

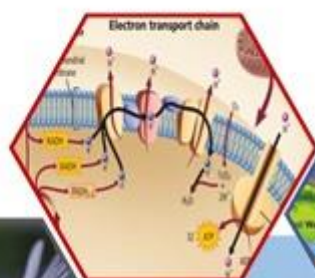
MODUL PENGEMBANGAN KEPROFESIAN BERKELANJUTAN

E

KELOMPOK
KOMPETENSI

PROFESIONAL PERAN ENZIM PADA METABOLISME, REPRODUKSI PADA TUMBUHAN DAN HEWAN

Edisi
Revisi
2018



KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
DIREKTORAT JENDERAL GURU DAN TENAGA KEPENDIDIKAN
2018

MODUL

PENGEMBANGAN KEPROFESIAN BERKELANJUTAN

**MATA PELAJARAN
BIOLOGI BIDANG KEAHLIAN AGRIBISNIS
DAN AGROTEKNOLOGI
SEKOLAH MENENGAH KEJURUAN (SMK)**

KELOMPOK KOMPETENSI : E

PROFESIONAL

**PERAN ENZIM PADA METABOLISME, REPRODUKSI
PADA TUMBUHAN DAN HEWAN**

Penulis :

Dra. Wisnuwati, M.Pd

Ir. Caturto Priyo Nugroho, MM

Penelaah :

Dr. Suhara, M.Pd

Reviewer :

Ir. Caturto Priyo Nugroho, MM

Illustration

Tim Desain Grafis

Copyright @2018

Pusat Pengembangan dan Pemberdayaan Pendidik dan Tenaga Kependidikan
Pertanian

Direktorat Jenderal Guru dan Tenaga Kependidikan
Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

Dilarang mengcopy sebagian atau keseluruhan isi buku untuk kepentingan
komersial tanpa izin tertulis dari Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan



Kata Sambutan

Peran guru profesional dalam proses pembelajaran sangat penting sebagai kunci keberhasilan belajar siswa. Guru profesional adalah guru yang kompeten membangun proses pembelajaran yang baik sehingga dapat menghasilkan pendidikan yang berkualitas dan berkarakter prima. Hal tersebut menjadikan guru sebagai komponen yang menjadi fokus perhatian pemerintah pusat maupun pemerintah daerah dalam peningkatan mutu pendidikan terutama menyangkut kompetensi guru.

Pengembangan profesionalitas guru melalui Program Pengembangan Keprofesian Berkelanjutan merupakan upaya Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan melalui Direktorat Jenderal Guru dan Tenaga Kependidikan dalam upaya peningkatan kompetensi guru. Sejalan dengan hal tersebut, pemetaan kompetensi guru telah dilakukan melalui Uji Kompetensi Guru (UKG) untuk kompetensi pedagogik dan profesional pada akhir tahun 2015. Peta profil hasil UKG menunjukkan kekuatan dan kelemahan kompetensi guru dalam penguasaan pengetahuan pedagogik dan profesional. Peta kompetensi guru tersebut dikelompokkan menjadi 10 (sepuluh) kelompok kompetensi. Tindak lanjut pelaksanaan UKG diwujudkan dalam bentuk pelatihan guru paska UKG sejak tahun 2016 dan akan dilanjutkan pada tahun 2018 ini dengan Program Pengembangan Keprofesian Berkelanjutan bagi Guru. Tujuannya adalah untuk meningkatkan kompetensi guru sebagai agen perubahan dan sumber belajar utama bagi peserta didik. Program Pengembangan Keprofesian Berkelanjutan bagi Guru dilaksanakan melalui Moda Tatap Muka.





Pusat Pengembangan dan Pemberdayaan Pendidik dan Tenaga Kependidikan (PPPPTK) dan, Lembaga Pengembangan dan Pemberdayaan Pendidik dan Tenaga Kependidikan Kelautan Perikanan Teknologi Informasi dan Komunikasi (LP3TK KPTK) merupakan Unit Pelaksana Teknis di lingkungan Direktorat Jenderal Guru dan Tenaga Kependidikan yang bertanggung jawab dalam mengembangkan perangkat dan melaksanakan peningkatan kompetensi guru sesuai bidangnya. Adapun perangkat pembelajaran yang dikembangkan tersebut adalah modul Program Pengembangan Keprofesian Berkelanjutan melalui Pendidikan dan Pelatihan Guru moda tatap muka untuk semua mata pelajaran dan kelompok kompetensi. Dengan modul ini diharapkan program Pengembangan Keprofesian Berkelanjutan memberikan sumbangan yang sangat besar dalam peningkatan kualitas kompetensi guru.

Mari kita sukseskan Program Pengembangan Keprofesian Berkelanjutan melalui Pendidikan dan Pelatihan Guru ini untuk mewujudkan Guru Mulia karena Karya.

Jakarta, Juli 2018

Direktur Jenderal Guru
dan Tenaga Kependidikan,



Dr. Supriano, M.Ed.
NIP. 196208161991031001



Kata Pengantar

Peraturan Menteri Pendayaaan Aparatur Negara dan Reformasi Birokrasi nomor 16 Tahun 2009 pada ayat 7 menyatakan bahwa Pengembangan Keprofesian Berkelanjutan (PKB) adalah pengembangan kompetensi guru yang dilaksanakan sesuai dengan kebutuhan, bertahap, berkelanjutan untuk meningkatkan profesionalitasnya.

Sejalan dengan tugas Pusat Pengembangan dan Pemberdayaan Pendidik dan Tenaga Kependidikan Pertanian dalam mengembangkan dan memberdayakan pendidik dan tenaga kependidikan maka pada tahun anggaran 2018 ini PPPPTK Pertanian telah merevisi modul-modul untuk pelatihan guru khususnya dalam lingkup bidang kejuruan agribisnis dan agroteknologi dimana modul disusun berdasarkan pengelompokan grade mulai grade 1 sampai dengan grade 10. Modul yang disusun akan digunakan untuk bahan pelatihan guru dimana guru akan diberikan pelatihan berdasarkan nilai hasil uji kompetensi yang dapat dipetakan posisinya pada grade berapa.

Adapun modul ini adalah modul grade 1 yang merupakan bagian dari modul Biologi Bidang Keahlian Agribisnis dan Agroteknologi yang terdiri dari 4 (empat) bagian yaitu bagian I Pendahuluan, bagian II Kegiatan Pembelajaran, bagian III Evaluasi, dan bagian IV Penutup.





Modul yang telah disusun selalu dilakukan pembaruan secara periodik setiap kurun waktu tertentu mengikuti perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi dan perubahan kebijakan-kebijakan terkait pengembangan dengan pendekatan High Order Tainking Skill (HOTS).

Semoga Modul Diklat PKB Guru Biologi Bidang Keahlian Agribisnis dan Agroteknologi Grade-1 ini dapat bermanfaat bagi yang memerlukannya.

Cianjur, Juli 2018

Kepala PPPPTK Pertanian

DR. Ir. H. R. Ruli Basuni, MP

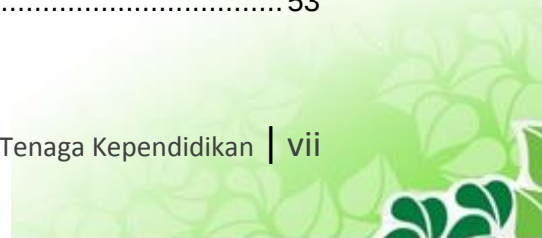
NIP. 19630720 199001 1 001





Daftar Isi

	Hal.
Kata Sambutan.....	iii
Kata Pengantar	v
Daftar Isi	vii
Daftar Gambar.....	ix
Daftar Tabel.....	x
Pendahuluan	1
A. Latar Belakang.....	1
B. Tujuan.....	2
C. Peta Kompetensi.....	3
D. Ruang Lingkup.....	3
E. Saran Cara Penggunaan Modu.....	3
Kegiatan Pembelajaran 1. Enzim dan Peranannya dalam Metabolisme Tumbuhan dan Hewan.....	5
A. Tujuan.....	5
B. Indikator Pencapaian Kompetensi.....	5
C. Uraian Materi	5
D. Aktivitas Pembelajaran.....	21
E. Latihan/Kasus/Tugas	24
F. Rangkuman.....	25
G. Umpan Balik dan Tindak Lanjut.....	27
H. Evaluasi	28
Kegiatan Pembelajaran ke 2. Anabolisme.....	29
A. Tujuan.....	29
B. Indikator Pencapaian Kompetensi.....	29
C. Uraian Materi	29
D. Aktivitas Pembelajaran.....	53





E. Latihan/Kasus/Tugas.....	56
F. Rangkuman.....	59
G. Umpan Balik dan Tindak Lanjut.....	60
H. Evaluasi	60
Kegiatan Pembelajaran 3. Katabolisme.....	61
A. Tujuan.....	61
B. Indikator Pencapaian Kompetensi.....	61
C. Uraian Materi.....	61
D. Aktivitas Pembelajaran.....	76
E. Latihan/Kasus/Tugas.....	80
F. Rangkuman.....	82
G. Umpan Balik dan Tindak Lanjut.....	83
H. Evaluasi	84
Kegiatan Pembelajaran 4. Reproduksi Pada Tumbuhan Dan Hewan.....	85
A. Tujuan	85
B. Indikator Pencapaian Kompetensi.....	85
C. Uraian Materi.....	85
D. Aktivitas Pembelajaran.....	115
E. Latihan/Kasus/Tugas.....	119
F. Rangkuman.....	121
G. Umpan Balik dan Tindak Lanjut.....	123
H. Evaluasi	123
Kunci Jawaban.....	124
Evaluasi	125
Penutup	128
Daftar Pustaka.....	129
Glosarium.....	130





Daftar Gambar

	Hal.
Gambar 1. Inhibisi Kompetitif.....	13
Gambar 2. Inhibisi Nonkompetitif.....	14
Gambar 3. Mekanisme Kerja Enzim	15
Gambar 4. A Kerja Enzim Seperti Gembok-Anak Kunci B. Inhibitor Kompetitif dan Non Kompetitif	16
Gambar 5. Kerja Enzim (Daniel Koshland)	19
Gambar 6. Metabolisme Pada Tumbuhan	19
Gambar 7. Enzim Papain.....	22
Gambar 8. Enzim Bromelin.....	22
Gambar 9. Proses Fotosintesis Pada Tumbuhan	34
Gambar 10. Fotosintesis Menghasilkan Oksigen.....	35
Gambar 11. Fotosintesis, Reaksi Terang Dan Reaksi Gelap	36
Gambar 12. Daur Calvin.....	37
Gambar 13. Shading house.....	38
Gambar 14. Daur Nitrogen Di Laut	43
Gambar 15. Daur Karbon Dan Oksigen	45
Gambar 16. Daur Air	46
Gambar 17. Daur Belerang / sulfur	47
Gambar 18. Daur Fosfor.....	48
Gambar 19. Tanaman C3, C4 dan CAM.....	49
Gambar 20. Foto sintesis	50
Gambar 21. Respirasi Aerob	63
Gambar 22. Skema Glikolisis	64
Gambar 23. Daur Krebs	65
Gambar 24. Tranport Elektron	65
Gambar 25. Respirasi Anaerob/Fermentasi Menghasilkan: Asam Laktat (A) Atau etanol (B).....	66
Gambar 26. Fermentasi Alkohol	67
Gambar 27. Fermentasi Asam Laktat	68
Gambar 28. Fermentasi Asam Sitrat	68
Gambar 29. Penyerbukan Dibantu Faktor Luar	87
Gambar 30. Penyerbukan Tetangga.....	87
Gambar 31. Proses Pembuahan Tunggal Pada Pinus (Gymnospermae)	89
Gambar 32. Proses Pembuahan Ganda Pada Angiospermae.....	90





Gambar 33. Spora Pada Sporofil Paku.....	94
Gambar 34. Pembelahan Sel Pada Chlorella	94
Gambar 35. Rhizoma Lengkuas	94
Gambar 36. Stolon Pada Rumpun.....	94
Gambar 37. Umbi Lapis Bawang Merah.....	94
Gambar 38. Umbi Wortel.....	94
Gambar 39. Umbi Akar Pada Singkong	94
Gambar 40. Tunas Adventif pada Cocor Bebek.....	94
Gambar 41. Tunas Pada Bambu	95
Gambar 42. Mencangkok	96
Gambar 43. Merunduk.....	97
Gambar 44. Stek Pada Singkong	97
Gambar 45. Cara Okulasi (menempel)	98
Gambar 46. Hasil Kultur Jaringan Tanaman	100
Gambar 47. Reproduksi Pada Cacing Planaria	103
Gambar 48. Tunas pada <i>Hydra</i> sp.....	104
Gambar 49. Pembelahan Biner Pada Bakteri	104
Gambar 50. Cara-cara Hewan Berkembang Biak.....	105
Gambar 51. Ayam Sedang Mengerami Telurnya.....	106
Gambar 52. Ovary dan Testis Ikan	108
Gambar 53. Sistem Reproduksi Pada Burung	110
Gambar 54. Inseminasi Buatan Sapi	113
Gambar 55. Embryo Transfer	114

Daftar Tabel

	Hal.
Tabel 1. Klasifikasi Enzim Secara Internasional.....	17
Tabel 2. Laju fotosintesis maksimum untuk jenis tumbuhan utama pada kondisi optimal	49
Tabel 3. Perbedaan Respirasi Aerob dan Respirasi anaerob dapat dilihat pada tabel berikut	75





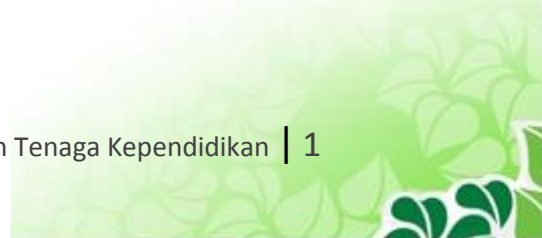
Pendahuluan

A. Latar Belakang

Seperti yang diamanahkan dalam Undang Undang Republik Indonesia Nomor 20 Tahun 2003 tentang Sistem Pendidikan Nasional bahwa pendidikan nasional berfungsi mengembangkan kemampuan dan membentuk watak serta peradaban bangsa yang bermartabat dalam rangka mencerdaskan kehidupan bangsa, bertujuan untuk berkembangnya potensi peserta didik agar menjadi manusia yang beriman dan bertakwa kepada Tuhan Yang Maha Esa, berakhlak mulia, sehat, berilmu, cakap, kreatif, mandiri, dan menjadi warga negara yang demokratis serta bertanggung jawab.

Pendidikan sebagai sebuah sistem merupakan keseluruhan komponen pendidikan yang saling terkait secara terpadu untuk mencapai tujuan pendidikan nasional. Komponen-komponen dalam sistem pendidikan antara lain adalah tujuan pendidikan, peserta didik, pendidik, sarana prasarana pendidikan, dan metode pendidikan. Berbicara tentang pendidikan tentunya tidak akan terlepas dari pendidik yang salah satu unsurnya adalah guru. Guru adalah pendidik profesional dengan tugas utama mendidik, mengajar, membimbing, mengarahkan, melatih, menilai, dan mengevaluasi peserta didik pada pendidikan anak usia dini jalur pendidikan formal, pendidikan dasar, dan pendidikan menengah. Dalam menjalankan tugasnya guru wajib memiliki kualifikasi akademik, kompetensi, sertifikat pendidik, sehat jasmani dan rohani, serta memiliki kemampuan untuk mewujudkan tujuan pendidikan nasional. Adapun kompetensi guru berdasarkan Permendiknas no 16 tahun 2007 tentang standar kompetensi dan kualifikasi guru, meliputi dimensi kompetensi pedagogi, kepribadian, sosial, dan profesional.

Di sisi lain masih terdapat berbagai masalah yang berkaitan dengan kondisi guru yaitu antara lain adalah 1. Adanya keberagaman kondisi kemampuan guru dalam proses pembelajaran, 2. Belum sempurnanya alat ukur untuk mengetahui kemampuan guru, 3. Pelatihan dan pembinaan yang diberikan kepada guru belum sepenuhnya sesuai dengan kebutuhan guru.





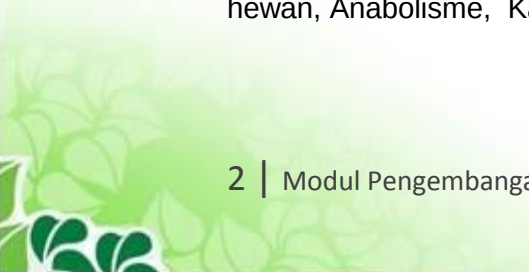
Berkaitan dengan peningkatan kompetensi guru pada tahun 2015 ini pemerintah akan melakukan pemetaan kompetensi guru melalui uji kompetensi guru. Berdasarkan hasil uji kompetensi guru tersebut diharapkan dapat menunjukkan data peta kompetensi guru terletak pada grade yang mana sehingga dari data tersebut akan ditindaklanjuti peningkatan kompetensinya melalui modul-modul dan pelatihan-pelatihan yang sesuai.

Pusat Pengembangan dan Pemberdayaan Pendidik dan Tenaga Kependidikan (PPPPTK) adalah unit pelaksana teknis Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan di bidang pengembangan dan pemberdayaan pendidik dan tenaga kependidikan yang mempunyai tugas melaksanakan pengembangan dan pemberdayaan pendidik dan tenaga kependidikan sesuai dengan bidangnya. Atas dasar kebutuhan peningkatan kompetensi guru tersebut maka pada tahun anggaran 2015 ini PPPPTK Pertanian melaksanakan penyusunan 10 grade Modul Diklat PKB bagi Guru Biologi Bidang Keahlian Agribisnis dan Agroteknologi. Dalam modul ini difokuskan pada Modul Diklat PKB Biologi Bidang Keahlian Agribisnis dan Agroteknologi Grade 5 difokuskan pada Enzim dan peranannya dalam metabolisme dalam tumbuhan dan hewan.

Adapun lingkup materi yang dibahas dalam Modul Diklat PKB Biologi Bidang Keahlian Agribisnis dan Agroteknologi Grade 5 yang difokuskan pada enzim dan peranannya dalam metabolisme tumbuhan dan hewan. Modul ini diharapkan dapat mengobati kompetensi guru yang masih lemah dalam bidang tersebut sehingga jika pada kesempatan yang akan datang dilakukan uji kompetensi lagi diharapkan hasil nilai uji kompetensi guru dalam bidang tersebut dapat meningkat sesuai dengan yang ditargetkan oleh pemerintah.

B. Tujuan

Setelah menyelesaikan diklat ini peserta mampu memahami enzim dan peranannya dalam proses metabolisme dan reproduksi pada tumbuhan dan hewan yaitu tentang Enzim dan peranannya dalam metabolisme tumbuhan dan hewan, Anabolisme, Katabolisme, Reproduksi pada tumbuhan dan hewan.





C. Peta Kompetensi

	Grade	Deskripsi
BIOLOGI BIDANG KEAHLIAN AGRIBISNIS DAN AGROTEKNOLOGI	GRADE 1	Ruang lingkup Biologi
		Keselamatan Kerja
	GRADE 2	Proses dan Gejala Permasalahan Biologi
		Keanekaragaman Hayati
	GRADE 3	Sel, Jaringan, dan Organ pada makhluk Hidup
	GRADE 4	Pertumbuhan dan Perkembangan Hewan dan Tumbuhan
	GRADE 5	Enzim dan Peranannya dalam Proses Metabolisme
		Reproduksi pada Tumbuhan dan Hewan
	GRADE 6	Ekosistem, Komponen dan Interaksinya dalam Kehidupan
	GRADE 7	Virus
		Bakteri
		Jamur
		Plantae
		Animalia
	GRADE 8	Pencemaran
		Pengelolaan Limbah
	GRADE 9	Genetika
		Evolusi
	GRADE 10	Aplikasi Bioteknologi dalam Berbagai Bidang

D. Ruang Lingkup

Ruang lingkup materi ini meliputi: Kegiatan pembelajaran 1: Enzim dan peranannya dalam metabolisme tumbuhan dan hewan; Kegiatan pembelajaran 2: Anabolisme; Kegiatan pembelajaran 3: Katabolisme; Kegiatan Pembelajaran 4: Reproduksi pada tumbuhan dan hewan

E. Saran Cara Penggunaan Modu

1. Penjelasan bagi Peserta

- Bacalah modul ini secara berurutan dari Kata Pengantar sampai Daftar Cek Kemampuan pahami dengan benar isi dari setiap babnya.





