering terjadi adalah patah tulang. Tulang yang telah mengalami pengeroposan lebih rentan patah dikarenakan benturan ringan atau menahan beban yang terlalu berat.

b. Patah Tulang

Patah tulang (fraktura) disebabkan oleh banyak faktor, terutama karena benturan saat jatuh, misalnya ketika kecelakaan di jalan, perkelahian, latihan bela diri, atau olah raga. Patah tulang dapat terjadi pada sebagian maupun di pula seluruh tulang. Gambar 3. 20. memperlihatkan tiga bentuk patah tulang.

1. "Fraktura batang hijau" (*green stick*) merupakan patah tulang sebagian yang umum terjadi pada anak-anak.
2. Patah tulang sederhana terjadi jika tulang retak menjadi dua bagian, tetapi ujung tulang yang patah tidak keluar kulit.
3. patah tulang riuk (terbuka), ujung tulang yang patah menyobek kulit dan muncul ke luar.
4. Pada patah tulang jenis ini ujung tulang yang keluar mudah diserang bibit penyakit



Gambar 3.20.Tiga Bentuk Patah Tulang

kiri:green-stick; tengah: sederhana; kanan: terbuka (Sumber: Setiawan, 2007)

c. Keseleo

Keseleo terjadi Ketika ligament, otot, dan tendon mengalami peregangan berlebihan atau robek. Keseleo ringan tersebut menimbulkan rasa nyeri yang mengakibatkan pergerakan terbatas. Rasa nyeri dapat semakin kuat hingga sampai mati rasa pada keseleo parah sehingga gerakan pun semakin sulit. Keseleo biasanya terjadi saat melakukan kegiatan berjalan atau berolah raga. Kecelakaan umum yang menyebabkan keseleo saat olah raga adalah ketika lari/jalan di area yang tidak rata. melakukan pendaratan atau jatuh dengan posisi yang salah, atau menerapkan teknik-teknik yang salah.

Bagaimana agar kita tidak mengalami keseleo?

Agar terhindar dari resiko keseleo, perlu diketahui beberapa faktor yang meningkatkan resiko keseleo, yaitu jarang berolah raga, tidak melakukan pemanasan dan peregangan yang baik sebelum berolah raga, menggunakan alat olah raga yang tidak tepat, beraktivitas di lingkungan yang tidak baik seperti di permukaan yang tidak rata dan licin, atau memaksa tubuh untuk melakukan aktivitas ketika tubuh lelah/lemas.

d. Masalah pada Kaki

Ketika kita berdiri dengan telapak kaki menempel pada lantai, tampak bahwa bagian tengah telapak kaki kita tidak menyentuh lantai. Bagian ini dinamakan *lengkung kaki*. Lengkung kaki terbentuk dari susunan tulang-tulang pada kaki dan tekanan di antara tulang-tulang itu yang diikat oleh ligamen dan otot. Struktur ini membuat telapak kaki mirip pegas. Jika kaki menginjak lantai, lengkung kaki sedikit memipih lalu melengkung kembali. Kerja pegas ini mampu meredam kejutan dan menggunakan energi untuk melengkungkan kembali lengkung kaki pada langkah berikutnya. Kadangkala lengkung kaki menjadi pipih. Hal itu berarti

semua bagian alas kaki menyentuh lantai. Hal itu berakibat berat badan tidak berada di pusat. Membuat kulit dan otot pergelangan kaki bekerja lebih berat untuk menyeimbangkan tubuh. Sakit pada lengkung kaki, pergelangan kaki, dan otot betis merupakan pertanda turunnya lengkung kaki. Wanita yang mengenakan sepatu dengan hak tinggi dapat menyebabkan lengkung kaki memipih. Sepatu dengan bantalan kecil, disebut *arch supports* dapat membantu keadaan ini.

Problem pada kaki lainnya adalah *bunion*. Bunion merupakan pembengkakan yang berat pada sendi ibu jari kaki. Bunion dapat disebabkan oleh *arthritis* atau tidak seimbangnya otot pada kaki dan tungkai. Juga dapat disebabkan karena menggunakan sepatu sempit yang menekan jari secara bersamaan. Persendian pada ibu jari merupakan sendi engsel yang memungkinkan ibu jari bergerak ke atas dan ke bawah. Mengenakan sepatu sempit, mengakibatkan jari dan sendi mendapat tekanan dari satu sisi. Pada tahap awal terbentuk bunion, sepatu yang lebar diperlukan, namun pembedahan sangat diperlukan pada kasus lanjutan.

c. Arthritis

Penyakit ini ditandai dengan pembengkakan dan pengembangan jaringan di sekitar sendi. Dengan beberapa macam *arthritis*, sendi menjadi kaku dan terjadi kerusakan tetap karena robeknya jaringan sendi.

Dengan mengetahui beberapa gangguan dan penyakit di atas, kita layak untuk bersyukur kepada Allah, Tuhan YME atas nikmat berupa kesehatan pada sistem gerak kita. Dengan pemahaman ini semoga mendorong guru untuk lebih aktif dan giat belajar dan mengajar, menekuni profesinya dengan baik.

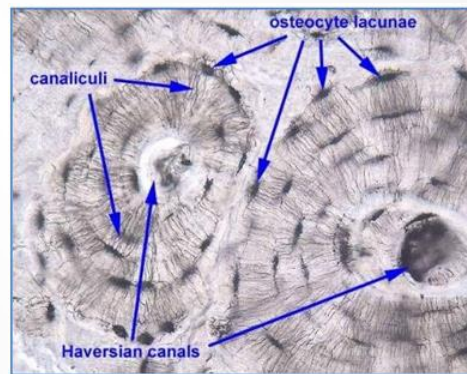
D. Aktivitas

Mengamati Struktur dan Fungsi Jaringan Tulang

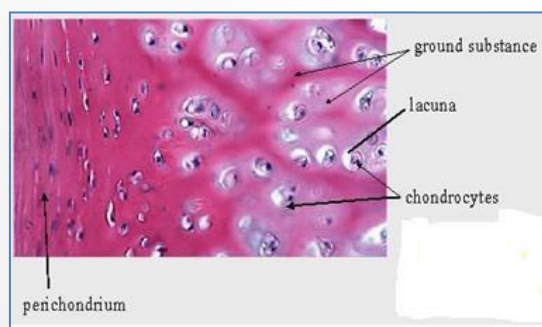
1. Pendahuluan

Sel tulang keras dinamakan osteosit yang dibentuk secara berurutan dari dalam sel ke luar sehingga proses pembentukannya konsentris. Setiap sel tulang keras yang proses pembentukannya konsentris melingkari suatu pembuluh darah dan saraf membentuk suatu Sistem Havers. Sel-sel tulang dihubungkan satu sama lainnya dengan kanalikuli (saluran kecil). Sel-sel tulangpun dihubungkan dengan saluran Havers melalui saluran kecil.

Sel tulang rawan disebut kondrosit. Kondrosit ditemukan dalam rongga yang disebut lakuna, yang bersifat lentur. Tidak seperti tulang-tulang keras, tulang rawan tidak mempunyai pembuluh darah. Sel tulang rawan memperoleh zat-zat dengan cara difusi dari pembuluh darah terdekat.



Gambar 4.22. Sediaan kering penampang melintang jaringan tulang keras



Gambar 4.23. Sediaan kering penampang melintang jaringan tulang rawan

1. Tujuan

Mengetahui perbedaan antara struktur tulang keras dan struktur tulang rawan.

2. Alat dan bahan

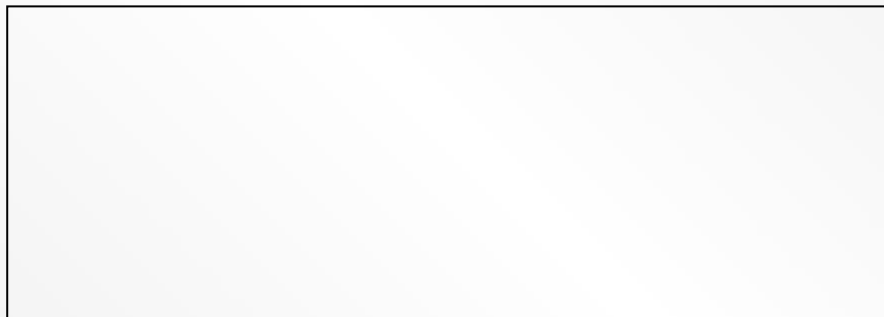
- a. Mikroskop
- b. Sediaan kering penampang melintang jaringan tulang keras
- c. Sediaan kering penampang melintang jaringan tulang rawan.

3. Cara kerja

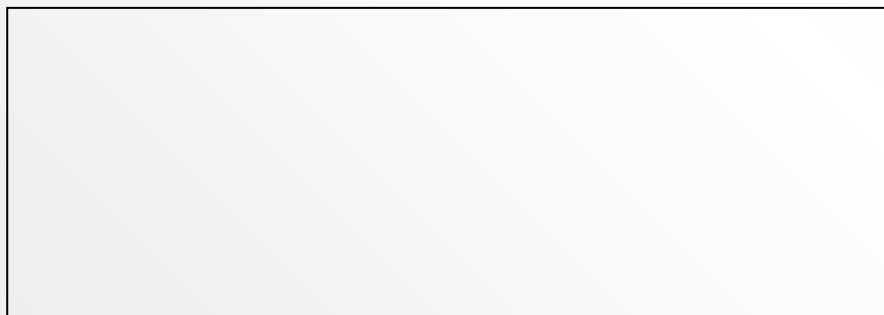
- a. Amatilah dengan teliti sediaan kering tulang keras dengan menggunakan mikroskop pembesaran 40X. Gambarlah jaringan tulang keras preparat yang Anda lihat.
- b. Tulis nama bagian yang disebut osteosit dan saluran Havers.
- c. Amatilah dengan teliti sediaan kering tulang rawan dengan menggunakan mikroskop pembesaran 40X. Gambarlah sel tulang rawan seperti pada preparat yang Anda lihat
- d. Gantilah lensa mikroskop dengan pembesaran 100X. Amatilah struktur tulang rawan. Gambarlah struktur tulang rawan preparat yang Anda lihat.
- e. Tulis nama-nama bagian tulang rawan.

5. Hasil pengamatan

- a. Gambar jaringan tulang keras



- b. Gambar sel tulang rawan



Mengamati Jaringan Otot Manusia

1. Tujuan

Peserta dapat memahami materi sistem gerak pada manusia

2. Alat bahan

- Mikroskop
- Sediaan kering jaringan otot polos
- Sediaan kering jaringan otot lurik
- Sediaan kering jaringan otot jantung

3. Cara Kerja

- Lakukanlah langkah-langkah seperti di pengamatan struktur jaringan tulang di atas.
- Amatilah preparat permanen otot polos, lurik, dan jantung.
- Buatlah gambar dari hasil pengamatan Anda untuk masing-masing jaringan tersebut.

4. Jawablah pertanyaan berikut!

- Jelaskan karakteristik otot sebagai alat gerak aktif!
- Jelaskan perbedaan antara otot polos, otot lurik, dan otot jantung!

Letak inti sel:

Jumlah inti sel:

Bentuk sel:

Sifat kerja sel:

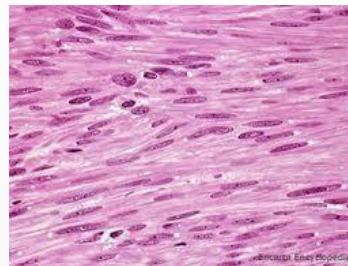


Letak inti sel:

Jumlah inti sel:

Bentuk sel:

Sifat kerja sel:

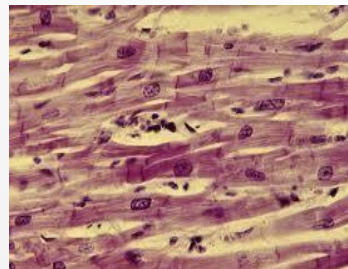


Letak inti sel:

Jumlah inti sel:

Bentuk sel:

Sifat kerja sel:



- c. Perhatikanlah gambar di Lembar Kegiatan!
- d. Berilah keterangan pada setiap bagian otot yang ditunjuk pada gambar tersebut!
- e. Jelaskanlah mekanisme gerak otot!
- f. Jelaskanlah (minimal 4) macam gangguan pada sistem otot!

E. Latihan

Bacalah terlebih dahulu pernyataan di bawah ini dengan seksama, kemudian pilihlah jawaban yang Anda anggap paling benar dengan memberi tanda (x) pada jawaban tersebut.

1. Fungsi rangka tidak semata berperan dalam sistem gerak, dalam kaitannya dengan ketahanan tubuh rangka berfungsi dalam...
 - A. pembentukan sel darah merah
 - B. pembentukan sel darah putih
 - C. penyimpanan kalsium
 - D. penyimpanan lemak
2. Karakteristik otot yang terkait langsung dengan fungsinya sebagai alat gerak adalah...
 - A. Otot ada yang bekerja secara sadar dan tidak sadar
 - B. Cara kerja otot ada yang bersifat sinergis dan antagonis
 - C. Otot terdapat di semua bagian organ
 - D. Otot dapat berkontraksi dan relaksasi
3. Bentuk-bentuk tulang manusia yang benar adalah...
 - A. pipa, pendek, pipih, tidak beraturan, sesamoid
 - B. pipa, pendek, pipih, kasar, halus, tidak beraturan
 - C. panjang, pendek, pipih, tebal, kasar dan halus
 - D. penjang, pendek, pipih, tidak beraturan, beraturan
4. Rangka aksial (badan) memiliki tulang anggota yang terdiri atas...
 - A. tengkorak, lengan, tungkai
 - B. tulang tangan, gelang panggul, kaki
 - C. tengkorak, ruas tulang belakang, rangka dada

- D. tulang lengan, gelang bahu, gelang panggul, lengan, dan tungkai
5. Pusat penulangan pertama setelah terjadi osifikasi akan berkembang menjadi...
- A. epifisis
 - B. tulang kompak
 - C. diafisis
 - D. metafisis
6. Pernyataan berikut ini yang benar mengenai struktur otot adalah...
- A. di jaringan otot terdapat struktur miofibril
 - B. miofibril tersusun atas sel-sel otot
 - C. filamen tipis merupakan aktin dan filamen tebal adalah miosin
 - D. miofibril adalah komponen dari sarkomer
7. Salah satu Peristiwa kontraksi otot dideskripsikan sebagai berikut...
- A. kontraksi terjadi ketika ATP diikat dan terdapat ion kalsium
 - B. relaksasi terjadi saat ATP berikatan dengan kepala miosin
 - C. ketika kepala miosin menarik filamen aktin, terjadilah kontraksi
 - D. ketika ATP terhidrolisis, kepala miosin melepas ikatan dari aktin
8. Sendi yang ditemukan pada tulang-tulang di pergelangan tangan dan antar ruas tulang belakang termasuk ke dalam sifat sendi...
- A. kaku
 - B. mati
 - C. gerak
 - D. fibrosa
9. Keseleo merupakan gangguan alat gerak yang khususnya terjadi pada...
- A. otot
 - B. jaringan sekitar tulang

- C. struktur tulang
- D. sendi

10. Osteoporosis disebabkan oleh faktor...

- A. kecilnya ukuran tulang
- B. sedikitnya unsur semen dan mineral dalam tulang
- C. kecelakaan atau benturan fisik
- D. tulang yang keropos kekurangan kalsium

BAB 4 KIMIA

A. Pengantar Materi Asam Basa

Kimia merupakan ilmu pengetahuan yang mempelajari gejala alam yang berkaitan dengan komposisi, struktur, sifat dan perubahan materi serta energi yang menyertai perubahan tersebut. Kimia sendiri dianggap sebagai pelajaran yang sulit. Kimia memiliki banyak konsep yang bersifat abstrak dan kompleks karena sifatnya yang kontinyu atau saling berhubungan antara satu konsep dengan konsep lainnya.