- b. Setelah Anda mengisi Cek Kemampuan, apakah Anda termasuk kategori orang yang perlu mempelajari modul ini? Apabila Anda menjawab **YA**, maka pelajari modul ini.
- c.. Laksanakan semua tugas-tugas yang ada dalam modul ini agar kompetensi Anda berkembang sesuai standar.
- d. Lakukan kegiatan belajar untuk mendapatkan kompetensi sesuai dengan yang disetujui oleh Fasilitator.
- e. Setiap mempelajari satu sub kompetensi, Anda harus mulai dari memahami tujuan kegiatan pembelajarannya, menguasai pengetahuan pendukung (Uraian Materi), melaksanakan Tugas-tugas, dan mengerjakan soal latihan.
- f. Dalam mengerjakan soal latihan, Anda jangan melihat Kunci Jawaban soal terlebih dahulu, sebelum Anda menyelesaikan soal latihan.
- g. Laksanakan Lembar Kerja untuk pembentukan psikomotorik skills sampai Anda benar-benar terampil sesuai standar. Apabila Anda mengalami kesulitan dalam melaksanakan tugas ini, konsultasikan dengan fasilitator.
- h. Setelah Anda merasa benar-benar menguasai seluruh kegiatan belajar dalam modul ini, mintalah evaluasi dari fasilitator. Anda untuk dapat dinyatakan telah benar-benar menguasai kompetensi tersebut sehingga Anda mendapatkan sertifikat kompetensi.

2. Peran Fasilitator/ mentor

- a. Membantu peserta dalam merencanakan proses belajar.
- b. Membimbing peserta melalui tugas-tugas pelatihan yang dijelaskan dalam tahap belajar.
- c. Membantu peserta dalam memahami konsep dan praktek baru serta menjawab pertanyaan peserta mengenai proses pembelajaran.
- d. Membantu peserta untuk menentukan dan mengakses sumber tambahan lain yang diperlukan untuk belajar.
- e. Mengorganisasikan kegiatan belajar kelompok jika diperlukan.
- f. Merencanakan seorang ahli/pendamping guru dari tempat kerja untuk membantu jika diperlukan.
- g. Melaksanakan penilaian.
- h. Menjelaskan kepada peserta mengenai bagian yang perlu untuk dibenahi dan merundingkan rencana pembelajaran selanjutnya.
- i. Mencatat pencapaian kemajuan peserta.





Kegiatan Pembelajaran 1.

Enzim dan Peranannya dalam Metabolisme

Tumbuhan dan Hewan

A. Tujuan

Setelah menyelesaikan kegiatan ini Peserta diklat mampu mengidentifikasi enzim dan peranannya dalam metabolisme tumbuhan dan hewan

B. Indikator Pencapaian Kompetensi

1. Peserta diklat mampu mengidentifikasi susunan enzim dengan benar
2. Peserta diklat mampu mengidentifikasi ciri-ciri enzim dengan benar
3. Peserta diklat mampu mengidentifikasi cara kerja enzim dengan benar
4. Peserta diklat mampu mengidentifikasi penamaan dan penggolongan enzim
5. Peserta diklat mampu menggunakan peran enzim dalam metabolisme tumbuhan dan hewan dalam bidang pertanian

C. Uraian Materi

1. Susunan Enzim

Enzim adalah zat (protein) yang untuk sementara terikat pada suatu atau lebih zat – zat yang bereaksi. Enzim bertugas sebagai katalisator yaitu mempercepat proses terjadinya reaksi tanpa berhenti bereaksi. Enzim merupakan biomolekul yang mengkatalis reaksi kimia, di mana hampir semua enzim adalah protein. Pada reaksi-reaksi enzimatik, molekul yang mengawali reaksi disebut substrat, sedangkan hasilnya disebut produk. Adanya enzim yang merupakan katalisator biologis menyebabkan reaksi-reaksi yang terjadi dalam proses metabolisme berjalan lancar dalam suhu fisiologis tubuh manusia, sebab enzim berperan dalam menurunkan energi aktivasi menjadi lebih rendah dari yang semestinya dicapai dengan pemberian panas dari luar.





Kerja enzim dengan cara menurunkan energi aktivasi sama sekali tidak mengubah ΔG reaksi (selisih antara energi bebas produk dan reaktan), sehingga dengan demikian kerja enzim tidak berlawanan dengan Hukum Hess 1 mengenai kekekalan energi. Selain itu, enzim menimbulkan pengaruh yang besar pada kecepatan reaksi kimia yang berlangsung dalam organisme. Reaksi-reaksi yang berlangsung selama beberapa minggu atau bulan di bawah kondisi laboratorium normal dapat terjadi hanya dalam beberapa detik di bawah pengaruh enzim di dalam tubuh. Suatu sel tumbuhan mengandung lebih kurang $5 - 50 \times 10^8$ molekul enzim. Secara kimia, enzim yang lengkap (holoenzim) tersusun atas dua bagian, yaitu bagian protein dan bagian yang bukan protein. Bagian protein disebut apoenzim, bersifat labil (mudah berubah), misalnya terpengaruh oleh suhu dan keasaman. Bagian yang bukan protein disebut gugus prostetik (aktif), terdiri atas kofaktor atau koenzim. Kofaktor berasal dari molekul anorganik, yaitu logam, misalnya besi, tembaga, dan seng. Sedangkan koenzim merupakan gugus prostetik terdiri atas senyawa organik kompleks, misalnya NADH, FADH, koenzim A, dan vitamin B.

2. Ciri-ciri Enzim

Enzim merupakan suatu protein yang bekerja secara khusus, dapat digunakan berulang kali, rusak oleh panas tinggi, terpengaruh oleh pH, diperlukan dalam jumlah sedikit, dan dapat bekerja secara bolak-balik.

a. Enzim adalah Protein

Sebagian besar enzim (kecuali ribozime), adalah protein. Dengan demikian sifat-sifat yang dimilikinya sama dengan sifat-sifat protein, yaitu: menggumpal pada suhu tinggi dan terpengaruh oleh pH.

Disamping bagian protein, enzim juga mengandung bagian bukan protein yang disebut gugus prostetik. Gugus prostetik menempel pada protein dengan ikatan kovalen. Contoh, flavin pada dehidrogenase, ion logam (besi dan tembaga) pada sitokrom oksidase dan gugus gula pada glikoprotein.



**b. Enzim bekerja secara khusus**

Enzim tertentu hanya dapat mempengaruhi reaksi tertentu, dan tidak dapat mempengaruhi reaksi lainnya. Sebagai contoh: didalam usus rayap terdapat protozoa yang menghasilkan enzim selulase sehingga rayap dapat hidup dengan makan kayu karena dapat mencerna selulosa (salah satu jenis karbohidrat/polisakarida). Sebaliknya manusia tidak dapat mencerna kayu, meskipun mempunyai enzim amilase, yaitu enzim yang dapat mencerna amilum/pati (yang juga merupakan jenis polisakarida). Enzim amilase dan selulase masing-masing bekerja secara khusus.

Contoh untuk ternak ruminansia (sapi, domba, kambing dll) : dalam perut terdapat bakteri (streptofokus, laktobasilus, bukinvibrio, bakterioides ruminikola) yang menghasilkan enzim selulase, sehingga sapi dapat mencerna rumput. Kandungan nutrisi rumput paling banyak adalah selulosa, hemi selulosa dan lignin.

Ayam dapat mencerna bijibian tetapi tidak dapat encerna rumput, karena tidak memiliki enzim selulase.

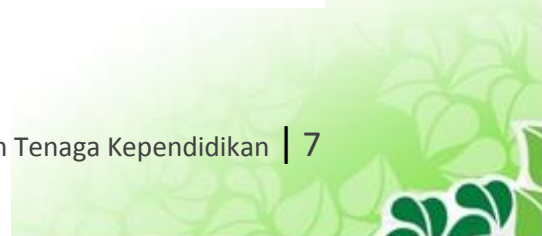
Enzim Olahan

- 1) Phitase, enzim yang sudah sangat familiar buat kalangan nutrisionist dan sudah banyak di akui oleh kalangan pelaku bisnis pakan ternak yang di fungsikan sebagai membantu ketersediaan fosfor siap serap yang berasal dari biji bijian, dengan jalan memecah ikatan asam phitat yang mengikat fosfor. Saking pentingnya fosfor hingga adanya penambahan DCP (dicalcium phosphate) dan MCP (monocalcium phosphate), produk sistantik luar negeri yang berharga mahal.

- 2) Enzim papain dan bromelin

Contoh enzim olahan dalam kemasan adalah papain dan bromelin.

Papain diektrak dari getah pepaya, sedangkan bromelin dari buah nanas. Kedua enzim tersebut digunakan untuk mengepukkan daging dan digunakan dalam bidang pengobatan penyakit.



3) Rennet

Rennet adalah enzim yang digunakan dalam proses pembuatan keju (cheese) yang terbuat dari bahan dasar susu. Susu adalah cairan yang tersusun atas protein yang terutama kasein yang dapat mempertahankan bentuk cairnya. Rennet merupakan kelompok enzim protease yang ditambahkan pada susu pada saat proses pembuatan keju. Rennet berperan untuk menghidrolisis kasein terutama kappa kasein yang berfungsi mempertahankan susu dari pembekuan. Enzim yang paling umum yang diisolasi dari rennet adalah chymosin. Chymosin dapat diisolasi dari beberapa jenis binatang, mikroba atau sayuran, akan chymosin yang berasal dari mikroorganisme lokal atau asli yang belum mendapat rekayasa genetik kadang aplikasinya dalam pembuatan keju atau cheddar menjadi kurang efektif.

4) Laktase

Lactase adalah enzim likosida hidrolase yang berfungsi untuk memecah laktosa menjadi gula penyusunnya yaitu glukosa dan galaktosa. Tanpa suplai atau produksi enzim laktase yang cukup dalam usus halus, akan menyebabkan terjadinya lactose intolerant yang mengakibatkan rasa tidak nyaman diperut seperti kram, banyak buang gas, atau diare) dalam saluran cerna selama proses pencernaan produk-produk susu. Secara komersial laktase digunakan untuk menyiapkan produk-produk bebas laktosa seperti susu. Ini juga dapat digunakan untuk membuat es krim untuk membuat cream dan rasa produk yang lebih manis. Laktase biasanya diisolasi dari yeast (*Kluyveromyces* sp.) dan fungi (*Aspergillus* sp.).

5) Katalase

Katalase adalah enzim yang dapat diperoleh dari hati sapi (bovine livers) atau sumber microbial. Dan digunakan untuk mengubah hydrogen peroksida menjadi air dan molekul oksigen. Enzim ini digunakan secara terbatas pada proses produksi keju.



6) Lipases

Lipase digunakan untuk memecah atau menghidrolisis lemak susu dan memberikan flavour keju yang khas. Flavour dihasilkan oleh karena adanya asam lemak bebas yang diproduksi ketika lemak susu dihidrolisis. Selain pada industri pengolahan susu juga pada industri lainnya.

7) Protease

Protease adalah enzim yang berfungsi untuk menghidrolisis ikatan peptida dari senyawa-senyawa protein dan diurai menjadi senyawa lain yang lebih sederhana (asam amino). Contoh protease yang dapat dimanfaatkan adalah bromelin dan papain sebagai bahan pengempuk daging.

8) Amilase

Amilase merupakan enzim yang berfungsi untuk menghidrolisis amilum (pati) menjadi gula-gula sederhana seperti dekstrin dan glukosa. Enzim amilase dapat digunakan dalam proses pembuatan biskuit, minuman beralkohol, dan pembuatan sirup glukosa.

9) Multi Enzim satu produk komersil enzim yang terdiri banyak jenis enzim dalam satu produk terdiri dari

- a) Enzim Celullase, membantu pencernaan serat kasar
- b) Enzim Beta Glucanase, dapat menurunkan kadar kolesterol, trigliserida
- c) dan glukosa darah
- d) Enzim Pectinase, mengurai pektin dalam industri sari buah
- e) Enzim Xylanase, membantu pencernaan polisakrida menjadi energi

c. Enzim Dapat Digunakan Berulangkali

Enzim dapat digunakan berulang kali karena enzim tidak berubah pada saat terjadi reaksi. Meskipun dalam jumlah sedikit, adanya enzim dalam suatu reaksi yang dikatalisirnya akan mempercepat reaksi, karena enzim yang telah bekerja dalam reaksi tersebut dapat digunakan kembali.





d. Enzim Dapat Rusak Oleh Panas

Enzim adalah suatu protein yang dapat rusak oleh panas disebut *denaturasi*. Kebanyakan enzim rusak pada suhu di atas 50°C. Reaksi kimia akan meningkat dua kali lipat dengan kenaikan suhu sebesar 10°C. Kenaikan suhu di atas suhu 50°C tidak dapat meningkatkan reaksi yang dikatalisis oleh enzim, tetapi justru menurunkan atau menghentikan reaksi tersebut. Hal ini disebabkan enzimnya rusak sehingga enzim tersebut tidak dapat bekerja. Demikian juga apabila kita memesan enzim-enzim dari luar negeri, biasanya dikirim dalam pengepakan khusus dalam es kering agar tidak rusak dalam perjalanan, dan enzim tersebut disimpan dalam lemari es. Suhu rendah tidak merusak enzim tetapi hanya menonaktifkannya saja.

e. Enzim Diperlukan Dalam Jumlah Sedikit

Oleh karena enzim berfungsi dalam mempercepat reaksi, tetapi tidak ikut bereaksi, maka jumlah yang dipakai sebagai katalis tidak perlu banyak. Satu molekul enzim dapat bekerja berkali-kali selama molekul tersebut tidak rusak.

f. Enzim Dapat Bekerja Bolak Balik

Umumnya enzim dapat bekerja secara bolak-balik. Artinya, suatu enzim dapat bekerja menguraikan suatu senyawa menjadi senyawa-senyawa lain, dan sebaliknya dapat pula bekerja menyusun senyawa-senyawa itu menjadi senyawa semula. Sebagai contoh, pada tumbuhan, proses fotosintesis menghasilkan glukosa. Apabila glukosa yang dihasilkan dalam jumlah banyak, maka glukosa tersebut diubah dan disimpan dalam bentuk pati. Pada saat diperlukan, misalnya untuk pertumbuhan, pati yang disimpan sebagai cadangan makanan tersebut diubah kembali menjadi glukosa.

g. Kerja Enzim Dipengaruhi Lingkungan

Lingkungan yang berpengaruh pada kerja enzim adalah **suhu**, **pH**, **substrat** dan **hasil akhir**, serta **zat penghambat** (inhibitor).





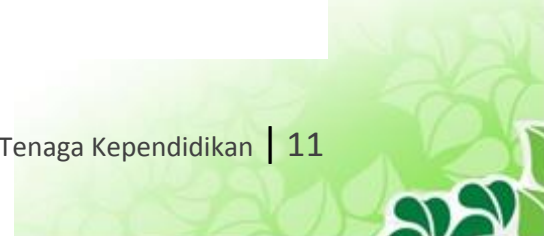
1) Suhu

Aktivitas enzim sangat dipengaruhi oleh suhu. Untuk enzim hewan suhu optimal antara 35°C dan 40°C, yaitu suhu tubuh. Pada suhu di atas dan di bawah optimalnya, aktivitas enzim berkurang. Di atas suhu 50°C enzim secara bertahap menjadi inaktif karena protein terdenaturasi. Pada suhu 100°C semua enzim rusak. Pada suhu yang sangat rendah, enzim tidak benar-benar rusak tetapi aktivitasnya sangat banyak berkurang (Gaman & Sherrington, 1994). Enzim memiliki suhu optimum yaitu sekitar 18°-23°C atau maksimal 40°C karena pada suhu 45°C enzim akan terdenaturasi karena merupakan salah satu bentuk protein. (Tranggono & Setiadji, 1989). Suhu yang tinggi akan menaikkan aktivitas enzim namun sebaliknya juga akan mendenaturasi enzim (Martoharsono, 1994). Peningkatan temperatur dapat meningkatkan kecepatan reaksi karena molekul atom mempunyai energi yang lebih besar dan mempunyai kecenderungan untuk berpindah. Ketika temperatur meningkat, proses denaturasi juga mulai berlangsung dan menghancurkan aktivitas molekul enzim. Hal ini dikarenakan adanya rantai protein yang tidak terlipat setelah pemutusan ikatan yang lemah sehingga secara keseluruhan kecepatan reaksi akan menurun

2) pH

Enzim bekerja optimal pada pH tertentu, umumnya pada pH netral. Pada kondisi asam atau basa, kerja enzim dapat terhambat. Agar enzim dapat bekerja secara maksimal, pada penelitian/percobaan yang menggunakan enzim, kondisi pH larutan dijaga agar tidak berubah, yaitu dengan menggunakan larutan penyangga (*buffer*).

Setiap enzim mempunyai pH optimal masing-masing, sesuai dengan "tempat kerja"-nya. Pada pH rendah atau tinggi, enzim akan mengalami denaturasi. Pada pH rendah atau tinggi, enzim maupun substrat dapat mengalami perubahan muatan listrik dengan akibat perubahan aktivitas enzim. Misalnya suatu reaksi enzim dapat berjalan bila enzim tadi bermuatan negatif (Enz-) dan substratnya bermuatan positif (SH+) : $\text{Enz}^- + \text{SH}^+ \rightarrow \text{EnzSH}$.





Pada pH rendah Enz- akan bereaksi dengan H^+ menjadi enzim yang tidak bermuatan. $Enz^- + H^+ \rightarrow Enz-H$ Demikian pula pada pH tinggi, SH^+ yang dapat bereaksi dengan Enz-, maka pada pH yang ekstrem rendah atau tinggi konsentrasi efektif SH^+ dan enzim akan berkurang, karena itu kecepatan reaksinya juga berkurang.

3) Substrat-Dan-Hasil-Akhir

Katalisis hanya terjadi jika enzim dan substrat membentuk suatu kompleks. Semakin tinggi konsentrasi enzim akan semakin mempercepat terjadinya reaksi. Dan konsentrasi enzim berbanding lurus dengan kecepatan reaksi. Jika sudah mencapai titik jenuhnya, maka konsentrasi substrat berbanding terbalik dengan kecepatan reaksi. Untuk suatu konsentrasi enzim, tingkat reaksi meningkat dengan meningkatnya konsentrasi substrat sampai satu titik, yang di atas lebih lanjut dalam meningkatkan konsentrasi substrat tidak menghasilkan perubahan signifikan dalam menilai reaksi. Hal ini disebabkan karena situs yang aktif dari enzim molekul pada suatu waktu yang hampir jenuh dengan substrat. Enzim / substrat kompleks harus memisahkan sebelum aktif situs gratis untuk mengakomodasi lebih substrat. Asalkan substrat konsentrasi yang tinggi dan suhu dan pH dijaga konstan, tingkat reaksi yang proporsional terhadap konsentrasi enzim. Selain itu kerja enzim dipengaruhi juga oleh hasil akhir. Hasil akhir yang sudah banyak menyebabkan enzim sulit “bertemu” dengan substrat. Semakin banyak hasil akhir, semakin lambat kerja enzim.

4) Zat Penghambat (Inhibitor)

Aktivitas suatu enzim dapat dihambat oleh suatu senyawa yang dikenal sebagai inhibitor. Inhibitor digolongkan menjadi 2 jenis utama, yaitu:

- a) yang bekerja secara tidak dapat balik (*irreversible*),
- b) yang bekerja secara dapat balik (*reversible*).

Jenis pertama, yaitu penghambat yang irreversible adalah golongan yang bereaksi dengan, atau merusakkan suatu gugus fungsional pada molekul enzim yang penting bagi aktivitas katalitiknya.

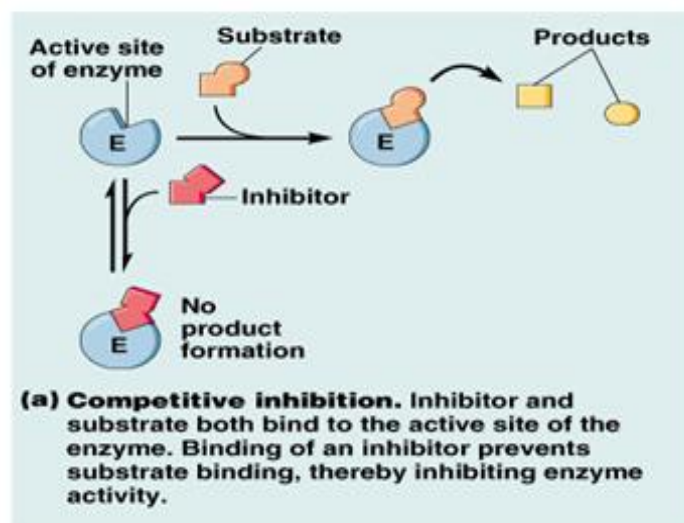




Sebagai contoh, adalah senyawa **diisopropil fluoro fosfat** (DFP), yang menghambat enzim **asetil kolin esterase**, yaitu enzim yang penting di dalam transmisi impuls syaraf.