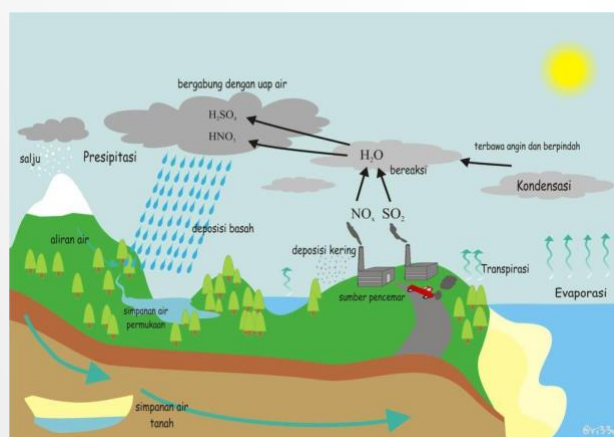
Kecenderungan peserta didik yang lebih menghafal konsep yang diberikan daripada memahami menjadi faktor utama terhambatnya proses konstruksi pengetahuan yang diinterpretasikan sendiri oleh peserta didik melalui pengalamannya sendiri. Kurangnya pengalaman secara langsung seperti praktikum menjadi tantangan bagi guru dan peserta didik untuk lebih mudah memahami konsep kimia.

Pemahaman peserta didik yang benar terhadap konsep kimia menjadi hal yang sangat penting agar tidak menimbulkan pemahaman yang tidak tepat atau bahkan menimbulkan pengertian baru yang tidak ada hubungannya dengan konsep yang telah ada. Banyak hal yang mengalami miskonsepsi terkait pelajaran kimia yang mengakibatkan proses pembelajaran berjalan tidak optimal. Miskonsepsi menunjukkan adanya konsep yang tidak sesuai dengan pengertian dan alur ilmiah.

Miskonsepsi dapat timbul karena faktor dari dalam dan luar siswa. Salah satu faktor miskonsepsi dari luar siswa adalah guru yang tidak menguasai materi yang disampaikan secara berkelanjutan.

Kesalahpahaman peserta didik akan menimbulkan inkonsistensi terhadap konsep kimia. Selain strategi, penguasaan konsep sangat penting bagi guru sebelum memfasilitasi proses pembelajaran.

Asam dan basa menjadi salah satu konsep penting dan pembahasan dasar dalam pelajaran kimia. Bagi masyarakat umum, asam sering dikaitkan dengan 'rasa' secara organoleptis yang dirasakan panca indera lidah dalam air jeruk atau cuka. Basa yang terasa 'licin' saat disentuh panca indera kulit seperti halnya kapur sirih atau pasta gigi. Begitupun hujan asam yang digaungkan banyak orang seiring dengan meningkatnya emisi gas hasil pembakaran dan biomassa yang dapat menyebabkan besi lebih mudah korosi atau berkarat.



Gambar 4. 1 Hujan Asam (Sumber : <https://www.ikons.id/mengenal-hujan-asam/>)

Konsep asam basa meliputi teori asam dan basa, kekuatan asam basa, pengukuran pH dan reaksi asam basa. Konsep asam basa mendasari banyak konsep lainnya seperti larutan penyangga dan hidrolisis garam. Konsep asam basa merupakan konsep abstrak yang tidak dapat dilihat secara langsung namun dapat diterapkan dalam kehidupan sehari-hari.

B. Tujuan/Kompetensi Pembelajaran

Setelah mempelajari materi Asam Basa, peserta diharapkan dapat;

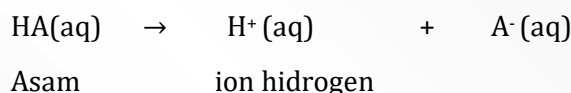
1. Menjelaskan konsep asam dan basa
2. Menganalisis perubahan pH menggunakan indikator alami melalui aktivitas praktek

C. Uraian Materi

a. Teori Asam Basa Arrhenius

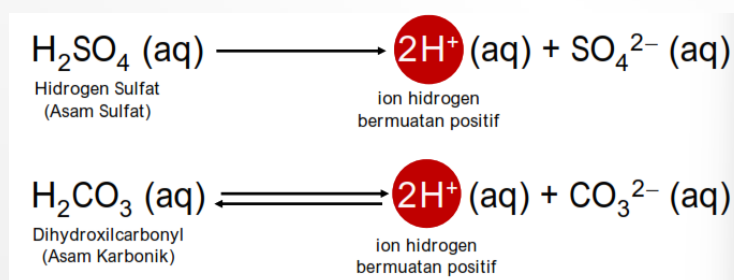
Arrhenius, seorang ilmuwan kimia asal Swedia, mendefinisikan **asam** sebagai zat yang melepaskan ion hidrogen (H^+) bila dilarutkan dalam air, sedangkan **basa** zat yang melepaskan ion hidroksida (OH^-) bila dilarutkan dalam air.

Penulisan reaksi ionisasi yang terjadi ditulis sebagai berikut:



Ion H^+ tidak berupa proton bebas tetapi terikat secara kimia pada molekul air membentuk $H_3O^+(aq)$.

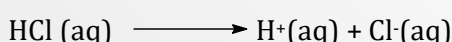
Spesi ini dinamakan ion hidronium yang terasosiasi dengan sendirinya membentuk ikatan dengan sejumlah molekul air. Jumlah ion H^+ yang dihasilkan oleh suatu molekul asam disebut *valensi asam*, sedangkan jumlah ion OH^- yang dapat dilepaskan oleh satu molekul basa disebut *valensi basa*.

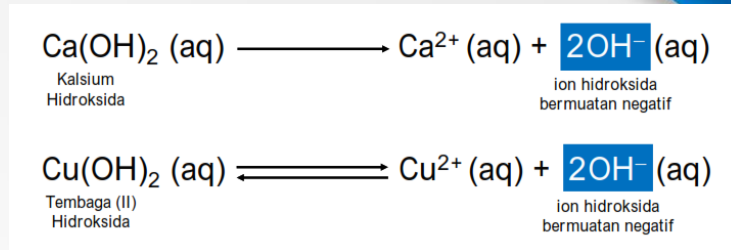


Gambar 4. 2 Ionisasi Asam Basa

Dalam gambar 4.2 dapat terlihat, H_2SO_4 terionisasi sempurna. Asam yang terionisasi sempurna disebut dengan asam kuat. Asam karbonik, H_2CO_3 tidak terionisasi sempurna dan disebut dengan asam lemah.

Menurut Arrhenius asam kuat adalah zat yang terionisasi sempurna dalam larutan air membentuk $H^+(aq)$ dan anion sisa asam. Contoh asam kuat adalah asam klorida atau HCl , H_2SO_4 , HI , HBr , dan HNO_3 .

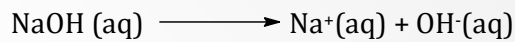




Gambar 4. 3 Ionisasi Basa Kuat

Dalam gambar 2 terlihat, Ca(OH)_2 terionisasi sempurna menjadi ion-ion. Basa yang terionisasi sempurna disebut dengan basa kuat. Tembaga (II) hidroksida (Cu(OH)_2) yang dilarutkan dalam air tidak akan terionisasi sempurna menjadi ion-ion dan dinamakan sebagai basa lemah.

Suatu basa kuat akan terionisasi sempurna di dalam larutan air membentuk ion OH^- dan kation sisa basa. Contoh basa kuat adalah natrium hidroksida atau NaOH .



Teori Arrhenius ini memiliki keterbatasan karena hanya mengenal basa sebagai senyawa yang menghasilkan OH^- .

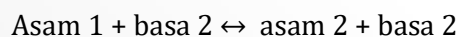
b. Teori Asam Basa Bronsted-Lowry

Teori asam basa Bronsted-Lowry dikemukakan ilmuwan kimia berkebangsaan Denmark yakni Johannes Nicolaus Bronsted dan ilmuwan kimia berkebangsaan Inggris, Thomas Martin Lowry.

Dalam teori asam basa Bronsted-Lowry, asam didefinisikan sebagai zat yang memiliki kecenderungan menyumbangkan ion H^+ pada zat lain sedangkan basa merupakan zat yang memiliki kecenderungan menerima ion H^+ dari zat lain.

Teori asam basa Bronsted-Lowry dikenal pula sebagai teori asam basa konjugat karena sifat asam dan basa suatu senyawa ditentukan senyawa pasangannya.