Jenis kedua adalah, penghambat enzim yang dapat balik, yang dapat digolongkan menjadi 2 jenis, yaitu: 1) zat penghambat yang bersaing (kompetitif), 2) zat penghambat yang tidak bersaing (non-kompetitif).

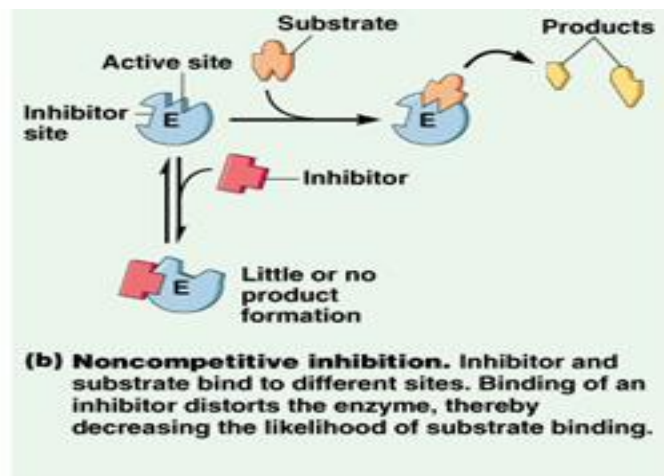
Zat penghambat yang bersaing itu mempunyai struktur mirip dengan struktur molekul substrat. Suatu penghambat kompetitif berlomba dengan substrat untuk berikatan dengan sisi aktif enzim, tetapi, sekali terikat tidak dapat diubah oleh enzim tersebut. Ciri penghambat kompetitif adalah penghambatan ini dapat dihilangkan dengan meningkatkan konsentrasi substrat.



Gambar 1. Inhibisi Kompetitif, Sumber. Campbell 2006

Sedangkan zat penghambat yang **tidak bersaing (non kompetitif)** dapat menempel pada enzim, pada sisi regulasi enzim, sehingga mengubah konformasi molekul enzim, sehingga menyebabkan inaktivasi enzim.





Gambar 2. Inhibisi Nonkompetitif Sumber.Campbell 2006

Selain Inhibitor, kerja enzim juga dipengaruhi oleh aktivator yaitu molekul yang meningkatkan kerja enzim. Aktivator ini bekerja mengaktifkan enzim yang belum aktif atau zimogen dengan cara berikatan dengan zimogen sehingga sisi aktif enzim siap untuk berikatan dengan substrat.

Aktivator juga dapat bekerja dengan cara berikatan dengan Inhibitor sehingga substrat dapat berikatan dengan sisi aktif enzim dan reaksi dapat berlangsung. Contoh aktivator enzim adalah HCL atau asam klorida. HCL berfungsi mengaktifkan Pepsinogen menjadi pepsin.

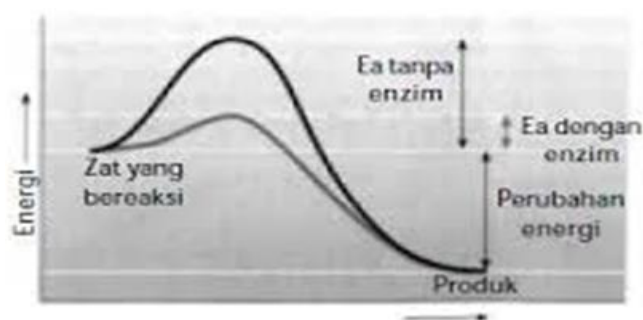
3. Cara Kerja Enzim

Pada uraian sebelumnya, kita telah membahas tentang ciri-ciri Enzim. Selanjutnya akan dibahas tentang cara kerja dari enzim. Seperti pernah diuraikan sebelumnya enzim bersifat spesifik artinya satu enzim bekerja untuk satu jenis makromolekul tertentu. Selain itu, enzim bekerja sebagai perantarayaitu menangkap molekul-molekul, menggabungkannya kemudian melepaskannya tetapi enzim tidak ikut berubah. Molekul-molekul yang digabungkan tersebut adalah substrat dan molekul hasil gabungannya disebut produk. Enzim dapat bekerja secara bolak balik yaitu dapat membentuk molekul sederhana menjadi molekul kompleks dan dapat pula menguraikan molekul kompleks tersebut menjadi molekul sederhana.



Enzim memiliki bagian yang disebut “Sisi Aktif Enzim” yaitu tempat melekatnya substrat dan “Sisi Alosterik”. Dua teori mengenai cara melekatnya substrat pada sisi aktif Enzim yaitu Lock and Key Theory atau Teori Gembok dan Kunci serta Induced Fit Theory atau Teori Ketepatan Induksi. Teori yang pertama yaitu Teori Gembok dan Kunci dikemukakan oleh Emil Fischer pada tahun 1894 menyatakan bahwa Enzim dan substratnya memiliki bentuk geometri yang saling memenuhi seperti kunci dan gemboknya. Itulah alasan mengapa enzim bersifat spesifik. Teori kedua adalah Teori Ketepatan induksi. Menurut teori ini, sisi aktif enzim bersifat fleksibel, sehingga bentuknya dapat menyesuaikan dengan bentuk substratnya.

Enzim dapat meningkatkan kecepatan reaksi dengan menurunkan energi aktivasi. Energi aktivasi adalah jumlah energi yang diperlukan untuk berlangsungnya suatu reaksi.



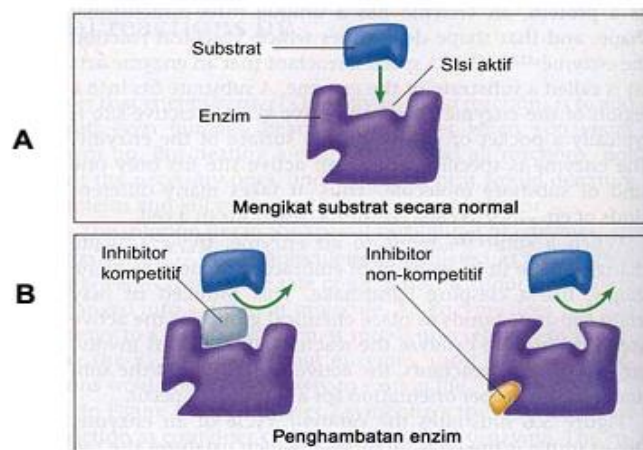
Gambar 3. Mekanisme Kerja Enzim

Pada reaksi-reaksi metabolisme di dalam tubuh makhluk hidup, enzim memiliki beberapa fungsi diantaranya adalah mempercepat laju reaksi, menurunkan energi aktivasi reaksi, menguraikan molekul kompleks menjadi molekul sederhana dan membentuk molekul sederhana menjadi molekul kompleks. Secara khusus pada tubuh hewan dan manusia, enzim memiliki fungsi yang lebih kompleks yaitu berperan dalam transduksi signal, regulasi sel, sistem gerak, sistem pencernaan dan sistem peredaran darah.

Pada reaksi metabolisme, seringkali enzim tidak berdiri sendiri akan tetapi bekerja dalam bentuk lintasan metabolisme dimana serangkaian enzim yang berbeda mengkatalisis substrat tertentu dalam satu rangkaian reaksi enzimatik.



Lintasan metabolisme adalah lintasan yang terbentuk karena beberapa enzim bekerja sama dalam suatu urutan reaksi tertentu. Awalnya, suatu substrat berikatan dengan enzim pertama dan menghasilkan suatu produk, kemudian produk tersebut akan menjadi substrat dan berikatan dengan enzim kedua kemudian produk enzim kedua akan menjadi substrat bagi enzim ketiga, begitulah seterusnya hingga terbentuk produk akhir. Apabila produk akhir ini berlebih, maka produk akhir ini akan menjadi Inhibitor yang dapat menghambat kerja dari enzim yang pertama. Apabila kerja enzim pertama terhenti, maka lintasan metabolisme otomatis juga akan terhenti. Contoh sederhana lintasan metabolisme dapat kita temukan pada katabolisme protein. Enzim pertama yaitu enzim Pepsin mengubah substrat Protein menjadi produknya yaitu pepton, kemudian Pepton menjadi substrat untuk enzim kedua yaitu Tripsin. Tripsin mengubah substrat pepton menjadi produknya yaitu asam amino



Gambar 4. A Kerja Enzim Seperti Gembok-Anak Kunci
B. Inhibitor Kompetitif dan Non Kompetitif (Campbell, 2006)

4. Penamaan Enzim dan Penggolongan Enzim

Enzim diberi nama sesuai dengan substratnya kemudian diberi akhiran **ase**. Sebagai contoh, enzim selulase, adalah enzim yang dapat menguraikan selulosa, enzim lipase, menguraikan lipid atau lemak, enzim protease untuk menguraikan protein, dan enzim karbohidrase, menguraikan karbohidrat. Karbohidrase merupakan suatu kelompok enzim. Termasuk didalamnya *amylase* yang dapat menguraikan amilum menjadi maltosa dan *maltase*, yang dapat menguraikan maltose menjadi dua molekul glukosa.



Ada dua cara penamaan enzim, yaitu secara sistematis (berdasarkan atas reaksi yang terjadi) dan trivial (nama singkat).

Contohnya:

ATP+glukosa-----→ADP+Glukosa6-Fosfat

Namasistematis:ATP:Glukosa6-Fosfat

Namatrivial:Heksokinase

Dengan berkembangnya ilmu genetika dan dilakukannya berbagai percobaan di bidang ini, dapat dibuktikan bahwa pembentukan enzim atau kelompok enzim diatur oleh gen atau kelompok gen dalam kromosom. **George Beadle** dan **Edward Tatum** mendapat hadiah Nobel pada tahun 1958 atas jasa mereka menemukan gen pengendali sintesis protein dan enzim yang disimpulkan dalam suatu teori "*one gene, one enzyme*"

Enzim digolongkan menurut reaksi yang diikutinya, sedangkan masing-masing enzim diberi nama menurut nama substratnya. Disamping itu ada pula beberapa enzim yang dikenal dengan nama lain misalnya pepsin, tripsin, dan lain-lain. Oleh Commission on Enzymes of The International Union of Biochemistry, enzim dibagi menjadi 6 golongan (Tabel 1), yaitu:

Tabel 1. Klasifikasi Enzim Secara Internasional

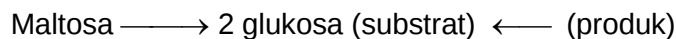
No	Nama Enzim	Tipe reaksi yang dikatalisis	Contoh
1.	Oksidoreduktase	Transfer elektron	Alkohol dehidrogenase
2.	Transferase	Transfer gugus fungsi	Heksokinase
3.	Hidrolase	Reaksi hidrolisis	Tripsin
4.	Liase	Pemutusan ikatan C-C, C-O, C-N, membentuk ikatan rangkap	Piruvat dekarboksilase
5	Isomerase	Pemindahan gugus di dalam molekul, membentuk isomer	Maleat Isomerase
6	Ligase (sintetase)	Pembentukan ikatan	Piruvat karboksilase



5. Peranan Enzim Dalam Metabolisme

Reaksi-reaksi yang berlangsung di dalam tubuh makhluk hidup bekerja secara optimal pada suhu 30°C (suhu ruang), misalnya pada suhu tubuh tumbuhan. Sedangkan di dalam tubuh hewan homoitermis berlangsung pada suhu 37°C. Pada suhu tersebut proses oksidasi akan berjalan lambat. Agar reaksi-reaksi berjalan-lebih-cepat-diperlukan katalisator.

Katalisator adalah zat yang dapat mempercepat reaksi tetapi zat tersebut tidak ikut bereaksi. Dalam sel makhluk hidup, reaksi-reaksi kimia dapat berlangsung dengan cepat karena adanya katalisator hidup atau biokatalisator, yaitu : enzim. Enzim merupakan pengatur suatu reaksi. Berikut ini adalah contoh reaksi yang diatur-oleh-enzim. Contohnya:Enzim-maltase

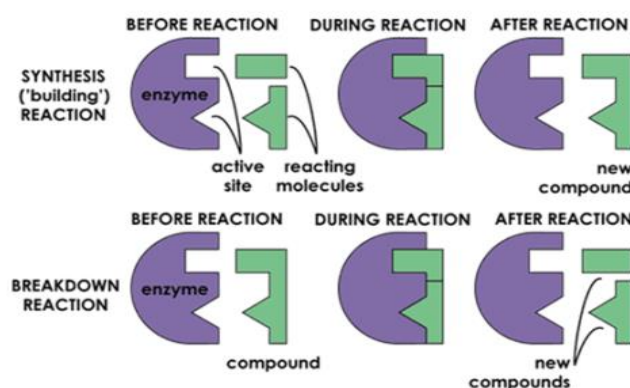


Bahan tempat enzim bekerja disebut substrat. Dalam contoh reaksi di atas substratnya adalah maltosa. Bahan baru atau materi yang dibentuk sebagai hasil reaksi disebut produk. Dalam contoh reaksi di atas hanya ada 1 produk yaitu glukosa. Enzim yang mengkatalisis adalah maltase. Reaksi tersebut dapat berlangsung ke arah sebaliknya. Dengan kata lain reaksinya dua arah (*reversible*), maltosa dapat berubah menjadi glukosa dan glukosa dapat berubah menjadi maltosa. Enzim yang bekerja di kedua reaksi adalah maltase. Jika terdapat maltose lebih banyak daripada glukosa, reaksi berlangsung dari kiri ke kanan. Sebaliknya, jika glukosa terdapat lebih banyak daripada maltosa, maka reaksi berlangsung dari kanan ke kiri.

Metabolisme adalah proses-proses kimia yang terjadi di dalam tubuh makhluk hidup/sel. Metabolisme disebut juga reaksi enzimatis, karena metabolisme terjadi selalu menggunakan katalisator enzim. Reaksi-reaksi tersebut adalah dasar dari kehidupan, yang membuat sel dapat tumbuh dan bereproduksi, mempertahankan strukturnya, dan merespon lingkungannya. Secara keseluruhan, metabolisme bertanggung jawab terhadap pengaturan materi dan sumber energi dari sel.

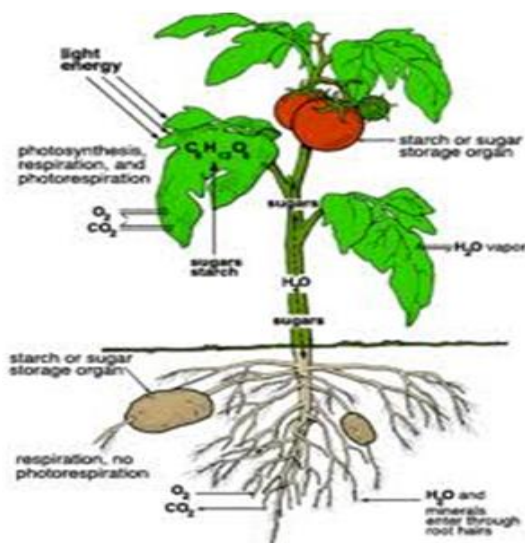


Tugas metabolisme inilah yang menjadikan metabolisme suatu reaksi yang sangat penting bagi kelangsungan hidup makhluk hidup. Tumbuhan menghasilkan metabolit sekunder yang berfungsi untuk melindungi tumbuhan tersebut dari serangga, bakteri, jamur, dan jenis pathogen lainnya. Secara umum, metabolisme terdiri atas 2 proses yaitu anabolisme (reaksi penyusunan) dan katabolisme (reaksi pemecahan) seperti pada Gambar berikut



Gambar 5. Kerja Enzim (Daniel Koshland)

Tumbuhan menghasilkan metabolit sekunder yang berfungsi untuk melindungi tumbuhan tersebut dari serangan bakteri, jamur, serangga dan jenis pathogen lainnya serta tumbuhan mampu menghasilkan vitamin untuk kepentingan tumbuhan itu sendiri serta hormone-hormon yang merupakan sarana bagi tumbuhan untuk berkomunikasi antara organnya atau jaringannya dalam mengendalikan dan mengkoordinasi pertumbuhan dan perkembangannya.



Gambar 6. Metabolisme Pada Tumbuhan, Sumber.Campbell 2006





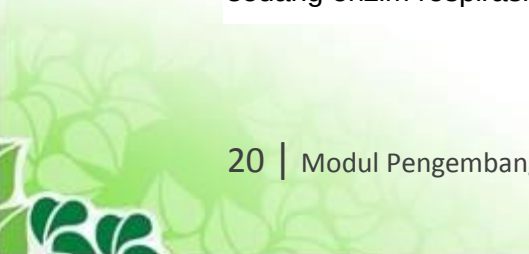
Dalam tumbuhan pun terdapat proses metabolisme tumbuhan yang terdiri dari anabolisme (pembentukan senyawa yang lebih besar dari molekul-molekul yang lebih kecil, molekul ini terdiri dari pati, selulose, protein, lemak dan asam lemak. Proses ini membutuhkan energi). Sedangkan katabolisme merupakan senyawa dengan molekul yang besar membentuk senyawa-senyawa dengan molekul yang lebih kecil dan menghasilkan energi. Sel dalam tubuh tumbuhan mampu mengatur lintasan-lintasan metabolik yang dikendalikannya agar terjadi dan dapat mengatur kecepatan reaksi tersebut dengan cara memproduksi suatu katalisator dalam jumlah yang sesuai dan tepat pada saat dibutuhkan.

Setiap enzim terbentuk dari molekul protein sebagai komponen utama penyusunnya dan beberapa enzim hanya terbentuk dari molekul protein dengan tanpa adanya penambahan komponen lain. Protein lainnya seperti Sitokrom yang membawa elektron pada fotosintesis dan respirasi tidak pula dapat digolongkan sebagai enzim. Selain itu, protein yang terdapat dalam biji juga lebih berperan sebagai bahan cadangan untuk digunakan dalam proses perkecambahan biji. Protein hanya terbentuk dari satu ikatan polipeptida yang menggumpal membentuk suatu struktur yang bulat atau sferikal, contohnya ribonuklease. Setiap rantai polipeptida atau molekul protein secara spontan akan membentuk konfigurasi dengan energi bebas terendah.

Dalam sitisol sel, asam amino lebih bersifat hidrofobik yang akan menggumpal pada bagian dalam, sedang pada permukaan molekul protein atau enzim asam amino bersifat hidrofilik.

Beberapa vitamin yang disintesis oleh tumbuhan membentuk bagian koenzim dan gugus prostetik yang diperlukan oleh enzim pada tumbuhan dan hewan. Hal ini menjelaskan pentingnya vitamin bagi kehidupan. Beberapa mineral juga berfungsi sebagai pengaktif enzim. Contoh : ion Mg.

Enzim – enzim yang berperan untuk fotosintesis terdapat pada kloroplas. Enzim yang berperan penting dalam respirasi aerobik terdapat pada mitokondria, sedang enzim respirasi lainnya terdapat dalam sitosol.





D. Aktivitas Pembelajaran

1. Disampaikan tanya jawab tentang susunan enzim, ciri- ciri enzim, cara kerja enzim, penamaan dan penggolongan enzim, dan peranan enzim dalam metabolisme, peserta diklat mengamati slide, gambar tentang susunan enzim, ciri-ciri enzim, cara kerja enzim, penamaan dan penggolongan enzim, dan peranan enzim dalam metabolisme,
2. Kemudian dilakukan tanya jawab tentang susunan enzim, ciri-ciri enzim, cara kerja enzim, penamaan dan penggolongan enzim, dan peranan enzim dalam metabolisme,
3. Peserta diklat diminta mengamati daging sapi yang di campur dengan getah pepaya/nanas dan membandingkan dengan kontrol daging yang tanpa diberi getah pepaya tentang teksturnya, warnanya, keadaannya, kekerasanya, kekenyalannya.
4. Peserta diklat diminta mencatat atau mamotret/ menggambar susunan enzim, ciri-ciri enzim, cara kerja enzim, penamaan dan penggolongan enzim, dan peranan enzim dalam metabolisme ,
5. Selanjutnya fasilitator meminta peserta diklat melakukan praktik mengidentifikasi susunan enzim, ciri-ciri enzim, cara kerja enzim, penamaan dan penggolongan enzim, dan peranan enzim dalam metabolisme ,
6. peserta diklat melakukan praktikum, mengidentifikasi susunan enzim, ciri-ciri enzim, cara kerja enzim, penamaan dan penggolongan enzim, dan peranan enzim dalam metabolisme, dengan LK sebagai berikut :

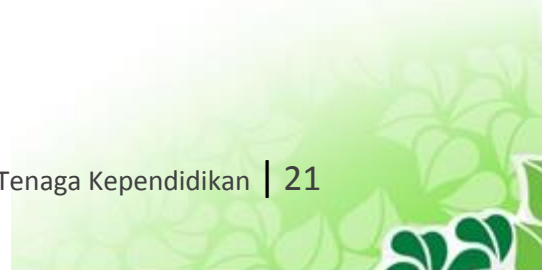
Lembar Kerja 1

Judul : Mengidentifikasi Jenis enzim

Tujuan : Setelah melakukan kegiatan ini peserta mampu mengidentifikasi jenis enzim

Alat/ Bahan :

- Daging sapi
- Pisau
- Buah pepaya yang masih mentah/daun pepaya atau nanas
- Enzim papain atau bromelin





Gambar 7. Enzim Papain



Gambar 8. Enzim Bromelin

Cara Kerja:

- Buat kelompok praktik, masing-masing kelompok melakukan sbb:
 - Potong- potonglah Daging sapi tersebut
 - Siapkan buah pepaya/ daun pepaya
 - Tutuplah daging dengan daun pepaya atau getah pepaya
 - Sebagian daging ditaburi enzim papain/bromelin bubuk
 - Diamkan selama 1, 2,3,4 atau maximal 8 jam
 - Amati dan catat perubahan- perubahan yang terjadi pada daging
 - Uji perubahan warna daging, aroma, tekstur dan uji organoleptiknya
 - Diskusikan dalam kelompok hasil praktiknya
 - Buatlah laporan dan pada campuran yang didiamkan selama berapa jam yang paling baik dan zat apa yang terdapat dalam daun pepaya tersebut dan mengapa bisa merubah tekstur daging tersebut .
7. Selanjutnya peserta diklat diminta mengkomunikasikan/mempresentasikan hasil praktikum tentang mengidentifikasi mengidentifikasi susunan enzim, ciri-ciri enzim, cara kerja enzim, penamaan dan penggolongan enzim, dan peranan enzim dalam metabolisme,
8. Selanjutnya disampaikan tanya jawab tentang mengidentifikasi mengidentifikasi susunan enzim, ciri-ciri enzim, cara kerja enzim, penamaan dan penggolongan enzim, dan peranan enzim dalam metabolisme,



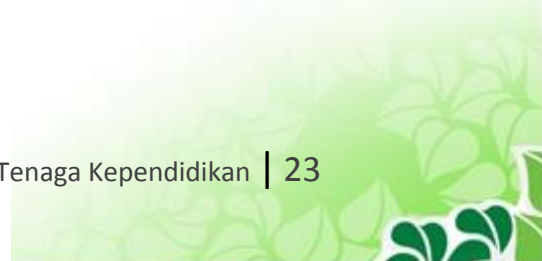
9. Peserta diklat diminta untuk menyimpulkan tentang mengidentifikasi mengidentifikasi susunan enzim, ciri-ciri enzim, cara kerja enzim, penamaan dan penggolongan enzim, dan peranan enzim dalam metabolisme,
10. Peserta diklat menyimpulkan tentang mengidentifikasi mengidentifikasi susunan enzim, ciri-ciri enzim, cara kerja enzim, penamaan dan penggolongan enzim, dan peranan enzim dalam metabolisme,
11. Peserta diklat diminta membuat refleksi dari materi yang telah dipelajari , tentang mengidentifikasi mengidentifikasi susunan enzim, ciri-ciri enzim, cara kerja enzim, penamaan dan penggolongan enzim, dan peranan enzim dalam metabolisme , dan menyampaikan materi yang belum jelas
12. Selanjutnya sebelum mengakhiri pertemuan , diberikan tugas dan latihan / tes kepada peserta diklat
13. Peserta diklat melaksanakan tugas dan tes

Lembar kerja 2

- a. Peserta dibagi menjadi beberapa kelompok
Kedelai utuh mengandung zat anti tripsin, yang akan menghambat enzim tripsin menyerap asam amino tripsin. Sehingga untuk menghilangkan antitripsin harus diolah melalui pemanasan
- b. Sangrai kedelai utuh dengan wajan dan kompor gas
- c. Giling kedelai utuh dan kedelai sangrai, amati hasil penggilingan dan bandingkan hasilnya
- d. Diskusikan mengapa perlu lamp penerangan tambahan?
- e. Buat laporan kelompok
- f. Presentasikan hasil praktik

Lembar kerja 3. Studi Kasus

Laimbah sapi banyak mengandung pospor, sehingga mencemari lingkungan. Pemberian phitase dapat mereduksi polusi phopor tersebut. Diskusikan dalam kelompok, bagaimana cara kerja ensim phitase.





E. Latihan/Kasus/Tugas

Latihan 1.

Setelah anda mempelajari materi Enzim dan peranannya dalam metabolisme , selanjutnya jawablah pertanyaan berikut ini !

1. Bagian enzim yang bukan berupa protein dan bersifat aktif disebut....
 - a. Apoenzim
 - b. Koenzim
 - c. Zimogen
 - d. Gugus protein
 - e. Holoenzim
2. Pada dasarnya , enzim adalah suatu senyawa
 - a. Karbohidrat
 - b. Protein
 - c. Lemak
 - d. Mineral
 - e. Vitamin
3. Enzim di bawah ini dapat melakukan pemecahan protein, yaitu....
 - a. Amilase
 - b. Sukrase
 - c. Tripsin
 - d. Tripsinogen
 - e. Lipase
4. Pernyataan di bawah ini yang bukan sifat enzim adalah....
 - a. Bekerja reversible
 - b. Mengubah substrat khusus
 - c. Sangat aktif bekerja pada suhu tinggi
 - d. Tahan suhu rendah
 - e. Jika enzim berbeda, hasil akhirnya juga berbeda





5. Enzim yang belum aktif atau tidak aktif disebut....

- a. Fermen
- b. Apoenzim
- c. Koenzim
- d. Biokatalisator
- e. Zimogen

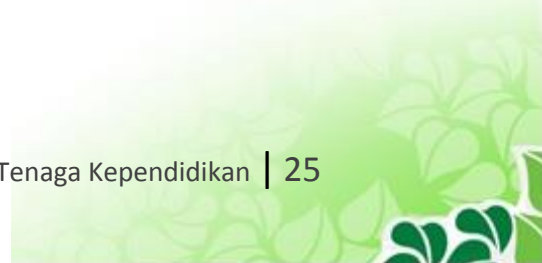
F. Rangkuman

Reaksi-reaksi yang berlangsung di dalam tubuh makhluk hidup bekerja secara optimal pada suhu 30°C (suhu ruang), misalnya pada suhu tubuh tumbuhan. Sedangkan di dalam tubuh hewan homeotermis berlangsung pada suhu 37°C. Pada suhu tersebut proses oksidasi akan berjalan lambat. Agar reaksi-reaksi berjalan lebih cepat diperlukan katalisator.

Katalisator adalah zat yang dapat mempercepat reaksi tetapi zat tersebut tidak ikut bereaksi. Dalam sel makhluk hidup, reaksi-reaksi kimia dapat berlangsung dengan cepat karena adanya katalisator hidup atau biokatalisator, yaitu : enzim. Enzim merupakan pengatur suatu reaksi. Berikut ini adalah contoh reaksi yang diatur oleh enzim. Contohnya: Enzim maltase.

Bahan tempat enzim bekerja disebut substrat. Dalam contoh reaksi di atas substratnya adalah maltosa. Bahan baru atau materi yang dibentuk sebagai hasil reaksi disebut produk. Dalam contoh reaksi di atas hanya ada 1 produk yaitu glukosa. Enzim yang mengkatalisis adalah maltase.

Reaksi tersebut dapat berlangsung ke arah sebaliknya. Dengan kata lain reaksinya dua arah (*reversible*), maltosa dapat berubah menjadi glukosa dan glukosa dapat berubah menjadi maltosa. Enzim yang bekerja di kedua reaksi adalah maltase. Jika terdapat maltosa lebih banyak daripada glukosa, reaksi berlangsung dari kiri ke kanan. Sebaliknya, jika glukosa terdapat lebih banyak daripada maltosa, maka reaksi berlangsung dari kanan ke kiri.



Secara kimia, enzim yang lengkap (holoenzim) tersusun atas duabagian, yaitu bagian protein dan bagian yang bukan protein. Bagianprotein disebut apoenzim, bersifat labil (mudah berubah), misalnyaterpengaruh oleh suhu dan keasaman. Bagian yang bukan proteindisebut gugus prostetik (aktif), terdiri atas kofaktor atau koenzim. Kofaktor berasal dari molekul anorganik, yaitu logam, misalnya besi, tembaga, dan seng. Sedangkan koenzim merupakan gugus prostetik terdiri atas senyawa organik kompleks, misalnya NADH, FADH, koenzim A,dan vit B.

Enzim merupakan suatu protein yang bekerja secara khusus,dapat digunakan berulangkali, rusak oleh panas tinggi, terpengaruholeh pH, diperlukan dalam jumlah sedikit, dan dapat bekerja secarabolak-balik.

Enzim diberi nama sesuai dengan substratnya, diberikan akhiranase.

- a. Enzim selulase, adalah enzim yang dapat menguraikan selulosa.
- b. Enzim-lipase ,menguraikan lipid atau lemak.
- c. Enzim-protease,menguraikanprotein.
- d. Enzim-karbohidrase,menguraikankarbohidrat.

Karbohidrase merupakan suatu kelompok enzim. Termasuk didalamnya *amilase*, menguraikan amilum menjadi maltosa dan*maltase*, menguraikan maltosa menjadi glukosa.

Cara Kerja enzim, Molekul selalu bergerak dan bertumbukan satu sama lain. Jikasuat molekul substrat menumbuk molekul enzim yang tepat, maka akan menempel pada enzim.Tempat menempelnya molekul substratpada enzim disebut sisi aktif. Kemudian terjadi reaksi dan terbentukmolekul produk.

Ada 2 teori mengenai kerja enzim, yaitu:

- a. Teori gembok anak kunci (*key-lock*)Sisi aktif enzim mempunyai bentuk tertentu yang hanya sesuaiuntuk satu jenis substrat saja Substrat sesuaidengan sisi aktif seperti gembok kunci dengan anak kuncinya.
- b. Teori cocok terinduksi (*induced fit*).Sisi aktif enzim lebih fleksibel dalam menyesuaikan struktursubstrat. Ikatan antara enzim dan substrat dapat berubah menyesuaikan dengan substrat



G. Umpan Balik dan Tindak Lanjut

Setelah mempelajari materi ini , dan mengerjakan tugas dan latihan , apakah anda telah menguasai materi ini, untuk selanjutnya isilah kolom tabel berikut dengan tanda centang (v) sesuai dengan keadaan sebenarnya !

No	Kemampuan Yang Di harapkan	Ya	Tidak
1	Dapat menjelaskan pengertian enzim		
2	Dapat mengidentifikasi ciri- ciri dan sifat enzim		
3	Dapat memahami menggolongkan dan tata nama enzim		
4	Dapat menjelaskan prinsip kerja enzim		
5	Dapat mengidentifikasi peranan enzim dalam kehidupan		

Apabila anda menjawab pada kolom Ya secara keseluruhan, maka lanjutkan mempelajari modul / pembelajaran berikutnya, tetapi apabila anda menjawab ada sebagian kolom tidak, maka silahkan anda mempelajari kembali materi yang pada kolom tidak tersebut.





H. Evaluasi

Evaluasi akan dilakukan terhadap sikap, pengetahuan dan ketrampilan. Penilaian sikap dan ketrampilan akan dilakukan melalui pengamatan selama kegiatan diklat.

Evaluasi pengetahuan akan dilakukan secara online dengan soal UKG (uji kompetensi Guru).





Kegiatan Pembelajaran ke 2. Anabolisme

A. Tujuan

Setelah menyelesaikan kegiatan ini :

1. Peserta diklat mampu mengidentifikasi Anabolisme pada tumbuhan dan hewan dengan benar

B. Indikator Pencapaian Kompetensi

1. Peserta diklat mampu mengidentifikasi Fotosintesis pada tumbuhan dengan benar
2. Peserta diklat mampu mengidentifikasi kemosintesis dengan benar
3. Peserta diklat mampu mengidentifikasi faktor- faktor yang mempengaruhi fotosintesis
4. Peserta diklat mampu menggunakan fotosintesis di dunia pertanian.

C. Uraian Materi

1. Anabolisme

Anabolisme adalah lintasan metabolisme yang menyusun beberapa senyawa organik sederhana menjadi senyawa kimia atau molekul kompleks. Proses ini membutuhkan energi dari luar. Energi yang digunakan dalam reaksi ini dapat berupa energi cahaya ataupun energi kimia. Energi tersebut, selanjutnya digunakan untuk mengikat senyawa-senyawa sederhana tersebut menjadi senyawa yang lebih kompleks. Jadi, dalam proses ini energi yang diperlukan tersebut tidak hilang, tetapi tersimpan dalam bentuk ikatan-ikatan kimia pada senyawa kompleks yang terbentuk.

Anabolisme meliputi tiga tahapan dasar.

- a. Pertama, produksi prekursor seperti asam amino, monosakarida, dan nukleotida.





- b. Kedua, adalah aktivasi senyawa-senyawa tersebut menjadi bentuk reaktif menggunakan energi dari ATP.
- c. Ketiga, penggabungan prekursor tersebut menjadi molekul kompleks, seperti protein, polisakarida, lemak, dan asam nukleat.

Hasil-hasil anabolisme berguna dalam fungsi yang esensial. Hasil-hasil tersebut misalnya glikogen dan protein sebagai bahan bakar dalam tubuh, asam nukleat untuk pengkopian informasi genetik. Protein, lipid, dan karbohidrat menyusun struktur tubuh makhluk hidup, baik intraselular maupun ekstraselular. Bila sintesis bahan-bahan ini lebih cepat dari perombakannya, makroorganisme akan tumbuh.

Reaksi yang termasuk dalam reaksi anabolisme yaitu fotosintesis dan kemosintesis. Fotosintesis ialah reaksi anabolisme yang menggunakan energi cahaya. Sedangkan kemosintesis ialah reaksi anabolisme yang menggunakan energi kimia. Berikut akan di jelaskan lebih lanjut mengenai salah satu reaksi anabolisme yaitu fotosintesis.

2. Fotosintesis

Fotosintesis merupakan suatu proses dimana terjadi proses pengolahan energi yang diperoleh dari sinar matahari, air (H_2O) dan juga karbon dioksida (CO_2) menjadi senyawa kimia organik (Gula). Proses fotosintesis dilakukan oleh tumbuhan tingkat tinggi, tumbuhan pakis, lumut, ganggang (ganggang hijau, biru, merah dan cokelat).

Energi matahari yang di tangkap oleh proses fotosintesis merupakan lebih dari 90% sumber energi yang di pakai oleh manusia untuk pemanasan, cahaya, dan tenaga. Batu bara, gas bumi, dan minyak bumi adalah sumber energi yang berasal dari hasil perombakan bahan alam hayati oleh adanya jasad berfotosintesis dalam waktu jutaan tahun yang silam. **(Wirahadikusumah, M. 1985).**





Hingga sekarang fotosintesis masih terus dipelajari karena masih ada sejumlah tahap yang belum bisa dijelaskan, meskipun sudah sangat banyak yang diketahui tentang proses vital ini. Proses fotosintesis sangat kompleks karena melibatkan semua cabang ilmu pengetahuan alam utama, seperti fisika, kimia, maupun biologi sendiri.

Pada tumbuhan, organ utama tempat berlangsungnya fotosintesis adalah daun. Namun secara umum, semua sel yang memiliki kloroplas berpotensi untuk melangsungkan reaksi ini. Di organel inilah tempat berlangsungnya fotosintesis, tepatnya pada bagian stroma. Hasil fotosintesis (disebut *fotosintat*) biasanya dikirim ke jaringan-jaringan terdekat terlebih dahulu. Pada dasarnya, rangkaian reaksi fotosintesis dapat dibagi menjadi dua bagian utama: **reaksi terang** (karena memerlukan cahaya) dan **reaksi gelap** (tidak memerlukan cahaya tetapi memerlukan karbon dioksida).

Reaksi terang terjadi pada grana (tunggal: granum), sedangkan reaksi gelap terjadi di dalam stroma. Dalam reaksi terang, terjadi konversi energi cahaya menjadi energi kimia dan menghasilkan oksigen (O_2). Sedangkan dalam reaksi gelap terjadi seri reaksi siklik yang membentuk gula dari bahan dasar CO_2 dan energi (ATP dan NADPH). Energi yang digunakan dalam reaksi gelap ini diperoleh dari reaksi terang. Pada proses reaksi gelap tidak dibutuhkan cahaya matahari. Reaksi gelap bertujuan untuk mengubah senyawa yang mengandung atom karbon menjadi molekul gula. Dari semua radiasi matahari yang dipancarkan, hanya panjang gelombang tertentu yang dimanfaatkan tumbuhan untuk proses fotosintesis, yaitu panjang gelombang yang berada pada kisaran cahaya tampak (380-700 nm). Cahaya tampak terbagi atas cahaya merah (610 - 700 nm), hijau kuning (510 - 600 nm), biru (410 - 500 nm) dan violet (< 400 nm).

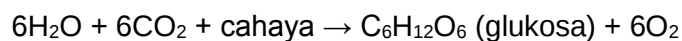
Masing-masing jenis cahaya berbeda pengaruhnya terhadap fotosintesis. Hal ini terkait pada sifat pigmen penangkap cahaya yang bekerja dalam fotosintesis. Pigmen yang terdapat pada membran grana menyerap cahaya yang memiliki panjang gelombang tertentu. Pigmen yang berbeda menyerap cahaya pada panjang gelombang yang berbeda. Kloroplas mengandung beberapa pigmen.





Sebagai contoh, klorofil a terutama menyerap cahaya biru-violet dan merah. Klorofil b menyerap cahaya biru dan oranye dan memantulkan cahaya kuning-hijau. Klorofil a berperan langsung dalam reaksi terang, sedangkan klorofil b tidak secara langsung berperan dalam reaksi terang. Proses absorpsi energi cahaya menyebabkan lepasnya elektron berenergi tinggi dari klorofil a yang selanjutnya akan disalurkan dan ditangkap oleh akseptor elektron. Proses ini merupakan awal dari rangkaian panjang reaksi fotosintesis.

Berikut rumus umum atau persamaan umum dari proses fotosintesis :



Tumbuhan menggunakan karbon dioksida dan air untuk menghasilkan gula dan oksigen yang diperlukan sebagai makanannya. Energi untuk menjalankan proses ini berasal dari fotosintesis. Selain itu, cahaya matahari juga punya peran penting dalam proses fotosintesis.

Tumbuhan menangkap cahaya menggunakan pigmen yang disebut klorofil. Pigmen inilah yang memberi warna hijau pada tumbuhan. Klorofil terdapat dalam organel yang disebut kloroplas. klorofil menyerap cahaya yang akan digunakan dalam fotosintesis. Meskipun seluruh bagian tubuh tumbuhan yang berwarna hijau mengandung kloroplas, namun sebagian besar energi dihasilkan di daun. Di dalam daun terdapat lapisan sel yang disebut mesofil yang mengandung setengah juta kloroplas setiap milimeter perseginya. Cahaya akan melewati lapisan epidermis tanpa warna dan yang transparan, menuju mesofil, tempat terjadinya sebagian besar proses fotosintesis. Permukaan daun biasanya dilapisi oleh kutikula dari lilin yang bersifat anti air untuk mencegah terjadinya penyerapan sinar matahari ataupun penguapan air yang berlebihan.

Proses fotosintesis berlangsung pada organel tumbuhan yaitu kloroplas. Kloroplas terdapat pada semua bagian tumbuhan yang berwarna hijau, termasuk batang dan buah yang belum matang. Di dalam kloroplas terdapat pigmen klorofil yang berperan dalam proses fotosintesis. Kloroplas mempunyai bentuk seperti cakram dengan ruang yang disebut stroma.





Stroma ini dibungkus oleh dua lapisan membran. Membran stroma ini disebut tilakoid, yang didalamnya terdapat ruang-ruang antar membran yang disebut lokuli.