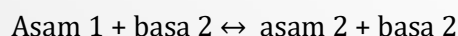
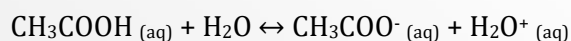
Secara umum persamaan reaksi asam basa konjugasi dapat ditulis sebagai berikut:

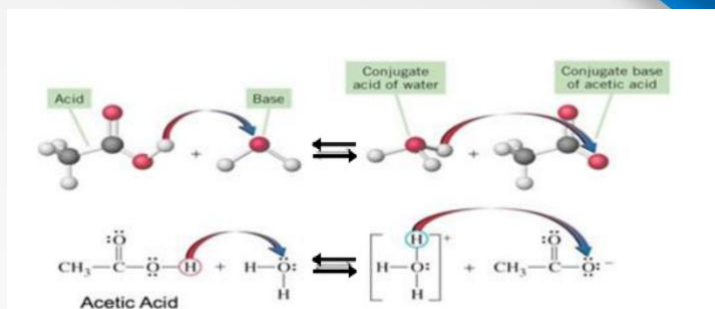


Basa 2 merupakan basa konjugasi dari asam 1

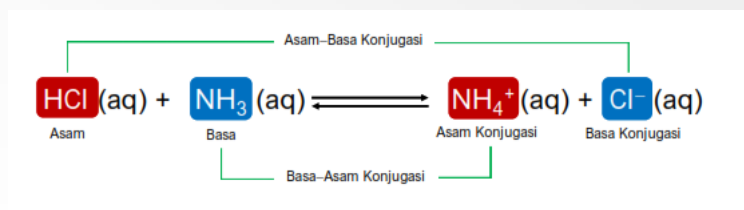
Asam 2 merupakan asam konjugasi dari basa 1

Reaksi asam basa konjugat dari asam asetat dalam air dengan persamaan sebagai berikut:





Gambar 4. 4 Reaksi Asam Basa Konjugat : Asam Asetat Dalam Air

Gambar 4. 5 Reaksi Asam Basa Konjugat : HCl dan NH₃

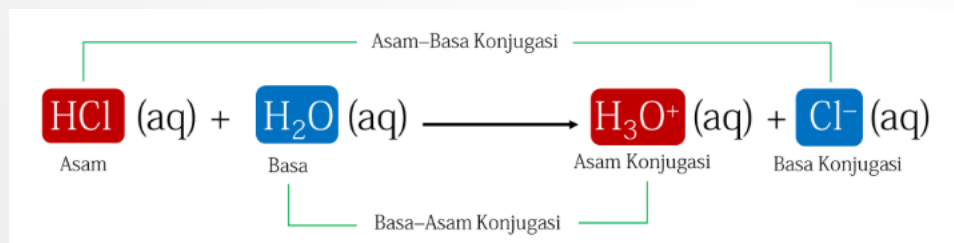
Dalam reaksi yang ditampilkan dalam gambar 4.5, HCl menyumbangkan proton H⁺ pada NH₃ dan membentuk ion NH₄⁺ yang bermuatan positif dan ion Cl⁻ yang bermuatan negatif.

NH₃ merupakan basa Bronsted-Lowry karena menerima proton. Ion Cl⁻ merupakan basa konjugasi dari HCl dan NH₄⁺ merupakan asam konjugasi dari basa NH₃.

Menurut Bronsted-Lowry dapat disimpulkan bahwa asam adalah senyawa yang dapat memberikan ion H⁺ atau proton atau disebut *donor proton*, basa adalah senyawa yang dapat menerima ion H⁺ atau proton, atau disebut *akseptor proton*.

Pemindahan proton dari satu partikel ke partikel lainnya dinamakan proses *protolisis*. Apabila proses protolisis berlangsung antara molekul-molekul air sendiri proses ini dinamakan *autoprotolisis*. Zat yang mempunyai dua sifat yaitu dapat bertindak sebagai asam dan sebagai basa, dinamakan *amfiprotik*.

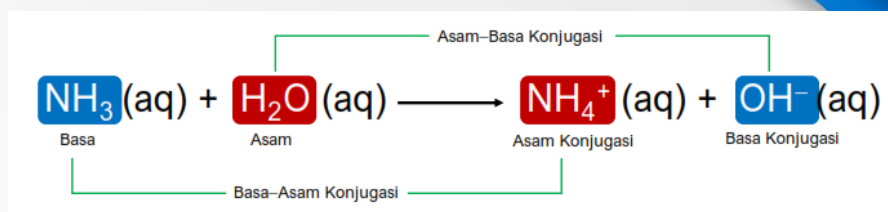
Contoh reaksi asam basa Bronsted Lowry:



Gambar 4. 6 Reaksi HCl dan Air

Dalam gambar 4. 6, reaksi antara HCl dan air, HCl bertindak sebagai asam karena mendonorkan proton ke H₂O yang mengubah H₂O menjadi ion hidronium (H₃O⁺) dan HCl menjadi Cl⁻. Molekul H₂O merupakan basa karena menerima ion H⁺ (akseptor proton).

Contoh lain reaksi asam basa Bronsted Lowry:

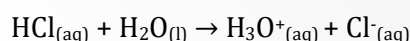


Gambar 4. 7 Reaksi NH₃ dan Air

Dalam gambar 4.7, reaksi NH₃ dan air, NH₃ merupakan basa karena menerima proton dari molekul H₂O. Molekul H₂O merupakan asam Bronsted Lowry karena menyumbangkan proton ke NH₃.

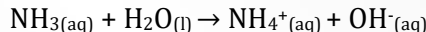
Dari kedua reaksi yang telah ditampilkan dalam gambar 4.6 dan gambar 4.7, H₂O dapat bertindak sebagai asam atau basa. Molekul H₂O bertindak sebagai basa bila bereaksi dengan HCl karena menerima proton dari HCl. Molekul H₂O dapat pula bertindak sebagai basa karena menerima ion H⁺ (akseptor proton). Molekul H₂O disebut pula sebagai senyawa amfoter karena dapat bertindak sebagai asam dan basa.

Dalam suasana asam, H₂O bertindak sebagai basa



Asam basa

Dalam suasana basa, H₂O bertindak sebagai asam



Basa asam

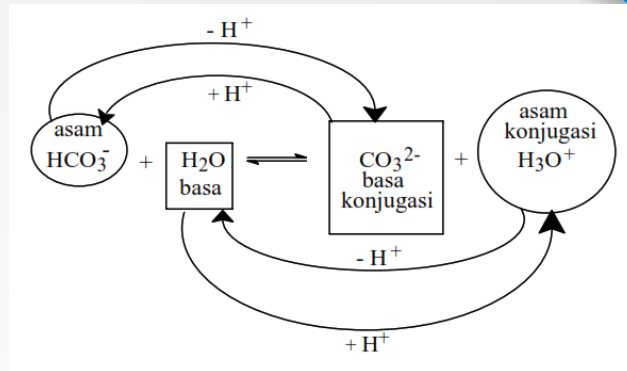
Contoh lain senyawa amfoter.

		Ion Amphiprotik		
H ₂ S	← + H ⁺	HS ⁻ (hidrogen sulfida)	- H ⁺ →	S ²⁻
H ₃ PO ₄	← + H ⁺	H ₂ PO ₄ ⁻ (dihidrogen fosfat)	- H ⁺ →	HPO ₄ ²⁻
H ₂ PO ₄ ⁻	← + H ⁺	HPO ₄ ²⁻ (monohidrogen fosfat)	- H ⁺ →	PO ₄ ³⁻
H ₂ C ₂ O ₄	← + H ⁺	HC ₂ O ₄ ⁻ (hidrogen oksalat)	- H ⁺ →	C ₂ O ₄ ²⁻
H ₂ CO ₃	← + H ⁺	HCO ₃ ⁻ (hidrogen karbonat / bikarbonat)	- H ⁺ →	CO ₃ ²⁻

Gambar 4. 8 Senyawa Amfoter

Pasangan asam-basa konjugasi

Pasangan asam-basa konjugasi merupakan pasangan asam dan basa yang saling mendonorkan dan menerima proton. Asam yang mengdonorkan protonnya akan menghasilkan basa konjugasi dan basa yang menerima proton akan menghasilkan asam konjugasi. Interaksi yang melibatkan transfer H⁺ akan selalu menghasilkan pasangan asam-basa konjugasi.