Di dalam stroma juga terdapat lamela-lamela yang bertumpuk-tumpuk membentuk grana(kumpulan granum). Granum sendiri terdiri atas membran tilakoid yang merupakan tempat terjadinya reaksi terang dan ruang tilakoid yang merupakan ruang di antara membran tilakoid. Bila sebuah granum disayat maka akan dijumpai beberapa komponen seperti protein, klorofil a, klorofil b, karetonoid, dan lipid. Secara keseluruhan, stroma berisi protein, enzim, DNA, RNA, gula fosfat, ribosom, vitamin-vitamin, dan juga ion-ion logam seperti mangan (Mn), besi (Fe), maupun perak (Cu). Pigmen fotosintetik terdapat pada membranalakoid. Sedangkan, pengubahan energi cahaya menjadi energi kimia berlangsung dalam tilakoid dengan produk akhir berupa glukosa yang dibentuk di dalam stroma. Klorofil sendiri sebenarnya hanya merupakan sebagian dari perangkat dalam fotosintesis yang dikenal sebagai fotosistem.

a. Reaksi Terang (Fotolisis Air)

Fotosintesis adalah peristiwa penyusunan zat organik (gula) dari zat anorganik (air, karbon dioksida) dengan pertolongan energi cahaya. Fotosintesis dilakukan oleh tumbuhan dan makhluk hidup yang mempunyai klorofil. Komponen-komponen yang diperlukan dalam fotosintesis adalah: CO_2 , H_2O , cahaya dan klorofil. Karbon dioksida diambil dari udara, H_2O diambil dari tanah. Peranan klorofil dalam fotosintesis adalah untuk menyerap cahaya dan sumber elektron. Cahaya yang paling efektif digunakan untuk mendapatkan hasil fotosintesis yang maksimum adalah cahaya merah dan biru. Proses pembentukan karbohidrat ini berlangsung secara bertingkat. Zat yang stabil yang mula-mula terbentuk adalah gula sederhana. Kelebihan molekul-molekul gula sederhana akan disimpan dalam bentuk zat tepung (pati). melalui proses biosintesis dengan melepaskan nH_2O . Untuk pembentukan 1 gram gula ternyata sama dengan jumlah energi yang diperlukan dalam pembakaran 1 gram gula yaitu 675 kilo kalori. Inilah jumlah energi yang diperlukan dalam fotosintesis.

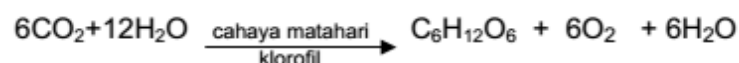


Menurut percobaan setiap 1 m² luas daun/jam dapat menyerap ±200 kilo kalori, sementara di dalam daun dapat terbentuk 1-2 gram gula. Jadi dapat dihitung bahwa energi yang jatuh pada daun hanya 2% yang digunakan untuk fotosintesis. Hasil lain fotosintesis, O² dibebaskan ke udara dan ini berasal dari H₂O. Ini dapat diketahui berdasarkan uji menggunakan isotop oksigen yang dilakukan oleh Ruben dan Van Niel. Bagian tubuh tumbuhan yang melakukan asimilasi C (karbon) adalah bagian yang mengandung zat hijau daun.



Gambar 9. Proses Fotosintesis Pada Tumbuhan, Sumber: Campbell 2006

Secara singkat, persamaan reaksi fotosintesis yang terjadi di alam dituliskan sebagai berikut:



Percobaan-tentang-Fotosintesis

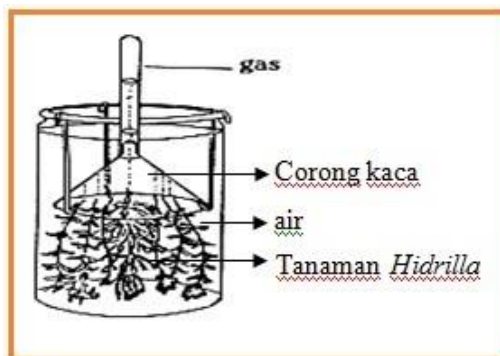
Fotosintesis merupakan suatu proses yang penting bagi kehidupan makhluk hidup di bumi. Dengan fotosintesis, tumbuhan menyediakan makanan bagi makhluk hidup lain baik secara langsung maupun tidak langsung. Banyak ilmuwan yang melakukan penelitian tentang fotosintesis, diantaranya adalah:

1) Ingenhousz

Orang yang pertama kali menemukan fotosintesis adalah Jan Ingenhousz (1730-1799). Beliau memasukkan tumbuhan air *Hydrilaverticillata* ke dalam bejana yang diisi air. Bejana gelas itu ditutup dengan corong terbalik dan di atasnya diberi tabung reaksi yang berisi air hingga penuh. Bejana itu diletakkan di terik matahari. Tak lama kemudian muncul gelembung udara dari tumbuhan air.



Setelah diuji, ternyata gelembung tersebut adalah oksigen. Ingenhousz menyimpulkan bahwa fotosintesis menghasilkan oksigen.



Gambar 10. Fotosintesis Menghasilkan Oksigen ,Sumber.Campbell 2006

2) TW-Engelman

Pada tahun 1822, T W Engelmann melakukan percobaan menggunakan ganggang *Spyrogyra*. Ganggang ini mempunyai kloroplas seperti spiral. Hanya kloroplas yang terkena cahaya yang mengeluarkan oksigen. Kloroplas yang tidak terkena cahaya tidak mengeluarkan oksigen. Hal ini dibuktikan dengan banyaknya bakteri suka oksigen yang berkerumun di bagian kloroplas yang terkena cahaya. Kesimpulan akhirnya adalah:

- a. Fotosintesis dilakukan oleh kloroplas
- b. Kloroplas hanya berfotosintesis jika terkena cahaya

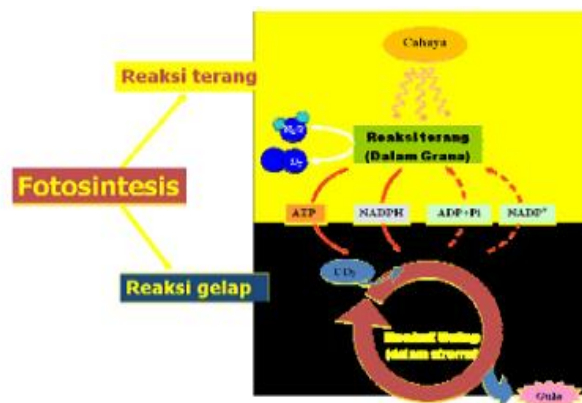
3) Sachs

Pada tahun 1860, Sachs membuktikan bahwa proses fotosintesis menghasilkan amilum. Daun yang sebagian dibungkus kertas timah (kertas bungkus rokok) dipetik di sore hari, setelah terkena matahari sejak pagi hari, daun tersebut direbus untuk mematikan sel-selnya. Selanjutnya daun tersebut dimasukkan ke dalam alkohol, agar klorofilnya larut sehingga daun tersebut menjadi pucat. Saat daun itu ditetesi dengan iodine, bagian yang tertutup oleh kertas timah tetap pucat, sedangkan bagian daun yang tidak tertutup warnanya menjadi biru kehitaman. Warna biru kehitaman menandakan bahwa di bagian daun tersebut terdapat amilum.



4) Hill dan FF Blackman

Hill pada tahun 1937 berhasil membuktikan bahwa energi sinar yang diterima digunakan untuk memecah molekul air menjadi H^+ dan O_2 . Peristiwa ini dikenal sebagai *fotolisis* yang merupakan tahap awal dari fotosintesis. Fotolisis berlangsung dengan bantuan cahaya matahari sehingga disebut reaksi terang. Pada reaksi terang, molekul air (H_2O) terurai menjadi molekul oksigen (O_2), proton (H^+) dan elektron. Elektron tersebut akan mengalami transport elektron melalui reaksi redoks. Pada akhir transport elektron elektron tersebut bersama dengan H^+ akan ditangkap oleh $NADP^+$ sehingga terbentuk NADPH. Selain NADPH, reaksi terang juga menghasilkan ATP. Persamaan reaksi terang adalah sebagai berikut:



Gambar 11. Fotosintesis , Reaksi Terang Dan Reaksi Gelap,
Sumber.Campbell 2006

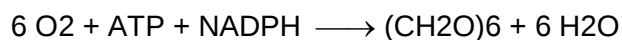
Reaksi terang terjadi pada membran tilakoid di grana. Grana berupa tumpukan tilakoid, terdapat di dalam kloroplas,. Tilakoid adalah membran pipih berbentuk cakram yang membrannya mengandung klorofil, pigmen fotosntesis.

b. Reaksi Gelap (Fiksasi CO_2)

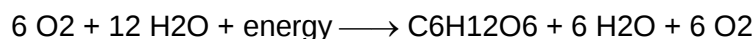
Blackman mengemukakan adanya *reaksi gelap yang terjadi distroma*, merupakan matriks kloroplas tak berwarna yang mengandung grana. Reaksi gelap tidak memerlukan cahaya. Dalam reaksi gelap, ATP dan NADPH yang terbentuk pada reaksi terang digunakan untuk pembentukan glukosa dari karbon dioksida.



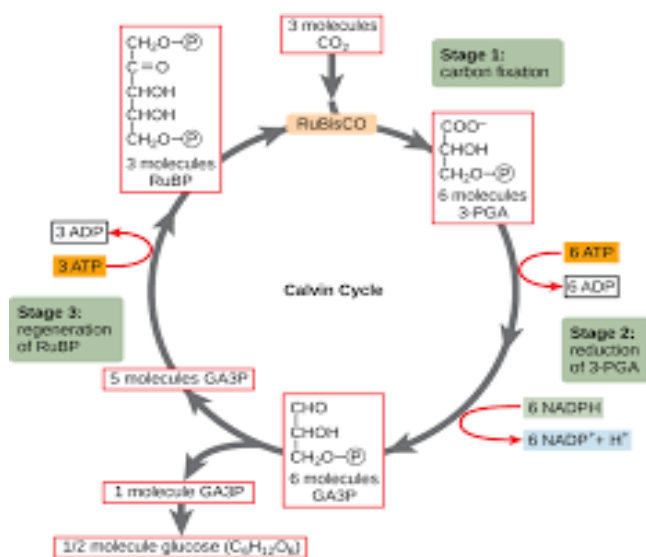
Persamaan reaksinya adalah sebagai berikut:



Jika reaksi terang dan reaksi gelap tersebut digabungkan akan menghasilkan persamaan reaksi sebagai berikut:



Jadi, reaksi gelap hanya berlangsung jika tersedia energi kimia (ATP dan NADPH) serta proton (H^+) yang dihasilkan oleh reaksi terang. Tanpa didahului reaksi terang, reaksi gelap tidak akan berlangsung. Proses pembentukan karbohidrat terutama glukosa dilakukan melalui beberapa langkah. Di dalam stroma terdapat senyawa ribulosa bifosfat, suatu senyawa dengan 5 atom C. ribulosa bifosfat mengikat CO_2 sehingga terbentuk senyawa 6C, tetapi tidak stabil sehingga terpecah menjadi 2 molekul masing-masing dengan 3 atom (asam fosfoglisarat). Asam fosfoglisarat diubah menjadi gliseraldehid. Gliseraldehid mengikat fosfat membentuk gliseraldehid 3 fosfat, yang kemudian diubah menjadi dihidroksi aseton fosfat. Senyawa ini berikatan dengan gliseraldehid 3 fosfat membentuk fruktosa 1.6 difosfat, kemudian akhirnya akan membentuk glukosa. Sebagian darigula triosa fosfat diubah kembali menjadi ribulosedifosfat sehingga membentuk daur yang dinamakan daur Calvin (untuk menghargai penemunya, yaitu Melvin Calvin)



Gambar 12. Daur Calvin., sumber.Campbell 2006



Aplikasi : ada tanaman yang memerlukan banyak cahaya dan ada yang memerlukan cahaya lebih sedikit. Pohon yang memerlukan cahaya banyak contohnya : kelapa, kelapa sawit dll, sedang tanaman yang memerlukan cahaya sedikit contohnya: anggrek, paku-pakuan, anterium (kuping gajah), aglonema dll. Tanaman ini hanya memerlukan cahaya 60% dari cahaya matahari, sehingga budidayanya diberikan cahaya sedikit dengan memberi shading (penahan cahaya) sesuai yang dibutuhkan. Contoh tanaman anggrek yang memerlukan cahaya sedang: Cattleya, Phalaenopsis dan Paphiopedium



Gambar 13. Shading house

Contoh tanaman anggrek yang kelebihan atau kekurangan cahaya sbb:

1) Ciri-ciri Anggrek yang Kekurangan Cahaya

Anggrek yang kurang mendapatkan suplai sinar matahari akan mengalami pertumbuhan yang tidak normal. Adapun gejala-gejala yang bisa dilihat antara lain:

- a) Pertumbuhannya menjadi lambat.
- b) Daunnya lemas, kurus, memanjang, dan berwarna hijau pekat.
- c) Bunga yang dihasilkan tidak sempurna atau bahkan tidak berbunga sama sekali.



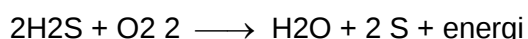
2) Ciri-ciri Anggrek yang kelebihan Cahaya

Anggrek yang menerima kelebihan cahaya juga akan sangat berpengaruh terhadap pertumbuhannya atau bahkan bisa mati. Ciri-ciri anggrek yang kelebihan cahaya adalah:

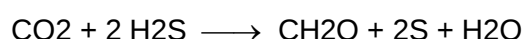
- a. Sel-sel daun rusak
- b. Daun menguning karena terbakar
- c. Anggrek menjadi terlalu cepat dewasa yang ditandai oleh berhentinya pertumbuhan sebelum mencapai ukuran normal.

3. Kemosintesis

Kemosintesis merupakan jalur metabolisme penyusunan senyawa organik dengan melibatkan energi kimia. Cahaya digunakan sebagai sumber energi untuk memecah molekul air. Elektron yang dihasilkan digunakan dalam proses transport elektron yang menghasilkan NADPH dan ATP (Adenosin Tri Phospat). Senyawa NADH (nicotinamide adenin dinukleotida fosfat hidrogen) dan ATP ini digunakan untuk sintesis gula (selanjutnya diubah menjadi amilum) yang akan digunakan sebagai cadangan makanan oleh tumbuhan. Jadi, energi cahaya diubah menjadi energi yang tersimpan dalam bentuk ikatan kimia. Sumber energi tidak hanya cahaya. Beberapa mikroorganisme ada yang dapat memperoleh energi dengan jalan mengoksidasi senyawa kimia. Misalnya bakteri belerang (*Beggiota*, *Thiotrix*), bakteri nitrit (*Nitrosomonas*), bakteri nitrat (*Nitrosobacter*), dan bakteri besi (*Cladotrix*). Bakteri belerang mengoksidasikan H_2S untuk memperoleh energi. Selanjutnya energi yang diperoleh digunakan untuk melakukan asimilasi C. Proses penyusunan bahan organik itu menggunakan energi pemecahan senyawa kimia, maka disebut **kemosintesis**. Perhatikan reaksinya:

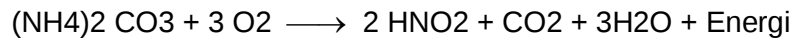


Energi yang diperoleh lebih kecil jumlahnya daripada yang dihasilkan dari cahaya. Energi tersebut digunakan untuk fiksasi CO_2 menjadi karbohidrat. Dengan demikian, reaksi selengkapannya adalah:

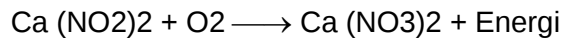


Bakteri besi memperoleh energi kimia dengan cara mengoksidasi Fe^{2+} menjadi Fe^{3+} . Bakteri *Nitrosomonas* dan *Nitrosococcus* mengoksidasi NH_4^+ untuk memperoleh energi dengan reaksi berikut ini:





Demikian pula bakteri *Nitrobacter* melakukan kemosintesis untuk menghasilkan energi dengan reaksi sebagai berikut:



Bakteri di atas dapat melakukan asimilasi C. Kemampuan ini dapat dibuktikan dengan memelihara bakteri tersebut dan memberikan zat-zat anorganik saja, ternyata bakteri tersebut dapat hidup dan berkembang. Apakah CO₂ di alam akan habis karena dipakai tumbuhan untuk asimilasi C? Tentu saja jawabannya tidak.

CO₂ yang terpakai untuk asimilasi tumbuhan dan makhluk hidup fotosintetik lainnya diganti dengan CO₂ dari pernapasan semua makhluk hidup, hasil pembakaran bahan-bahan organik, kegiatan gunung api, dan aktivitas makhluk hidup-lainnya. Proses anabolisme dan katabolisme terjadi silih berganti. Reaksi–reaksi kimia yang terjadi dalam dunia kehidupan, melibatkan lingkungan fisik di sekitarnya sehingga terjadi daur materi seperti: daur nitrogen, daur karbon dan oksigen, daur air, daur belerang dan daur fosfor.

a. Daur nitrogen

Nitrogen atau zat lemas merupakan unsur yang diperlukan oleh setiap makhluk hidup. Nitrogen tidak diperlukan dalam bentuk unsur, melainkan dalam bentuk persenyawaan. Atmosfer bumi mengandung 79% gas nitrogen. Gas ini sulit bereaksi dan karenanya tidak dapat dimanfaatkan secara langsung oleh makhluk hidup. Apa fungsi nitrogen bagi tubuh makhluk hidup? Nitrogen merupakan salah satu pembentuk asam amino. Asam amino merupakan persenyawaan pembentuk protein. Protein merupakan senyawa yang berguna sebagai penyusun tubuh, misalnya otot, daging, dan sebagai penggiat reaksi-reaksi metabolisme tubuh, misalnya enzim pencernaan untuk mencernakan makanan. Karena petir, nitrogen di atmosfer bersenyawa dengan oksigen membentuk nitrat (NO₃). Tumbuhan menyerap nitrat dari tanah untuk dijadikan protein. Ketika tumbuhan dimakan konsumen, nitrogen berpindah ke tubuh hewan.

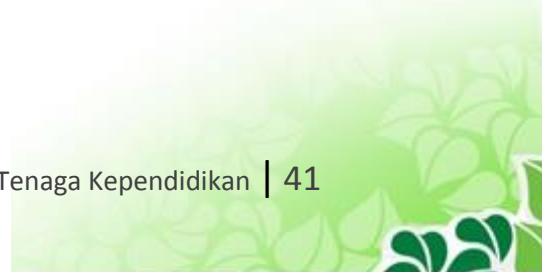


Urin, bangkai hewan, dan tumbuhan yang mati akan diuraikan oleh makhluk hidup pengurai menjadi amonium dan amoniak. Bakteri nitrit *Nitrosomonas* mengubah amonium menjadi nitrit. Selanjutnya bakteri nitrat *Nitrosobacter* akan mengubah nitrit menjadi nitrat. Peristiwa pengubahan amonium menjadi nitrit dan nitrat disebut sebagai **nitrifikasi**. Nitrat akan diserap lagi oleh tumbuhan.

Ada pula bakteri yang mampu mengubah nitrat atau nitrit menjadi nitrogen bebas di udara. Proses ini disebut sebagai *denitrifikasi*. Pada umumnya makhluk hidup tidak mampu memanfaatkan nitrogen secara langsung dari udara. Akan tetapi ada pula yang dapat memanfaatkannya. Contohnya bakteri *Rhizobium* yang bersimbiosis dengan kacang-kacangan (kelompok Leguminosae) membentuk bintil akar dan mampu mengikat nitrogen dari udara. Bakteri tersebut sangat menguntungkan para petani, karena dapat menyediakan nitrogen bagi tumbuhan inangnya dan juga dapat menyuburkan tanah. Tanah yang kekurangan bakteri *Rhizobium* dapat ditaburi dengan **legin**, yaitu biakan bakteri pengikat nitrogen yang saat ini sudah banyak dijual belikan. Jika tanah tersebut pernah ditanami tanaman kacang-kacangan berarti tanah tersebut sudah mengandung *Rhizobium*. Bila menanam kedelai, tidak perlu memupuk (ZA, urea) dalam jumlah banyak, karena sebagian dari N tersebut akan dipenuhi oleh *Rhizobium* yang ada dalam bintil akar.

1) Legin

Legin adalah Inokulum *Rhizobium* yang mengandung bakteri *Rhizobium* untuk inokulasi (menulari) tanaman legum. Legin singkatan dari Legume Inoculant (Legume Inoculum). Bakteri *Rhizobium* adalah bakteri yang dapat bersimbiosis dengan tanaman legum, membentuk bintil akar, dan menambat nitrogen dari udara sehingga mampu mencukupi kebutuhan nitrogen tanaman sekurang-kurangnya sebesar 75 %.