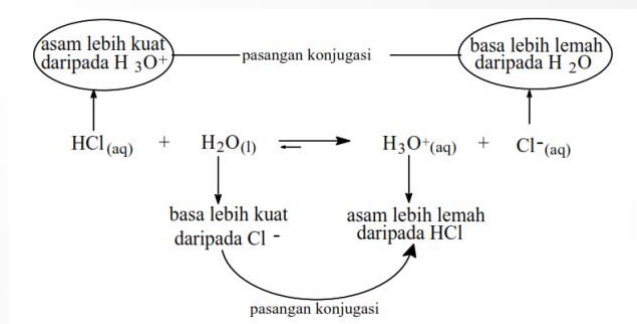


Gambar 4. 9 Asam Basa Konjugasi

CO_3^{2-} merupakan konjugat asam dari CO_3^{2-} dan H_2O merupakan konjugat asam dari H_3O^+

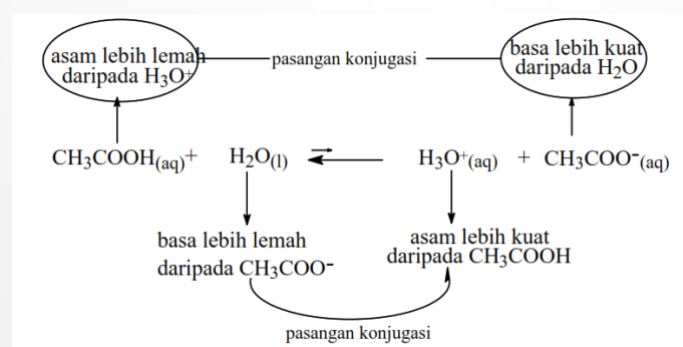
Asam atau basa kuat merupakan asam yang terionisasi sempurna sedangkan asam atau basa lemah akan mengalami ionisasi tidak sempurna.

Contoh asam atau basa kuat:



Gambar 4. 10 Contoh Asam atau Basa Kuat

Contoh asam atau basa lemah:



Gambar 4. 11 Contoh Asam atau Basa Lemah

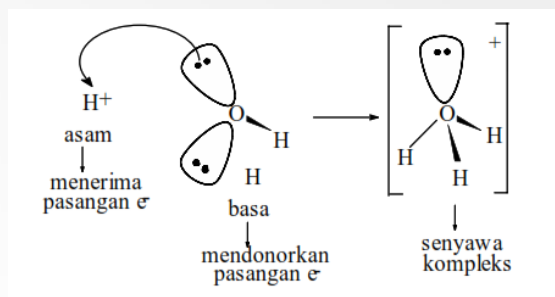
c. Teori Asam Basa Lewis

Menurut Lewis, asam merupakan zat yang mempunyai kecenderungan menerima pasangan elektron dari basa. Contoh asam Lewis adalah SO_3 , BF_3 atau AlF_3 . Basa merupakan zat yang menerima pasangan elektron sehingga memiliki pasangan elektron bebas. Contoh basa Lewis adalah NH_3 , Cl^- atau R-OH .

Secara umum, reaksi asam-basa Lewis terjadi apabila ada basa yang mendonorkan pasangan elektronnya dan asam yang menerima pasangan elektron tersebut untuk membentuk ikatan baru.

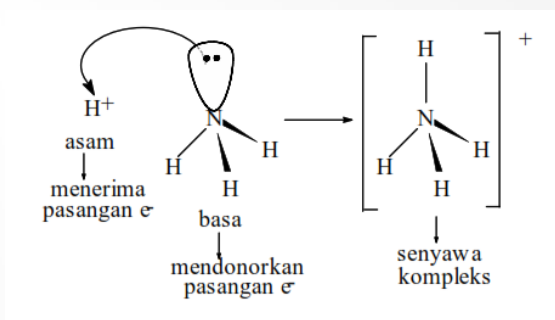
Produk yang terjadi dari reaksi asam-basa Lewis disebut dengan senyawa kompleks (adduct) dan ikatan yang terjadi adalah ikatan kovalen koordinasi.

Pembentukan ion hidronium:



Gambar 4. 12 Pembentukan Ion Hidronium

Pembentukan ion amonium



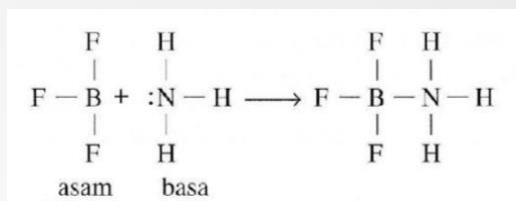
Gambar 4. 13 Pembentukan Ion Amonium

Dalam protonasi amonia, NH₃ bertindak sebagai **basa Lewis** karena NH₃ memberikan sepasang elektronnya kepada proton H⁺. NH₃ akan membentuk ikatan kovalen dengan H⁺. H⁺ merupakan proton akseptor pasangan elektron. H⁺ bertindak sebagai **asam Lewis** karena menerima sepasang elektron bebas. Reaksi asam-basa Lewis ialah suatu reaksi yang melibatkan pemberian sepasang elektron bebas dari satu spesi ke spesi lain.

Kelebihan kosep Lewis ialah konsep ini jauh lebih umum dibandingkan definisi lainnya karena konsep ini tidak hanya mencakup banyak reaksi asam-basa yang melibatkan asam Arrhenius dan Bronsted- Lowry namun mampu menjelaskan reaksi-reaksi kimia baru yang tidak dapat dijelaskan oleh kedua konsep sebelumnya.

Contoh reaksi asam basa Lewis:

- 1) Reaksi antara boron trifluorida (BF_3) dan amonia.

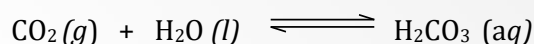


Gambar 14 Reaksi antara boron trifluorida (BF_3) dan amonia.

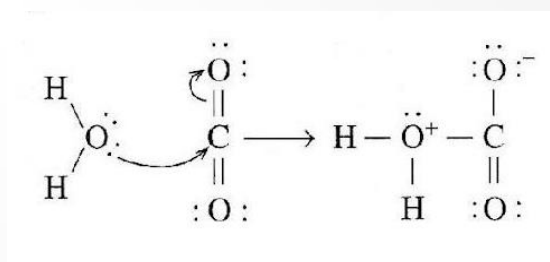
BF_3 menerima pasangan elektron dari NH_3 , maka BF_3 berfungsi sebagai asam, NH_3 bertindak sebagai basa.

- 2) Reaksi karbondioksida dengan air

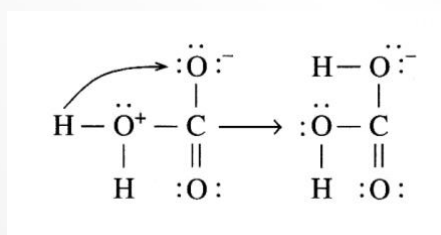
Reaksi karbondioksida dengan air atau hidrasi karbon dioksida menghasilkan asam karbonat dapat dinyatakan dengan reaksi berikut ini:



Reaksi di atas dapat dijelaskan dengan konsep Lewis sebagai berikut: pertama pemberian sepasang elektron dari atom oksigen dalam H_2O kepada atom karbon dalam CO_2 .



Jadi pada reaksi tersebut H_2O bertindak sebagai basa Lewis dan CO_2 sebagai asam Lewis. Kemudian, sebuah proton dipindah ke atom O yang membawa muatan negatif untuk membentuk H_2CO_3 .



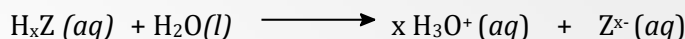
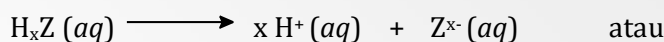
d. Larutan Asam dan Basa

Bila mendengar kata 'asam', orang akan terpikir hal-hal yang rasanya asam seperti buah stroberi, jeruk, dan buah-buahan lainnya. Selain itu dikenal beberapa larutan asam yang sering digunakan seperti asam cuka dan asam sulfat. Asam juga berhubungan masalah di kehidupan sehari-hari seperti kelebihan asam lambung dan hujan asam.

i. Larutan Asam

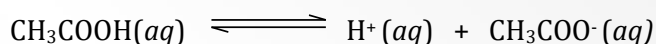
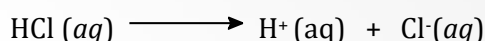
Asam merupakan zat yang larutannya berasa asam dan dapat memerahkan warna lakmus biru. Senyawa asam sangat banyak tetapi dapat dikelompokkan berdasarkan jenis dan sifatnya.

Asam merupakan larutan elektrolit yang dalam air terurai menghasilkan ion positif (ion H^+) dan ion negatif. Menurut Arrhenius, jika asam dilarutkan dalam air akan terjadi reaksi ionisasi sebagai berikut:

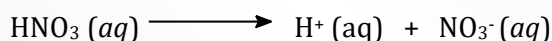


Asam akan melepaskan ion H^+ atau ion H_3O^+ . Ion H_3O^+ terjadi karena ion H^+ diikat oleh molekul air. Reaksi ionisasi asam biasanya ditulis dengan melepaskan ion H^+ . Ion H^+ inilah yang merupakan pembawa sifat asam.