Tersedia 6 (enam) macam Legin yaitu :

- a) Legin Kacang Tanah (*Arachis hypogaea*)
- b) Legin LCC (Legume Cover Crops, Legum Penutup Tanah) untuk *Calopogonium caeruleum* (CC), *Calopogonium mucunoides* (CM), *Centrosema pubescens* (CP), *Pueraria javanica* (PJ), dan *Flemingia congesta* (FC).
- c) Legin Korobenguk (*Mucuna pruriens*)
- d) Legin Lamtoro Gung (*Leucaena leucocephala*)
- e) Legin Kacang Hijau (*Phaseolus radiatus*)
- f) Legin Tanaman Hutan untuk *Albizia falcataria* (AF), *Acacia mangium* (AM), dan *Acacia auriculiformis* (AA).

2) Biocon

Biocon adalah Inokulum mikrobial pemacu pertumbuhan tanaman yang mengandung kombinasi bakteri penambat nitrogen, pelarut fosfat, perombak bahan organik, dan penghasil zat tumbuh. Bakteri-bakteri tersebut antara lain, *Azotobacter* sp., *Azospirillum* sp., dan *Pseudomonas* sp.

3) Azolla

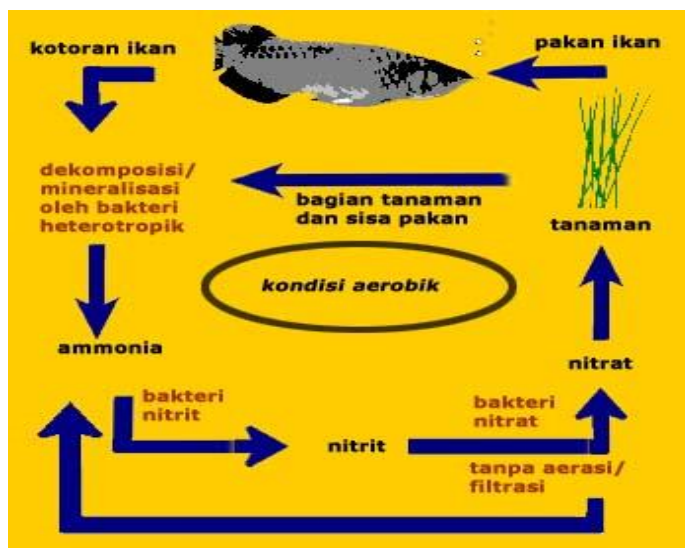
Azolla adalah tanaman air yang bersimbiosis dengan ganggang hijau biru (Cyanobacteria) yang mampu menambat nitrogen dari udara, sehingga memiliki kandungan N dan protein tinggi, dan mudah / cepat dikomposkan. Tanaman tersebut sangat baik digunakan sebagai pupuk N organik di segala jenis tanah dan tanaman.

Daur nitrogen yang terjadi pada kehidupan laut, sebagai berikut ;

Proses utama yang terlibat dalam daur nitrogen adalah nitrifikasi, reduksi nitrat, denitrifikasi, dan fiksasi nitrogen. Di laut daur nitrogen, konversi spesiasi anorganik dan organik umumnya di mediasi secara biologis (Capone, 2000), transformasi utama dari daur N di laut termasuk uptake dan penyatuan bentuk organik nitrogen menjadi organik, regenerasi dan pelepasan bentuk anorganik NH_4 dari organik, oksidasi amonium dan nitrit dalam nitrifikasi, reduksi NO_3 atau NO_2 menjadi bentuk gas N_2 dan N_2O dalam denitrifikasi, dan reduksi N_2 menjadi NH_4 .



Banyak proses fisik dan biologis mereaksikan peran nitrogen terhadap ketersediannya dan kesuburan relatif perairan (Capone, 2000). Daur nitrogen di laut sangat dekat dihubungkan dengan atmosfer. Beberapa jenis gas dari nitrogen (N_2 , N_2O , NO , NH_3) dapat berubah di atmosfer. Banyak bentuk gabungan nitrogen (NO_3 , NH_4^+ dan NO) dapat masuk ke lautan melalui deposisi atmosferik. Penambahan Fe telah ditunjukkan dalam meningkatkan NO_3 di beberapa wilayah High Nutrient low Chlorophyll (HNLC) seperti ekuatorial pasifik (Paerl dan Zehr, 2000). Bakteri sangat dominan dalam proses transformasi, banyak bakteri aerobik adalah perepirasi nitrat fakultatif dan menggantikan oksigen dengan NO_3 sebagai penerima elektron akhir ketika oksigen tidak ada atau sangat minimum. Nitro-oksida (NO) produk nitrifikasi dan denitrifikasi adalah gas rumah kaca yang kuat (Naqvi, 2001). Melalui daur nitrogen, deposisi nitrogen atmosferik akan meningkat dengan pertumbuhan populasi dan pembangunan kawasan pantai. Antisipasi perubahan fisografi daratan melalui pergeseran iklim dan pola penggunaan daratan akan mempengaruhi nitrogen, begitu juga dengan daur karbon di laut (Capone, 2000).



Gambar 14. Daur Nitrogen Di Laut, Sumber. Campbell 2006

b. Daur Karbon dan Oksigen

Unsur C (karbon) diserap tumbuhan dalam bentuk CO_2 . Tumbuhan tidak dapat menyerapnya dalam bentuk gula atau zat tepung. Sebaliknya, hewan hanya dapat memanfaatkan karbon dalam bentuk persenyawaan organik.





Unsur C dan O selalu terlibat dalam proses respirasi dan fotosintesis, yaitu dalam bentuk CO_2 dan O_2 . Oleh karena itu, membahas daur karbon pada dasarnya juga melibatkan pembahasan daur oksigen. Daur karbon ini diawali oleh penyerapan CO_2 oleh tumbuhan, dan dijadikan persenyawaan organik, seperti glukosa, melalui proses fotosintesis. Selanjutnya, glukosa disusun menjadi amilum, kemudian amilum diubah menjadi senyawa organik lainnya seperti, lemak, protein, dan vitamin. Pada proses pernafasan tumbuhan, dihasilkan lagi CO_2 . Dengan demikian, daur karbon terpendek terjadi pada tumbuhan-lingkungan-tumbuhan. Demikian pula daur oksigen.

Aplikasi :pada malam hari tidak disarankan menyimpan tanaman didalam rumah. Rumah akan banyak karbondioksida pada malam hari yang dihasilkan oleh tanaman. Sebaliknya pada siang hari akan baik menyimpan tanaman hias dalam rumah.

Hewan mendapatkan karbon setelah memakan tumbuhan baik secara langsung maupun tak langsung. Tubuh hewan dan tumbuhan yang mati diuraikan menjadi karbon dioksida, air, dan mineral oleh makhluk hidup pengurai. Karbon dioksida yang terbentuk dilepaskan ke udara. Demikian seterusnya daur karbon ini berlangsung. Daur karbon ini merupakan daur karbon terpanjang yang berlangsung melalui tumbuhan – hewan – pengurai-karbon dioksida di udara - tumbuhan. Dalam ekosistem normal, terjadi keseimbangan antara daur karbon dan oksigen. Oksigen diserap hewan dan tumbuhan untuk respirasi dan hasilnya berupa karbon dioksida akan dilepaskan keudara. Karbon dioksida ini digunakan oleh tumbuhan untuk fotosintesis.





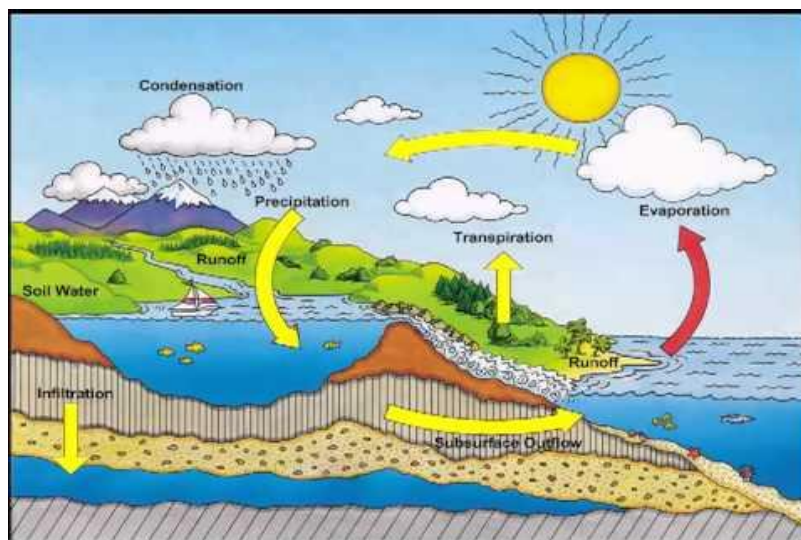
Gambar 15. Daur Karbon Dan Oksigen Sumber.Campbell 2006

c. Daur-air

Air sangat penting artinya bagi makhluk hidup karena air berfungsi sebagai pelarut kation dan anion, pengatur suhu tubuh, pengatur tekanan osmotik sel, dan bahan baku untuk fotosintesis. Bagi manusia, air bermanfaat untuk minum, mandi, mencuci, irigasi, pariwisata, dan pembangkit tenaga listrik. Di alam terjadi daur air yang dapat diuraikan sebagai berikut. Air laut, danau, dan sungai yang terkena cahaya matahari akan menguap. Tumbuhan dan hewan juga mengeluarkan uap air. Uap air akan membumbung ke atmosfer dan berkumpul membentuk awan. Karena tiupan angin, awan akan bergerak menuju ke permukaan daratan. Pengaruh suhu yang rendah mengakibatkan terjadinya kondensasi uap air menjadi titik-titik air hujan. Air hujan yang turun dipermukaan, sebagian meresap ke dalam tanah, sebagian dimanfaatkan tumbuhan dan hewan, sebagian yang lain mengalir dipermukaan tanah menjadi sungai-sungai, dan sebagian lagi menguap menjadi uap air yang akan turun kembali bersama air hujan. Air yang meresap ke dalam tanah bergerak menuju tempat-tempat yang rendah karena gravitasi bumi. Pada tempat tertentu muncul sebagai mata air yang akan mengalir sebagai sungai.



Di sungai, air dimanfaatkan lagi oleh biota sungai. Sungai yang menampung air, baik dari air tanah, air hujan, maupun kelebihan air telah dimanfaatkan manusia akhirnya mengalir menuju laut. Indonesia merupakan negara di daerah khatulistiwa memiliki daurair alami. Secara kuantitatif Indonesia seharusnya tidak kekurangan air. Akan tetapi, karena gangguan terhadap daur air alami, misalnya akibat penebangan hutan secara liar, proses peresapan air terganggu sehingga timbul banjir. Demikian juga, kuantitas air tidak terdistribusi sebagaimana mestinya. Akibatnya, pada musim hujan terjadi banjir, sedangkan pada musim kemarau terjadi kekeringan. Selain ini, air bersih menjadi semakin langka karena pencemaran.



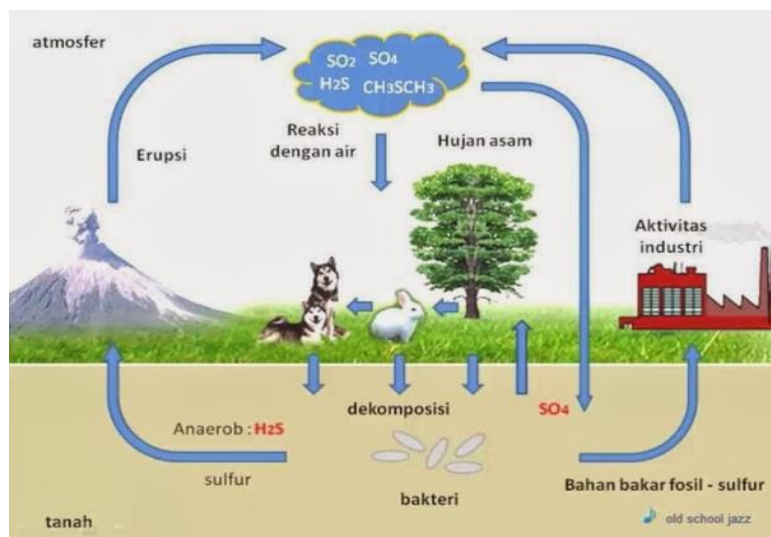
Gambar 16. Daur Air, Sumber.Campbell 2006

d. Daur belerang

Belerang (sulfur) merupakan unsur penyusun protein. Tumbuhan mendapatkan belerang dari dalam tanah dalam bentuk sulfat (SO_4^{2-}). Di dalam tubuh tumbuhan, belerang digunakan sebagai penyusun protein. Hewan dan manusia mendapatkan belerang dengan jalan memakan tumbuhan. Jika tumbuhan dan hewan mati mikroorganisme akan menguraikannya menjadi gas berbau busuk yaitu H_2S atau menjadi SO_2 dan SO_4^{2-} . Secara alami, belerang terkandung di dalam tanah dalam bentuk mineral tanah. Beberapa gunung berapi, misalnya Gunung Arjuno di Jawa Timur, mengeluarkan belerang yang kemudian ditambang menjadi belerang batangan. Gas belerang dihembuskan ke udara.



Selain itu, belerang di udara juga berasal dari sisa pembakaran minyak bumi dan batubara, dalam bentuk SO_2 . Gas demikian banyak dihasilkan oleh asap kendaraan dan pabrik. Karena uap air hujan, gas tersebut berubah menjadi sulfat, yang jatuh di tanah, sungai, atau lautan. Selanjutnya sulfat dapat dimanfaatkan oleh tumbuhan atau ganggang.



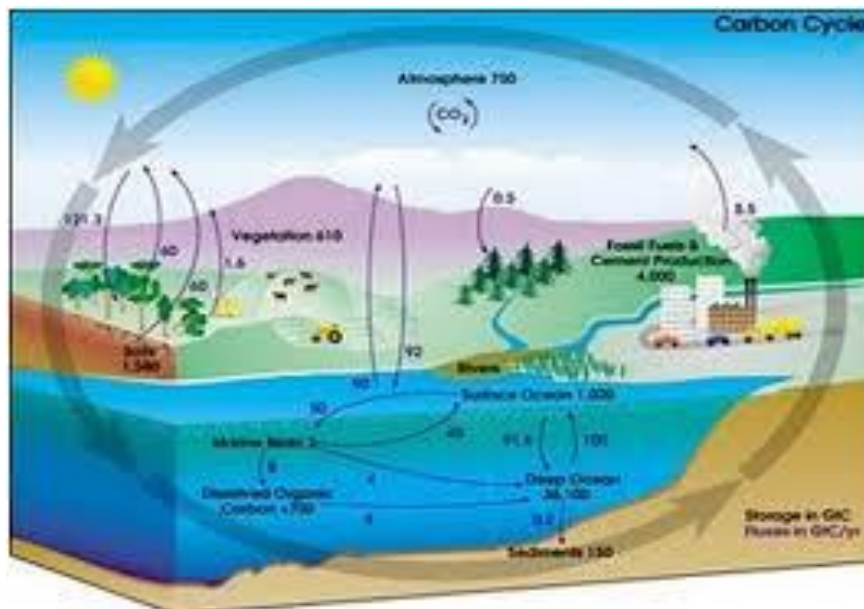
Gambar 17. Daur Belerang / sulfur, sumber: Campbell 2006

e. Daur fosfor

Fosfor merupakan bahan pembentuk tulang pada hewan. Semua makhluk hidup memerlukan fosfor karena digunakan sebagai pembentuk DNA, RNA, protein, energi (ATP), dan senyawa organik lainnya. Daur fosfor terjadi melalui proses berikut. Di dalam tanah, terkandung fosfat anorganik yang dapat diserap tumbuhan. Hewan mendapatkan fosfor setelah memakan tumbuhan. Tumbuhan dan hewan yang mati, feses, dan urinya akan terurai menghasilkan fosfat organik. Oleh bakteri, fosfat organik akan di ubah menjadi fosfat anorganik yang dapat diserap tumbuhan. Di dalam ekosistem air, juga terjadi daur fosfor, yakni tumbuhan - hewan air - bakteri - fosfat anorganik. Bagian tumbuhan yang jatuh ke dasar danau yang dalam atau lautan dalam akan membentuk endapan fosfor (batuan fosfor) yang tidak dapat dimanfaatkan kembali. Inilah salah satu alasan semakin kecilnya ekosistem air dalam yang tidak mempunyai arus air.



Lautan yang memiliki arus air mengakibatkan endapan fosfor teraduk dan menyuburkan ekosistem laut. Pada tempat-tempat tertentu terjadi penimbunan fosfor karena pemupukan kotoran burung. Kotoran burung ini dijadikan sebagai pupuk organo. Daur materi sangat penting artinya bagi kelestarian makhluk hidup dan ekosistem. Ini berarti kelestarian ekosistem akan terancam jika daur materi itu terganggu. Suatu contoh, di dalam ekosistem hutan, semua predator mati. Karena tidak ada pemangsa, daur materi terhenti. Makanan tertimbun di dalam tubuh herbivor yang kemudian digunakan untuk berkembang biak tanpa kendali. Akibatnya, bahan makanan berkurang dan terjadilah kompetisi dalam memperebutkan makanan. Apa yang terjadi kemudian, sangat sulit untuk diramalkan.



Gambar 18. Daur Fosfor, Sumber Campbell 2006

4. Faktor-faktor yang mempengaruhi fotosintesis

a. Faktor Genetik

Berdasarkan cara tumbuhan mengubah CO₂ dalam proses reaksi gelap pada peristiwa fotosintesis, tumbuhan dikelompokkan menjadi tumbuhan C-3, C-4, dan CAM. Perbedaan tersebut juga akan mempengaruhi kemampuan atau efisiensi tumbuhan dalam mensintesis karbohidrat.



Perbedaan antara spesies, tumbuhan C-4 secara umum mempunyai laju fotosintesis yang tertinggi, sementara tumbuhan CAM memiliki laju fotosintesis yang terendah. Tumbuhan C-3 berada diantara ke dua ekstrim tersebut. Pada tabel 1 meringkas perkiraan kisaran nilai fotosintesis maksimum untuk tumbuhan C-3, C-4 dan CAM .



Gambar 19. Tanaman C3, C4 dan CAM, sumber.Campbell 2006

Kelompok tumbuhan yang lain menarik untuk dikaji tetapi sangat sedikit data yang tersedia adalah tumbuhan pada habitat rawa (lebak maupun pasang surut) dan tumbuhan yang hidup di bawah kanopi hutan

Crassulacean Acid Metabolism (**CAM**) merupakan tipe **tanaman** yang mengambil CO₂ pada malam hari, karena stomata tertutup ketika siang hari dan menggunakannya untuk fotosintesis pada siang harinya. Tumbuhan **CAM** yang dapat mudah ditemukan adalah nanas, kaktus, dan bunga lili.

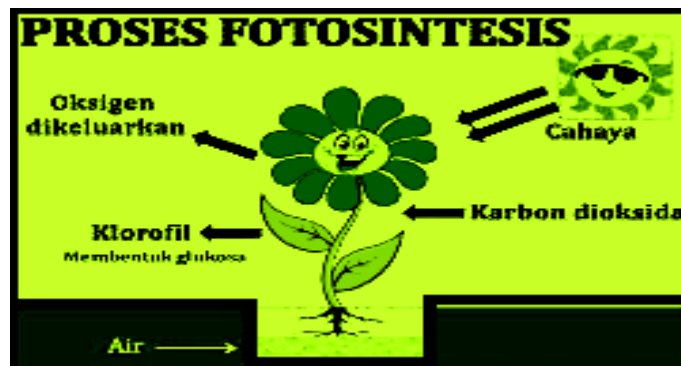
Tabel 2. Laju fotosintesis maksimum untuk jenis tumbuhan utama pada kondisi optimal

No	Jenis Tumbuhan	Contoh	Fotosintesis maksimum (mol,m ⁻² ,s ⁻¹)
1	Tumbuhan C-3 dan herba di daerah iklim sedang	<i>Glicyne max</i>	10-20
2	Tumbuhan C-4	<i>Zea mays</i>	20-40
3	Tumbuhan CAM	<i>Agave americana</i>	0,6-2,4
4	Pohon dan semak evergreen di daerah tropis, subtropis, dan mediteranean	<i>Pinus sylvestris</i>	3-9
5	Pohon dan semak deciduous di daerah iklim sedang	<i>Fagus sylvatica</i>	3-12



b. Faktor Lingkungan

Kadar CO₂ diudara, suhu, cahaya, air, kadar O₂, kadar kandungan hara dalam tanaman, semua point-point itu adalah faktor-faktor yang mempengaruhi Fotosintesis, dimana fotosintesis dalam pembentukan bahan organik dibantu oleh point-point di atas yang menjadi acuan sebagai faktor-faktor yang mempengaruhi fotosintesis, karna fotosintesis dapat membantu manusia untuk bernapas karna fotosintesis menghasilkan O₂ sehingga fotosintesis berperan penting dalam kehidupan manusia, hewan dan lain-lainnya.