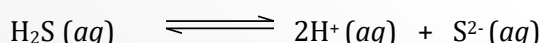
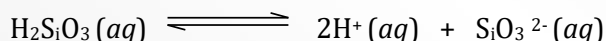
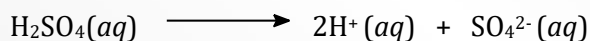
Contoh reaksi ionisasi beberapa larutan asam:



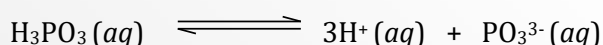
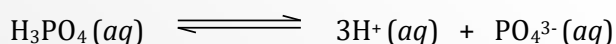
Asam dapat dikelompokkan berdasarkan jumlah ion H^+ yang dilepaskannya, rumusnya, dan kekuatannya. Berdasarkan jumlah ion H^+ yang dilepaskan, senyawa asam dikelompokkan menjadi senyawa asam *monoprotik*, *diprotik*, dan *tripotik*. Asam *monoprotik*, yaitu asam yang melepaskan **satu** ion H^+ dalam pelarut air, misalnya:



Asam *diprotik*, yaitu asam yang melepaskan **dua** ion H^+ ke dalam pelarut air, misalnya:



Asam *tripotik*, yaitu asam yang melepaskan **tiga** ion H^+ ke dalam pelarut air, misalnya:



Berdasarkan rumus kimianya, senyawa asam dibedakan sebagai asam *non oksidasi*, *asam oksidasi*, dan *asam organik*. Asam non oksidasi yaitu asam yang tidak mengandung oksigen. Contoh beberapa asam non oksidasi dan reaksi ionisasinya dapat dilihat pada tabel 4.1 berikut.

Tabel 4. 1 Asam Non Oksidasi

Rumus Senyawa	Nama Asam	Reaksi Ionisasi
HF	Asam fluorida	$\text{HF} \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{F}^-$
HCl	Asam klorida	$\text{HCl} \longrightarrow \text{H}^+ + \text{Cl}^-$
HBr	Asam bromida	$\text{HBr} \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{Br}^-$
H ₂ S	Asam sulfida	$\text{H}_2\text{S} \rightleftharpoons 2\text{H}^+ + \text{S}^{2-}$

Asam oksida merupakan yaitu asam yang mengandung oksigen. Contoh beberapa asam oksida dan reaksi ionisasinya dapat dilihat pada Tabel 4.2.

Tabel 4. 2 Asam Oksida

Rumus Senyawa	Nama Asam	Reaksi Ionisasi
HClO	Asam hipoklorit	$\text{HClO} \longrightarrow \text{H}^+ + \text{ClO}^-$
HNO ₃	Asam nitrat	$\text{HNO}_3 \longrightarrow \text{H}^+ + \text{NO}_3^-$
H ₂ SO ₄	Asam sulfat	$\text{H}_2\text{SO}_4 \longrightarrow 2\text{H}^+ + \text{SO}_4^{2-}$
H ₂ CO ₃	Asam karbonat	$\text{H}_2\text{CO}_3 \rightleftharpoons 2\text{H}^+ + \text{CO}_3^{2-}$
H ₃ PO ₄	Asam fosfat	$\text{H}_3\text{PO}_4 \rightleftharpoons 3\text{H}^+ + \text{PO}_4^{3-}$

Asam organik merupakan asam oksida yang umumnya terdapat pada senyawa organik.

Contoh asam organik dapat dilihat pada tabel 3 berikut:

Tabel 4. 3 Asam Organik

Rumus Senyawa	Nama Asam	Reaksi Ionisasi
HCOOH	Asam format	$\text{HCOOH} \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{HCOO}^-$
CH ₃ COOH	Asam asetat	$\text{CH}_3\text{COOH} \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{CH}_3\text{COO}^-$
C ₂ H ₅ COOH	Asam propionat	$\text{C}_2\text{H}_5\text{COOH} \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{C}_2\text{H}_5\text{COO}^-$
C ₆ H ₅ COOH	Asam benzoat	$\text{C}_6\text{H}_5\text{COOH} \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{C}_6\text{H}_5\text{COO}^-$

Berdasarkan kekuatannya, asam terdiri dari asam kuat dan asam lemah

Asam kuat yaitu asam yang mengalami ionisasi sempurna, misalnya: HCl, HBr, HI, HNO₃, HClO₃, HClO₄, dan H₂SO₄.

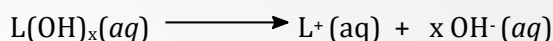
Asam lemah yaitu asam yang mengalami ionisasi sebagian, seperti: HCOOH, CH₃COOH, HCN, dan H₂S.

ii. Larutan Basa

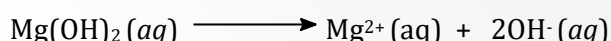
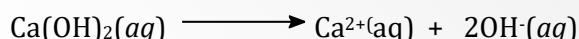
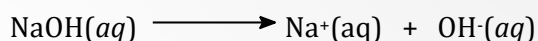
Basa mempunyai sifat kebalikan dari asam. Larutannya dapat membirukan lakmus merah. Bila asam direaksikan dengan basa, reaksi tersebut disebut dengan reaksi

penetralan H^+ dari asam, bereaksi dengan OH^- dari basa membentuk H_2O yang bersifat netral.

Menurut Arrhenius, jika basa dilarutkan dalam air akan terjadi reaksi ionisasi dan terbentuk ion OH^- , sehingga ion OH^- merupakan pembawa sifat basa. Reaksi ionisasi basa secara umum dapat ditulis sebagai berikut:



Beberapa senyawa basa yang banyak digunakan adalah $NaOH$, $Ca(OH)_2$, dan $Mg(OH)_2$.



Basa dapat dikelompokkan berdasarkan jumlah ion OH^- yang dilepaskannya dan kekuatannya. Berdasarkan ion OH^- yang dilepaskan di dalam larutannya, basa dikelompokkan menjadi basa monohidroksi dan basa polihidroksi. Basa monohidroksi yaitu basa yang melepaskan satu ion OH^- dalam larutannya, sedangkan basa polihidroksi yaitu basa yang melepaskan lebih dari satu ion OH^- dalam larutannya. Beberapa contoh senyawa basa dan reaksi ionisasinya tertera pada tabel berikut:

Tabel 4. 4 Senyawa Basa

Rumus Senyawa Basa	Nama Basa	Reaksi Ionisasi
<i>Basa Monohidroksi</i>		
LiOH	Litium hidroksida	$LiOH \longrightarrow Li^+ + OH^-$
NaOH	Natrium hidroksida	$NaOH \longrightarrow Na^+ + OH^-$
KOH	Kalium hidroksida	$KOH \longrightarrow K^+ + OH^-$
<i>Basa Polihidroksi</i>		
$Mg(OH)_2$	Magnesium (II) hidroksida	$Mg(OH)_2 \longrightarrow Mg^{2+} + 2OH^-$
$Al(OH)_3$	Aluminium (III) hidroksida	$Al(OH)_3 \longrightarrow Al^{3+} + 3OH^-$
$Fe(OH)_2$	Besi (II) hidroksida	$Fe(OH)_2 \longrightarrow Fe^{2+} + 2OH^-$
$Fe(OH)_3$	Besi (III) hidroksida	$Fe(OH)_3 \longrightarrow Fe^{3+} + 3OH^-$

Berdasarkan kekuatannya, basa terdiri dari basa kuat dan basa lemah .

- 1) Basa kuat yaitu basa yang mengalami ionisasi sempurna, misalnya: $LiOH$, $NaOH$, KOH .
- 2) Basa lemah yaitu basa yang mengalami ionisasi sebagian misalnya: $NH_3(aq)$.

e. Indikator pH atau Indikator Asam Basa

Larutan asam dan basa dapat dibedakan melalui pengujian dengan indikator. Indikator merupakan asam atau basa lemah yang memiliki warna berbeda dalam rentang pH tertentu.

Indikator menunjukkan kekuatan asam atau basa dan menentukan sifat larutan (asam, basa atau netral). Indikator digunakan sebagai petunjuk titik akhir titrasi asam basa yang ditandai perubahan warna indikator pada larutan titrat yang disebabkan adanya perubahan pH larutan.