Gambar 20. Foto sintesis, sumber.Campbell 2006

Faktor-faktor yang mempengaruhi fotosintesis sebagai berikut:

a. Kadar CO₂ di Udara

Laju fotosintesis dapat ditingkatkan dengan meningkatnya kadar CO₂ udara. Akan tetapi, bila kadarnya terlalu tinggi dapat meracuni atau menyebabkan stomata tertutup, sehingga laju fotosintesis terganggu.

b. Suhu

Semakin tinggi suhu, semakin tinggi laju fotosintesis, Kisaran suhu dimana tumbuhan dapat melangsungkan fotosintesis cukup besar . Bakteri dan ganggang biru hijau tertentu dapat berfotosintesis pada suhu sampai 70 °C , sementara itu tumbuhan berdaun jarum (konifer) dapat melakukannya pada suhu 6° C atau lebih rendah . Pada beberapa tumbuhan yang mendapat cahaya penuh , suhu daun dapat mencapai 35 ° C atau lebih tinggi dan fotosintesis masih dapat tetap berlangsung.



Tanaman seperti jagung dan kedelai yang tumbuh baik pada dataran tinggi di banding tanaman yang lebih sesuai untuk daerah pegunungan yang beriklim lebih sejuk seperti kentang dan kacang kapri. Secara umum suhu optimum untuk fotosintesis setara dengan suhu siang hari pada habitat asal tumbuhan tersebut.

Aplikasi: tanaman kelapa membutuhkan suhu panas untuk tumbuh dan memproduksi buah kelapa sehingga cocok untuk dataran rendah, pada dataran tinggi >600 meter dari permukaan laut, pohon kelapa tetap tumbuh tetapi tidak berbuah.

c. Cahaya

Energi cahaya yang diserap tumbuhan bergantung pada intensitas cahaya, panjang gelombang cahaya, dan lamanya penyinaran.

1) Intensitas cahaya.

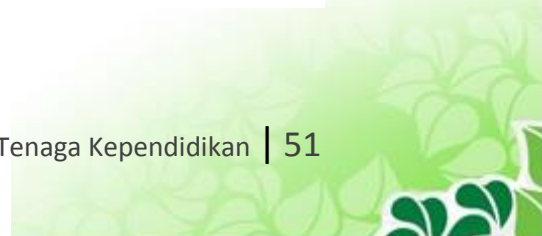
Intensitas cahaya semakin rendah intensitas cahaya, semakin rendah laju fotosintesis karena energi yang diserap tidak mencukupi untuk fotosintesis

2) Panjang gelombang

Panjang gelombang cahaya ditunjukkan oleh spektrum cahaya dan cahaya merah, kuning, jingga, hijau, dan biru. Klorofil menyerap warna merah dan biru, yaitu panjang gelombang yang paling banyak digunakan dalam proses fotosintesis. Sedangkan penyerapan yang terendah adalah warna hijau. Warna hijau dan daun menunjukkan bahwa sinar hijau banyak dipantulkan dan kloroplas.

3) Lama penyinaran.

Penyinaran secara terus-menerus akan menyebabkan terjadinya fotosintesis secara terus menerus pula.



d. Air

Air sangat dibutuhkan untuk proses fotosintesis. Jika tidak tersedia air dengan cukup, dapat mengganggu pembentukan karbohidrat.

e. Kadar O₂

Bila kadar O₂ dan udara diturunkan dan 20% menjadi 1%, maka fotosintesis naik 30%. Jadi, O₂ mempunyai daya penghambat fotosintesis.

f. Kandungan Hara dalam Tanaman

Unsur Mg dan N sangat dibutuhkan dalam pembentukan klorofil. Apabila unsur Mg dan N tidak cukup banyak tersedia, maka pembentukan klorofil terhambat. Hal ini dapat berdampak pada penurunan laju fotosintesis.

5. Laju Fotosintesis Efisiensi dan produksi tanaman

Banyak ahli fisiologi, ekologi, dan pemuliaan tanaman tertarik pada bagaimana faktor- faktor lingkungan dan genotipa dapat diubah untuk tujuan meningkatkan hasil tanaman . Tetapi perlu diingat bahwa efisiensi fotosintesis dan hasil tanaman adalah dua hal yang berbeda . Efisien fotosintesis maksimum tercapai pada intensitas cahaya yang rendah , dan tidak pada intensitas cahaya matahari penuh dan hari panjang, dimana hasil tanaman tertinggi di capai. Peningkatan pemanjangan batang sering menguntungkan bagi tumbuhan yang berkompetisi untuk mendapatkan cahaya , tetapi pada tanaman sereal (misalnya padi) yang tumbuh seragam, pemanjangan batang tidak memberikan keuntungan. Peningkatan hasil justru diperlihatkan oleh varietas yang berbatang pendek, karena lebih banyak mengalokasikan hasil fotosintesisnya ke biji daripada untuk pertumbuhan batang. Hasil tanaman dengan tipe daun horizontal.

Beberapa faktor yang mempengaruhi laju fotosintesis:

- a. *Intensitas cahaya*. Laju fotosintesis maksimum ketika banyak cahaya 2.
- b. *Konsentrasi karbon dioksida*. Semakin banyak karbon dioksida di udara, makin banyak jumlah bahan yang dapat digunakan tumbuhan untuk melangsungkan fotosintesis.



- c. *Suhu* Enzim-enzim yang bekerja dalam proses fotosintesis hanya dapat bekerja pada suhu optimalnya. Umumnya laju fotosintesis meningkat seiring dengan meningkatnya suhu hingga batas toleransi enzim.
- d. *Kadar air* Kekurangan air atau kekeringan menyebabkan stomata menutup, menghambat penyerapan karbon dioksida sehingga mengurangi laju fotosintesis.
- e. *Kadar fotosintat (hasil fotosintesis)*. Jika kadar fotosintat seperti karbohidrat berkurang, laju fotosintesis akan naik. Bila kadar fotosintat bertambah atau bahkan sampai jenuh, laju fotosintesis akan berkurang.
- f. *Tahap pertumbuhan*. Penelitian menunjukkan bahwa laju fotosintesis jauh lebih tinggi pada tumbuhan yang sedang berkecambah ketimbang tumbuhan dewasa. Hal ini mungkindikarenakan tumbuhan berkecambah memerlukan lebih banyak energi dan makanan untuk tumbuh

D. Aktivitas Pembelajaran

1. Disampaikan tanya jawab tentang Anabolisme, fotosintesis dan kemosintesis, peserta diklat mengamati slide, gambar tentang Anabolisme, fotosintesis dan kemosintesis
2. Peserta diklat diminta mengamati di lingkungan belajar / di luar kelas/ taman/ lapangan/ kebun tentang tumbuhan bisa menghasilkan zat tepung/ karbohidrat/ buah/ biji, Peserta diklat diminta mencatat atau mamotret/ menggambar proses yang terjadi pada tumbuhan hijau
3. Selanjutnya peserta diklat diminta melakukan praktik Anabolisme, fotosintesis dan kemosintesis , peserta diklat mengamati slide, gambar tentang Anabolisme, fotosintesis dan kemosintesis hakekat ekologi dan saling ketergantungan antar makhluk hidup di sekitar lingkungan diklat
4. peserta diklat melakukan praktikum , Anabolisme, fotosintesis dan kemosintesis , peserta diklat mengamati slide, gambar tentang Anabolisme, fotosintesis dan kemosintesis , dengan LK sebagai berikut :





Lembar Kerja 1

- a. Judul : Membuktikan proses fotosintesis menghasilkan amilum
- b. Tujuan : Membuktikan bahwa proses fotosintesis menghasilkan amilum (percobaan Sachs)
- c. Alat / bahan:
 - Daun singkong
 - Kertas timah
 - Air
 - Alkohol 70%
 - Iodium/ lugol
 - Pembakar spirtus/ bunsen
 - Kaki tiga dan kain kasa
 - Gelas kimia
 - Tabung reaksi
 - Pipet tetes, pinset dan tissue
 - ATK
- d. Cara Kerja:
 - Pilihlah daun singkong yang posisinya menghadap cahaya matahari (jangan dipetik). Percobaan di mulai dari sebelum matahari terbit
 - Tutuplah bagian tengah daun singkong tersebut dengan kertas timah
 - Petiklah daun singkong tersebut pada sore harinya . kemudian masukkan ke dalam air dan rebus sampai daun tersebut menjadi layu
 - Pindahkan daun singkong yang sudah layu tersebut ke dalam tabung reaksi yang telah berisi alkohol 70% dan panaskan tabung reaksi tersebut di dalam air yang mendidih . panaskan sampai daun tampak pucat
 - Setelah daun tampak pucat , angkat dan cuci dengan air, lalu bentangkan di atas tisu





- Tetesi bagian tengah daun singkong dan bagian lainya dengan iodum. Amati perubahan yang terjadi
- Buatlah laporan dan gambarkan hasil pengamatan anda

Pertanyaan :

- a. Bagaimanakah warna daun singkong pada bagian tengah setelah ditetesi iodum ? jelaskan !
 - b. Bagaimanakah warna daun singkong pada bagian lainya setelah ditetesi iodum ? jelaskan !
 - c. Diskusi kelompok hasil praktik
 - d. Selanjutnya peserta diklat mengkomunikasikan / mempresentasikan hasil praktikum tentang fotosintesis ,dan hasilnya dikumpulkan kepada fasilitator
5. Fasilitator menyampaikan tanya jawab tentang Anabolisme, fotosintesis dan kemosintesis , peserta diklat mengamati slide, gambar tentang Anabolisme, fotosintesis dan kemosintesis
 6. Peserta diklat diminta untuk menyimpulkan tentang Anabolisme, fotosintesis dan kemosintesis, peserta diklat mengamati slide, gambar tentang Anabolisme, fotosintesis dan kemosintesis
 7. Peserta diklat menyimpulkan tentang Anabolisme, fotosintesis dan kemosintesis , peserta diklat mengamati slide, gambar tentang Anabolisme, fotosintesis dan kemosintesis
 8. Fasilitator meminta peserta diklat untuk membuat refleksi dari materi yang telah dipelajari
 9. Peserta diklat diminta membuat refleksi dari materi yang telah dipelajari , tentang Anabolisme, fotosintesis dan kemosintesis , peserta diklat mengamati slide, gambar tentang Anabolisme, fotosintesis dan kemosintesis dan menyampaikan materi yang belum jelas
 10. Selanjutnya sebelum mengakhiri pertemuan , peserta di berikan tugas dan latihan / tes
 11. Peserta diklat melaksanakan tugas dan tes





Studi kasus

Jika ditemui tanaman anggrek Khalaenopsis dengan kondisi sbb:

- a. Sel-sel daun rusak
- b. Daun menguning karena terbakar
- c. Anggrek menjadi terlalu cepat dewasa yang ditandai oleh berhentinya pertumbuhan sebelum mencapai ukuran normal.

Diskusikan kemungkinan penyebab kondisi tersebut?

E. Latihan/Kasus/Tugas

Latihan

Berilah tanda silang (x) pada huruf a, b, c, d, atau e untuk jawaban yang tepat!

1. Fermentasi alkohol yang dilakukan oleh *Saccharomyces* dalam larutan yang mengandung glukosa dapat dituliskan dalam persamaan reaksi
 - a. $C_6H_{12}O_6 \longrightarrow C_2H_5OH + CO_2$
 - b. $C_6H_{12}O_6 \longrightarrow 2C_2H_5OH + 2CO_2 + 28\text{ kkal}$
 - c. $C_6H_{12}O_6 \longrightarrow 2C_2H_5OH + 2CO + O_2$
 - d. $C_6H_{12}O_6 \longrightarrow 2C_3H_4O_3 + 2H_2$
 - e. $C_6H_{12}O_6 \longrightarrow C_2H_5OH + 2H_2O + 2CO_2$
2. Perbedaan antara kemosintesis dan fotosintesis terletak pada
 - a. macam unsur yang digunakan
 - b. sumber energi yang dimanfaatkan
 - c. macam makhluk hidup yang bekerja
 - d. medium tempat hidup makhluk hidup
 - e. zat hasil sintesisnya





3. Gejala klorosis pada tumbuhan dapat dihindarkan jika tanah tempat tumbuhnya diberi pupuk yang mengandung
 - a. urea
 - b. N, P, K
 - c. Fe dan Mg
 - d. Fosfat
 - e. C, H, O

4. Manakah yang merupakan peristiwa awal dari proses fotosintesis....
 - a. terurainya CO_2
 - b. terurainya klorofil
 - c. ionisasi CO_2
 - d. teraktifasinya klorofil
 - e. terurainya molekul H_2O

5. Fotosintesis pada tumbuhan berklorofil akan berlangsung jika terdapat
 - a. cahaya, tanah, CO_2
 - b. cahaya, air, O_2
 - c. cahaya, tanah, O_2
 - d. cahaya, air, CO_2
 - e. cahaya, tanah, air

6. Dalam tanaman terkandung unsur-unsur makro dan mikro. Setelah diadakan analisis abu maka unsur-unsur yang ditemukan dalam jumlah sangat sedikit adalah
 - a. Cu, Zn, Mo, S
 - b. Zn, B, Mo, Ca
 - c. Cl, Mo, B, Zn
 - d. B, Mo, Cl, Mg
 - e. Mo, Cl, Cu, Fe





7. Reaksi terang dan reaksi gelap adalah dua peristiwa yang terjadi dalam proses....
 - a. Kemosintesis
 - b. Fotosintesis
 - c. Fotolisis
 - d. Respirasi aerob
 - e. Respirasi anaerob

8. Peristiwa berikut berkaitan dengan proses fotosintesis, sebelum proses pembentukan glukosa, pada peristiwa fotosintesis selalu di dahului dengan pembentukan
 - a. Amilum (polisakarida)
 - b. Adenosin difosfat (ADP)
 - c. Ribulosa difosfat (RDP)
 - d. Asam fosfogliserat (APG)
 - e. Fosfogliseraldehida(PGAL)

9. Dalam setiap proses kehidupan , selalu terjadi penyusunan senyawa sederhana menjadi senyawa kompleks. Proses tersebut dinamakan
 - a. Desiminasi
 - b. Anabolisme
 - c. Katabolisme
 - d. Respirasi
 - e. Evaporasi

10. Pada awal glikolisis terjadi fosforilasi yang berlangsung dengan bantuan....
 - a. Enzim heksokinase dan ion Mg
 - b. Enzim enolase, enzim fosforilase dan ion Mg
 - c. Transfosforilase
 - d. Fosforilase
 - e. Tanpa enzim





F. Rangkuman

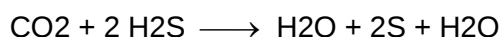
Lingkungan fisik menyediakan nutrien-nutrien anorganik. Semua zat anorganik yang diambil makhluk hidup akan dikembalikan lagi pada lingkungannya. Ada yang dikembalikan dalam bentuk ekskresi yang dihasilkan oleh makhluk hidup waktu bereproduksi, dan sisa-sisa makhluk hidup akan diuraikan (*dekomposisi* = *demineralisasi*) oleh makhluk pengurai (dekomposer) seperti cendawan dan bakteri-kembali-menjadi-zat-zat-anorganik.

Fotosintesis adalah peristiwa penyusunan zat organik (gula) dari zat anorganik (air, karbon dioksida) dengan pertolongan energi cahaya. Fotosintesis dilakukan oleh tumbuhan dan makhluk hidup yang mempunyai klorofil. Komponen-komponen yang diperlukan dalam fotosintesis adalah: CO₂, H₂O, cahaya dan klorofil. Karbon dioksida diambil dari udara, H₂O diambil dari tanah. Peranan klorofil dalam fotosintesis adalah untuk menyerap cahaya dan sumber elektron. Cahaya yang paling efektif digunakan untuk mendapatkan hasil fotosintesis yang maksimum adalah cahaya merah dan biru.

Proses pembentukan karbohidrat ini berlangsung secara bertingkat.

Cahaya digunakan sebagai sumber energi untuk memecah molekul air. Elektron yang dihasilkan digunakan dalam proses transport elektron yang menghasilkan NADPH dan ATP. Senyawa NADH dan ATP ini digunakan untuk sintesis gula (selanjutnya diubah menjadi amilum) yang akan digunakan sebagai cadangan makanan oleh tumbuhan.

Energi yang diperoleh lebih kecil jumlahnya daripada yang dihasilkan dari cahaya. Energi tersebut digunakan untuk fiksasi CO₂ menjadi karbohidrat. Dengan demikian, reaksi selengkapnya adalah:



Bakteri besi memperoleh energi kimia dengan cara mengoksidasi Fe²⁺ menjadi Fe³⁺. Bakteri *Nitrosomonas* dan *Nitrosococcus* mengoksidasi NH₄⁺ untuk memperoleh energi dengan reaksi berikut ini:



G. Umpan Balik dan Tindak Lanjut

Setelah mempelajari materi ini , dan mengerjakan tugas dan latihan , apakah anda telah menguasai materi ini, untuk selanjutnya isilah kolom tabel berikut dengan tanda centang (v) sesuai dengan keadaan sebenarnya !

No	Kemampuan Yang Di harapkan	Ya	Tidak
1	Dapat menjelaskan prinsip anabolisme		
2	Dapat mengidentifikasi tahapan fotosintesis		
3	Dapat mengidentifikasi faktor yang mempengaruhi fotosintesis		
4	Dapat memahami kemosintesis		
5	Dapat mengidentifikasi faktor yang mempengaruhi kemosintesis		
6	Dapat memberikan contoh kegiatan fotosintesis dan kemosintesis dalam kehidupan		

Apabila anda menjawab pada kolom Ya secara keseluruhan, maka lanjutkan mempelajari modul / pembelajaran berikutnya, tetapi apabila anda menjawab ada sebagian kolom tidak, maka silahkan anda mempelajari kembali materi yang pada kolom tidak tersebut .

H. Evaluasi

Evaluasi akan dilakukan terhadap aspek sikap, pengetahuan dan ketrampilan. Penilaian sikap dan ketrampilan akan dilakukan melalui pengamatan selama kegiatan diklat. Evaluasi pengetahuan akan dilakukan secara online dengan soal UKG (uji kompetensi Guru).



Kegiatan Pembelajaran 3. Katabolisme

A. Tujuan

Setelah menyelesaikan pembelajaran ini :

1. Peserta diklat mampu mengidentifikasi proses katabolisme dengan benar

B. Indikator Pencapaian Kompetensi

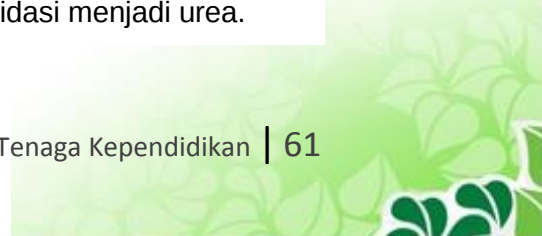
1. Peserta diklat mampu mengidentifikasi Respirasi aerob dengan benar
2. Peserta diklat mampu mengidentifikasi Respirasi anaerob dengan benar
3. Peserta diklat mampu mengidentifikasi faktor-faktor yang mempengaruhi respirasi
4. Mampu menggunakan respirasi anaerob pada bidang pertanian

C. Uraian Materi

Katabolisme (Respirasi)

Katabolisme adalah reaksi penguraian senyawa kompleks menjadi senyawa yang lebih sederhana dengan bantuan enzim. Penguraian suatu senyawa dapat menghasilkan energi. Energi kimia yang terdapat dalam senyawa tidak dapat digunakan secara langsung oleh sel. Energi akan diubah terlebih dahulu menjadi *Adenosine Tri Fوسفat* (ATP) yang dapat digunakan oleh sel sebagai sumber energi terpakai. Energi itu digunakan untuk melangsungkan reaksi-reaksi kimia, pertumbuhan, transportasi, reproduksi, dan merespons rangsangan. Contoh katabolisme adalah proses pernafasan sel atau respirasi.