Indikator asam basa yang sering digunakan antara lain:

i. Kertas Laksmus

Kertas laksmus merupakan kertas berpori yang direndam dalam larutan indikator dan dikeringkan. Indikator yang sering digunakan adalah lakmus merah dan lakmus biru. Laksmus biru dibuat dari kertas putih yang ditambahkan dengan ekstrak lichenes (lumut kerak) yang berwarna biru sedangkan laksmus merah dibuat dari kertas putih yang ditambahkan ekstrak lichenes (lumut kerak) yang berwarna biru dan asam sulfat atau asam klorida.

Kertas laksmus dibasahi dengan larutan yang akan diuji dan perubahan warna yang terjadi diamati. Range pH laksmus berkisar 4,5 – 8, 3.

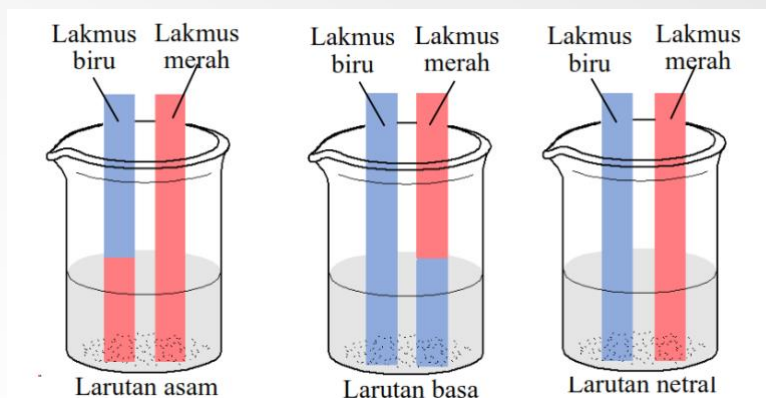


Gambar 4. 14 Kertas Laksmus

Tabel 4. 5 Sifat Larutan Berdasarkan Perubahan Warna Kertas Lakmus

Larutan	Rumus	Warna Lakmus Merah Dan Biru	Sifat
Asam klorida Asam sulfat Asam nitrat	HCl H_2SO_4 HNO_3	Lakmus biru berubah menjadi merah	Asam
Garam(natrium klorida)	NaCl	Tidak terjadi perubahan warna	Netral
Amonia Natrium hidroksida Natrium karbonat	NH_3 NaOH Na_2CO_3	Lakmus merah berubah menjadi biru	Basa

Larutan asam dapat mengubah warna lakmus biru menjadi merah dan larutan yang bersifat basa mengubah warna lakmus merah menjadi biru. Larutan yang netral tidak mengubah warna lakmus merah maupun biru.



Gambar 4. 15 Kertas Laksmus

Kertas laksmus tidak bisa mengukur pH secara spesifik namun hanya bisa menunjukkan sifat asam, basa atau netral. pH larutan secara spesifik dapat ditentukan dengan menggunakan pH indikator yang akan menunjukkan rentang pH 1 – 14 pada saat terkena larutan tertentu.



Gambar 4. 16 pH Indikator

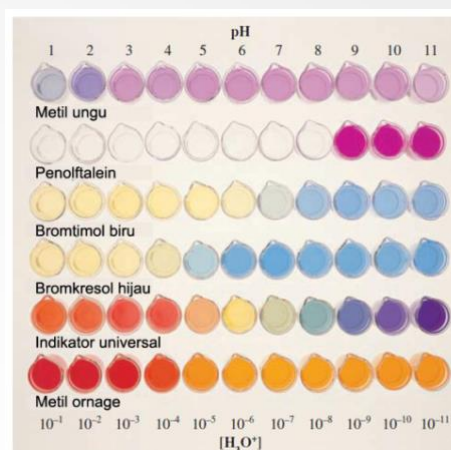
ii. Larutan indikator

Indikator asam merupakan senyawa asam organik lemah atau basa organik lemah. Indokator asam basa dapat berubah warna bila pH lingkungannya berubah. Perubahan warna indikator terjadi karena pengionnya membawa peruabhan struktur molekul dan ionnya berbeda. Setiap indikator pH memiliki trayek pH tersendiri.

Tabel 4. 6 Tabel Larutan Indikator

Indikator	Warna	
	Asam	Basa
Timol biru; 1,2 – 2,8	Merah	Kuning
Metil jingga; 3,1 – 4,4	Jingga	Kuning
Metil merah; 4,2 – 6,3	Merah	Kuning
Bromtimol biru; 6,2 – 7,6	Kuning	Biru
Fenolftalein; 8,0 – 9,6	Tak berwarna	Pink kemerahan

Fenolftalein akan memberikan warna pink kemerahan pada suasana basa dan tidak berwarna pada suasana asam. Fenolftalein dinamakan indikator satu warna dan menunjukkan warna yang semakin tua pada saat pH semakin tinggi. Bromtimol biru memiliki dua warna yang berbeda tergantung pH sehingga dinamakan indikator dua warna.



Gambar 4. 17 Perubahan Warna Larutan Indikator (Sumber : Ebbing, D.D. and Gamron, S.D.2009. General Chemistry)

Indikator campuran yaitu dua indikator yang dicampurkan atau satu indikator dengan senyawa lain sering digunakan untuk memperjelas terjadinya perubahan warna. Dalam penggunaan indikator campuran, perubahan warna tidak terjadi pada saat terjadi perubahan pH namun warna larutan akan menghilang (berubah menjadi kelabu atau hitam) saat mencapai pH tertentu.

iii. Indikator Alami

Kebutuhan indikator lebih sering dipenuhi dengan indikator sintesis. Harga indikator sintesis yang relatif lebih mahal dan tentunya tidak ramah lingkungan menyebabkan diperlukannya alternatif lain yaitu indikator alami.

Indikator alami relatif lebih mudah diperoleh, ramah lingkungan dan lebih murah. Indikator alami merupakan bahan alam yang dapat berubah warna dalam sifat larutan yang berbeda. Indikator alami dapat berasal dari bagian bagian tumbuhan seperti akar, daun, bunga, buah atau biji yang diekstrak dengan menggunakan pelarut yang tepat.

Indikator alami dapat dibuat dengan memanfaatkan senyawa antosianin pada tumbuhan. Antosianin merupakan senyawa organik berwarna seperti halnya warna yang dimiliki indikator sintesis. Tumbuhan yang mengandung antosianin pada umumnya berwarna biru, ungu, violet, magenta, merah dan oranye.

Ekstrak Tanaman	Warna Asli	Warna dalam Suasana Asam	Warna dalam Suasana Basa
Kunyit	Jingga oranye	Kuning	Merah

Ekstrak Tanaman	Warna Asli	Warna dalam Suasana Asam	Warna dalam Suasana Basa
Kol ungu	Ungu	Merah muda	Biru muda
Kulit manggis	Merah keunguan	Oranye	Merah bata
Kubis merah	Ungu kemerahan	Merah muda	Hijau
Bunga mawar	Merah muda	Merah muda	Hijau
Bunga sepatu	Merah tua	Merah	Kuning
Bayam merah	Merah	Merah muda	Kuning

Antosianin adalah metabolit sekunder dari famili flavonoid dalam jumlah besar yang ditemukan dalam buah-buahan dan sayuran.



Gambar 4. 18 Warna Larutan Ekstrak Kubis Merah dalam Berbagai pH (Sumber : Chang, Raymond. 2008. General Chemistry: The Essential Concepts)

Indikator alami dapat diperoleh dengan melakukan ekstraksi metode maserasi menggunakan pelarut yang sesuai. Ekstraksi maserasi dilakukan dengan merendam bahan untuk waktu tertentu agar dinding dan membran sel pecah akibat adanya perbedaan tekanan antara bagian luar dan dalam sel sehingga metabolit sekunder, termasuk antosianin, pecah dan larut dalam pelarut. Maserasi umum dilakukan dalam suhu ruang.

F. Latihan

1. Dalam natrium oksida dengan belerang trioksida berikut ini, SO_3 berperan sebagai....
 - a. Asam
 - b. Basa
 - c. Garam
 - d. Netral
2. Berikut merupakan reaksi yang terjadi pada proses terbentuknya hujan asam....
 - a. Peningkatan emisi gas yang dihasilkan dari hasil pembakaran bahan bakar dan biomassa terutama industri seperti oksida sulfur dan nitro oksida yang mengalami reaksi oksidasi belerang trioksida dan nitrat yang akan berubah menjadi senyawa sulfat dan senyawa nitrat.
 - b. Perkembangan revolusi industri yang menghasilkan pertumbuhan aktivitas manusia yang banyak memproduksi emisi karbondioksida yang berinteraksi di atmosfer membentuk senyawa asam dan partikel debu.
 - c. Konsentrasi CO_2 di atmosfer yang bervariasi dan tidak setimbang sehingga membentuk ion karbonat dan ion bikarbonat yang membentuk pH rendah di bawah batas normal air hujan.
 - d. Karbondioksida terdisosiasi dalam air membentuk H^+ dan HCO_3^- dan mempengaruhi pH air. Keseimbangan CO_2 terlarut dalam air dengan gas CO_2 di atmosfer.
3. Berdasarkan reaksi ionisasinya, H_2CO_3 dapat dikelompokkan dalam golongan....
 - a. Basa kuat
 - b. Asam kuat
 - c. Basa lemah
 - d. Asam lemah
4. Berdasarkan kekuatan ionnya, $\text{Ba}(\text{OH})_2$ dapat dikelompokkan dalam golongan....
 - a. Basa kuat
 - b. Asam kuat
 - c. Basa lemah
 - d. Asam lemah
5. Berikut ini merupakan perubahan yang terjadi pada larutan gula bila diuji dengan kertas laksmus....
 - a. Tidak terjadi perubahan warna
 - b. Laksmus biru berubah menjadi merah
 - c. Laksmus merah berubah menjadi biru
 - d. Rentang pengukuran pH terjadi pada 4,6 – 6,0
6. Contoh dari indikator campuran adalah....

- a. Metil merah dan bromkresol hijau
 - b. Fenolftalein dan metil merah
 - c. Timol biru dan metil jingga
 - d. Bromtimol biru dan timol biru
7. Salah satu pemanfaatan indikator campuran adalah....
- a. Titrasi pada penentuan nitrogen dengan metode Kjeldahl
 - b. Penentuan kadar vitamin C
 - c. Penentuan kadar asam asetat dalam larutan cuka
 - d. Uji kualitas pH air kolam
8. Berikut ini merupakan sayuran dan buah yang banyak mengandung antosianin kecuali....
- a. Melati
 - b. Kulit manggis
 - c. Buah naga merah
 - d. Kol ungu
9. Dalam pemanfaatan reaksi penetralan asam basa untuk memperbaiki keasaman tanah, senyawa yang ditambahkan adalah....
- a. Air kapur
 - b. Magnesium hidroksida
 - c. Soda api
 - d. Natrium bikarbonat
10. Perhatikan tabel berikut ini!

Indikator	Warna	
	Asam	Basa
Metil jingga; 3,1 – 4,4	Jingga	Kuning
Bromtimol biru; 6,2 – 7,6	Kuning	Biru
Fenolftalein; 8,0 – 9,6	Tak berwarna	Pink kemerahan

Suatu larutan akan memberikan warna kuning bila ditetesi indikator metil jingga, memberikan warna biru dengan indikator bromtimol biru dan memberikan warna bening saat ditetesi fenolftalein. pH larutan tersebut berkisar pada....

- a. 6,2
- b. 7,6
- c. 8,0
- d. 10,0

G. Aktivitas (opsional)

G.1 Uji pH Larutan Menggunakan Indikator Universal

Pada percobaan ini akan diselidiki pH larutan untuk menentukan sifat keasaman atau kebasaannya menggunakan indikator universal.

I. Alat dan bahan :

- Indikator universal
- Beaker glass 50 ml atau cup puding
- Cuka, air soda, air mineral, air jeruk, air kapur, minuman ringan dan lainnya

II. Langkah kerja :

1. Celupkan indikator universal ke dalam larutan cuka
2. Amati warna yang terjadi
3. Bandingkan warna yang muncul dengan warna-warna pada skala pH indikator universal.
4. Tentukan pH larutan cuka.
5. Lakukan percobaan dengan menggunakan larutan lainnya.
6. Catat hasil percobaan pada tabel seperti berikut.

Larutan	Warna indikator universal setelah dicelupkan ke dalam larutan	pH larutan	Sifat larutan
Cuka			
Air soda			
Air mineral			
Air jeruk			
Air kapur			
Minuman ringan			
Air sabun			

III. Pertanyaan

1. Larutan apa yang paling asam dan yang paling basa pada percobaan ini?
2. Urutkan keasamaan dan kebasaan larutan dari yang lemah ke yang kuat!

G.2 Uji pH Larutan Menggunakan Indikator Alami

Pada percobaan ini akan diselidiki pH larutan untuk menentukan sifat keasaman atau kebasaannya menggunakan indikator universal.

I. Alat dan bahan :

- Indikator universal
- Beaker glass 50 ml atau cup puding
- Gelas ukur 20 ml, 2 buah
- Buah naga merah
- Kubis ungu
- Cuka, air soda, air mineral, air jeruk, air kapur, minuman ringan dan lainnya

II. Langkah kerja :

1. Siapkan ekstrak indikator alami (pilih salah satu):
 - a. Siapkan 1 kg daging buah naga dan rendamnya dalam air lalu diamkan selama 4 jam. Saring hingga terpisah antara filtrat dan residunya.
 - b. Iris 0,5 kg kubis ungu dan beri 1 liter air dan rebus hingga mendidih. Saring hingga terpisah antara filtrat dan residunya.
2. Siapkan masing-masing 20 ml larutan dalam beaker glas atau cup pudding
3. Tambahkan masing-masing larutan dengan 20 ml larutan ekstrak indikator alami
4. Amati warna yang terjadi
5. Catat hasil percobaan pada tabel seperti berikut.

Larutan	Warna larutan setelah ditambah indikator alami	Sifat larutan
Cuka		
Air soda		
Air mineral		
Air jeruk		
Air kapur		
Minuman ringan		
Air sabun		

III. Pertanyaan

1. Larutan apa yang paling asam dan yang paling basa pada percobaan ini?
2. Bagaimana reaksi yang terjadi sehingga terjadi perubahan warna!

DAFTAR PUSTAKA

- Anggraeni, Wiwiek. 2017. Analisis Miskonsepsi Materi Asam-Basa Siswa SMA Negeri di Kota Tangerang dengan Menggunakan Instrumen Tes Diagnostik Two-Tier. Jakarta
- Budiwati Tuti. 2009. Analisis Hujan Asam dan CO₂ Atmosfer. Prosiding Seminar Nasional Penelitian, Pendidikan dan Penerapan MIPA. Yogyakarta
- Chairunnisa, Sarah, Ni Made Wartini, Lutfi Suhendra. 2019. Pengaruh Suhu dan Waktu Maserasi terhadap Karakteristik Ekstrak Daun Bidara (*Ziziphus mauritiana* L.) sebagai Sumber Saponin. Jurnal Rekayasa dan Manajemen Agroindustri. Vol 7, Nomor 4, 551 – 560.
- Harjadi, W. 1986. Ilmu Kimia Analitik Dasar. Gramedia. Jakarta
- Lopez da, Yos. F. Kimia – MLK.22203. Keseimbangan Ionik dalam Larutan. Program Studi Manajemen Pertanian Lahan Kering Politeknik Pertanian Negeri Kupang. Kupang.
- Nazarudi, Nizar., Sukarmin. Penerapan Pembelajaran dengan Strategi Konflik Kognitif untuk Mereduksi Miskonsepsi Siswa pada Materi Pokok Asam dan Basa di Kelas XI MAN Mojosari Kota Mojokerto. Unesa Journal of Chemical Education Volume 6 Nomor I, pp. 81 – 88 Januari 2017
- Virliantari, Dela Astria., Annisa Maharani, Ukhti Lestari, Ismiyati. 2018. Pembuatan Indikator Alami Asam-Basa dari Ekstrak Kulit Bawang Merah (*Allium ascalonicum* L.). Jurnal UMJ. Jakarta
- Wiyati Arni. 2020. Modul Pembelajaran SMA Kimia. Direktorat SMA, Direktorat Jenderal PAUD, DIKDAS dan DIKMEN. Kemneterian Pendidikan dan Kebudayaan. Jakarta.