Protein, Makanan yang sudah dikonsumsi dan masuk ke organ pencernaan akan dipecah oleh enzim yang ada di dalam sistem pencernaan kita. Melalui reaksi katabolisme, protein dipecah menjadi asam amino. Asam amino ini bisa digunakan sebagai sumber energi ketika tubuh membutuhkannya. Asam amino juga bisa didaur ulang untuk membuat protein atau dioksidasi menjadi urea.





Selain memecah protein, katabolisme juga bisa memecah glikogen menjadi glukosa. Karbohidrat sederhana ini kemudian akan melalui proses oksidasi yang dinamakan glikolisis. Dari reaksi inilah energi dihasilkan.

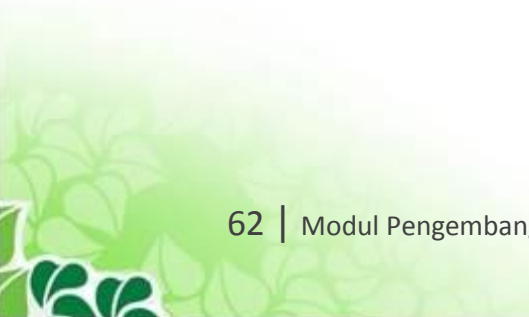
Lemak, Sedangkan lemak akan melalui proses pemecahan yang disebut hidrolisis. Proses ini menghasilkan asam lemak dan gliserol, yang selanjutnya akan melalui reaksi glikolisis dan reaksi biokimiawi lainnya hingga terbentuklah energi.

Energi yang dihasilkan dari proses-proses di atas disimpan sebagai molekul *adenosine triphosphate* (ATP). Banyak aspek dari metabolisme sel, baik anabolisme maupun katabolisme, berkaitan erat dengan produksi dan konsumsi ATP sebagai sumber energi, yang juga berperan sebagai bahan bakar dalam seluruh proses metabolisme.

Respirasi (biokimia) adalah proses penguraian bahan makanan yang menghasilkan energi. Respirasi dilakukan oleh semua sel penyusun makhluk hidup, baik sel-sel tumbuhan, bakteri, protista, cendawan, maupun sel hewan dan manusia. Respirasi dilakukan baik siang maupun malam.

(Respirasi fisiologi) Ditinjau dari bentuknya respirasi terbagi dua macam, yaitu respirasi eksternal (luar) dan internal (dalam). Respirasi eksternal meliputi proses pengambilan oksigen dan pengeluaran karbondioksida dan uap air antara makhluk hidup dengan lingkungannya, misalnya pada tumbuhan, hewan, dan manusia.

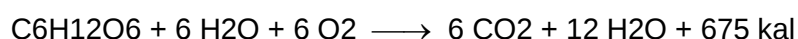
Respirasi internal disebut juga pernafasan seluler karena pernafasan ini terjadi di dalam sel, yaitu di dalam sitoplasma dan mitokondria. Berdasarkan kebutuhan akan oksigen, respirasi internal dibagi menjadi respirasi aerobik (memerlukan oksigen) dan respirasi anaerobik (tidak membutuhkan oksigen).



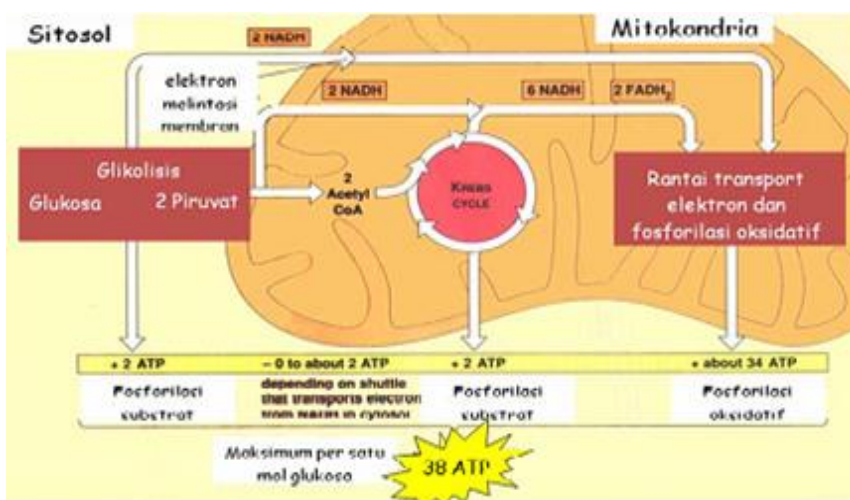


1. Respirasi Aerob

Respirasi aerob merupakan serangkaian reaksi enzimatik yang mengubah glukosa secara sempurna menjadi CO_2 , H_2O , dan menghasilkan energi sebesar 38 ATP. Pada pernapasan ini, pembebasan energi menggunakan oksigen bebas dari udara. Pada tumbuhan, oksigen yang dibutuhkan diperoleh dari udara melalui mulut daun dan lentisel. Zat organik terutama karbohidrat dipecahkan. Dalam respirasi aerob, glukosa dioksidasi oleh oksigen, dan reaksi kimianya dapat digambarkan sebagai berikut:



Reaksi-reaksi itu dapat dibedakan menjadi tiga tahapan, yaitu: **glikolisis**, **daur Krebs**, dan **transpor elektron**.



Gambar 21. Respirasi Aerob (Campbell2006)

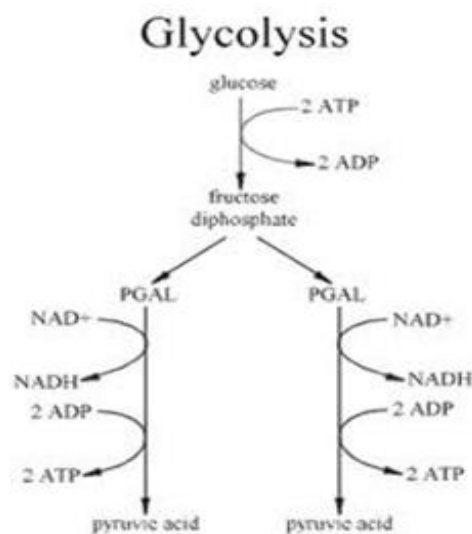
a. Glikolisis

Glikolisis adalah serangkaian reaksi enzimatik yang memecah glukosa (terdiri dari 6 atom C) menjadi asam piruvat (terdiri dari 3atom C). Reaksi ini melepaskan energi untuk menghasilkan ATP dan NADH_2 . Glikolisis terjadi di sitoplasma dan tidak memerlukan oksigen. Reaksinya adalah sebagai berikut:



Asam piruvat yang dihasilkan akan memasuki mitokondria untuk melakukan daur Krebs. Namun sebelum memasuki daur Krebs, asam piruvat (3C) ini diubah terlebih dahulu menjadi asetil koA (2C) didalam matriks mitokondria melalui proses dekarboksilasi oksidatif. Senyawa selain glukosa, misalnya fruktosa, manosa, galaktosa, dan lemak dapat pula mengalami metabolisme melalui jalur glikolisis dengan bantuan enzim-enzim tertentu.

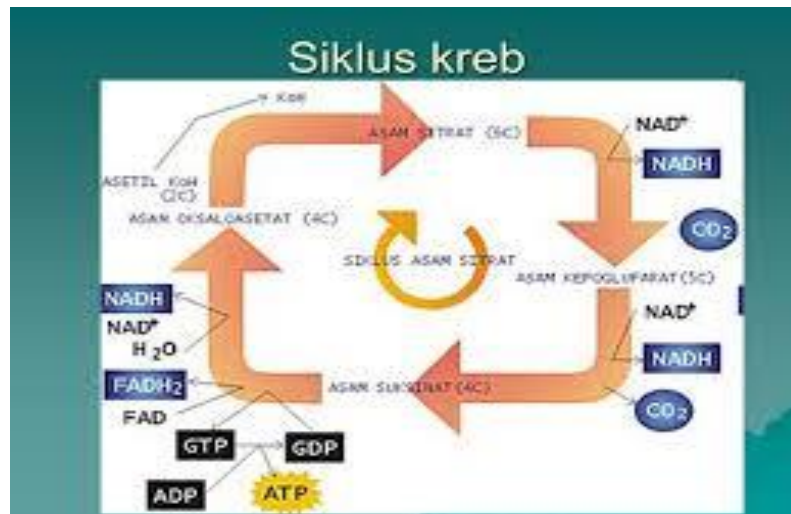
Skema glikolisis sebagai berikut:



Gambar 22. Skema Glikolisis, sumber.Campbell 2006

b. Daur Krebs

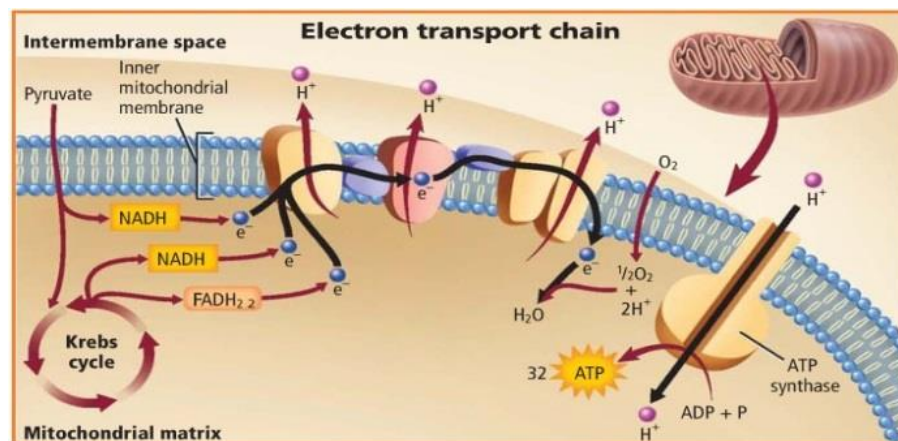
Daur Krebs merupakan serangkaian reaksi metabolisme yang mengubah asetil koA yang direaksikan dengan asam oksaloasetat (4C) menjadi asam sitrat (6C). Selanjutnya asam oksaloasetat memasuki daur menjadi berbagai macam zat yang akhirnya akan membentuk oksaloasetat lagi. Pada daur Krebs dihasilkan energi dalam bentuk ATP dan molekul pembawa hidrogen, yaitu : NADH dan FADH₂. Hidrogen yang terdapat dalam NADH dan FADH₂ tersebut akan dibawa kesistem transpor elektron. Seluruh tahapan reaksi dalam daur Krebs terjadi di dalam mitokondria. Dalam daur ini, asetil koA dioksidasi secara sempurna menjadi CO₂, Berikut tampak pada daur krebs



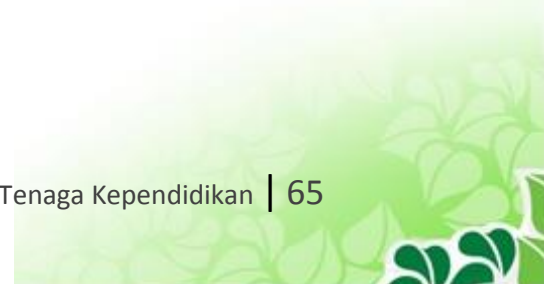
Gambar 23. Daur Krebs, Sumber.Campbell 2006

c. Transpor Elektron

Transpor elektron adalah serangkaian reaksi pemindahan electron melalui proses reaksi redoks (reduksi-oksidasi). Hidrogen yang terdapat pada molekul NADH serta FADH₂ ditranspor dalam serangkaian reaksi redoks yang melibatkan enzim, sitokrom, quinon, pirodoksin, dan flavoprotein. Pada akhir transport elektron, oksigen akan mengoksidasi elektron dan ion H menghasilkan air (H₂O).Transport elektron terjadi pada membran dalam mitokondria.

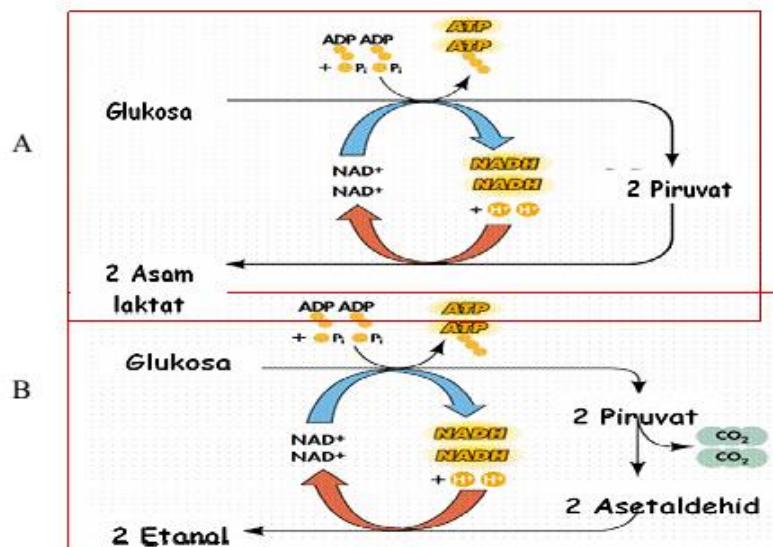


Gambar 24. Tranport Elektron, sumber Campbell 2006



2. Respirasi Anaerob

Pernahkah kalian membuat atau melihat cara membuat tape? Tape dibuat dari singkong yang dikukus lalu ditaburi dengan ragi. Jika setelah diberi ragi singkong tersebut dibiarkan dalam udara terbuka maka kalian tidak mendapatkan tape yang diinginkan, mengapa demikian? Pembuatan tape merupakan salah satu contoh proses fermentasi yang menghasilkan alkohol. Fermentasi alkohol merupakan proses respirasi anaerob, yang tidak memerlukan oksigen. Oleh karena itu jika membuat tape, singkong yang telah ditaburi dengan ragi tersebut disimpan dalam ruang tertutup yang tidak atau sedikit mengandung udara. Misalnya setelah singkong beragi tersebut ditaruh dalam panci, kemudian panci tersebut dibungkus rapat dengan kain agar kondisinya menjadi anaerob. Respirasi anaerob merupakan serangkaian reaksi enzimatik yang memecah glukosa secara tidak sempurna karena kekurangan oksigen.

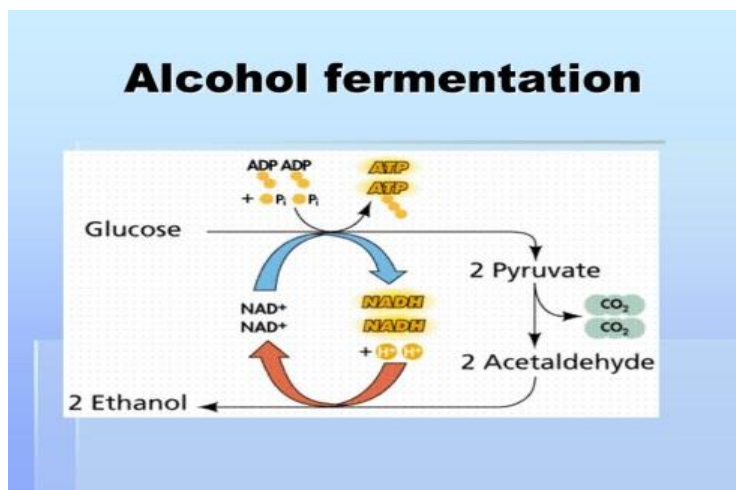


Gambar 25. Respirasi Anaerob/ Fermentasi Menghasilkan:Asam Laktat (A) Atau etanol (B)

Respirasi anaerob, disebut fermentasi atau peragian. Pada umumnya respirasi ini terjadi pada tumbuhan, fungi dan bakteri. Proses fermentasi sering disebut sesuai dengan hasil akhir yang terbentuk. Misalnya: fermentasi alkohol bila hasil akhir fermentasi berupa alkohol. Menurut hasil samping yang terbentuk, maka fermentasi dibedakan atas:

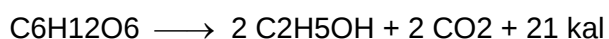


- fermentasi alkohol pada ragi (khamir) dan bakteri anaerobik.
- fermentasi asam laktat pada umumnya di sel otot.
- fermentasi asam sitrat pada bakteri heterotrof.



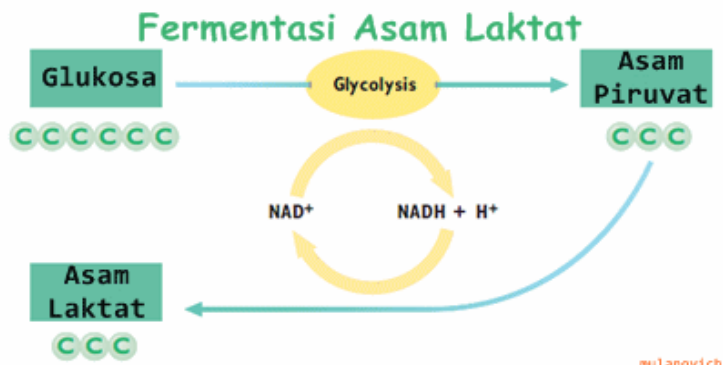
Gambar 26. Fermentasi Alkohol, sumber Campbell 2006

Bahan baku respirasi anaerobik pada peragian adalah glukosa, disamping itu juga terdapat fruktosa, galaktosa, dan manosa. Hasil akhirnya adalah alkohol, karbon dioksida, dan energi. Alkohol bersifat racun bagi sel-sel ragi. Sel-sel ragi hanya tahan terhadap alkohol pada kadar 9-18%. Lebih tinggi dari kadar tersebut, proses alkoholisasi (pembuatan alkohol) terhenti. Hal tersebut merupakan suatu kendala pada industri pembuatan alkohol. Oleh karena glukosa tidak terurai lengkap menjadi air dan karbondioksida, maka energi yang dihasilkan lebih kecil dibandingkan respirasi aerobik. Pada respirasi aerobik dihasilkan 675kal., sedangkan pada respirasi anaerobik hanya dihasilkan 21 kal. Reaksinya sebagai berikut :

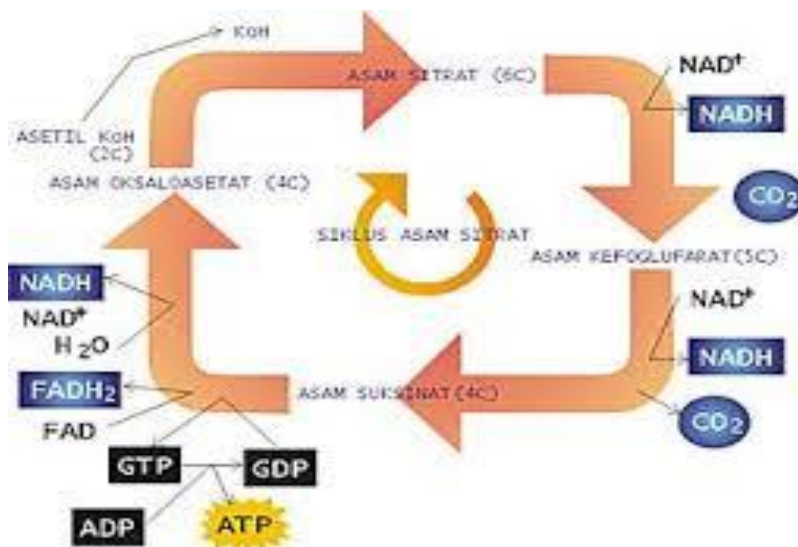


Dari persamaan reaksi tersebut terlihat bahwa oksigen tidak diperlukan. Bahkan, bakteri anaerobik seperti *Clostridium tetani* (penyebab tetanus) tidak dapat hidup jika berhubungan dengan udarabebas. Infeksi tetanus dapat terjadi jika luka dalam atau tertutup sehingga memberi kemungkinan bakteri *Clostridium* tersebut tumbuh subur karena dalam lingkungan anaerob.





Gambar 27. Fermentasi Asam Laktat, Sumber: Campbell 2006



Gambar 28. Fermentasi Asam Sitrat

Pada awalnya fermentasi diartikan sebagai pemecahan gula menjadi alkohol dan CO₂. Kemudian pengertian tersebut berkembang sehingga pemecahan laktosa menjadi asam laktat oleh *Streptococcus lactis* dalam suasana anaerobik (kurang oksigen) juga diartikan sebagai fermentasi. Pada saat ini fermentasi secara mudahnya dapat diartikan sebagai suatu proses pengolahan pangan dengan menggunakan jasa mikroorganisme untuk menghasilkan sifat-sifat produk sesuai yang diharapkan. Fermentasi dapat terjadi karena ada aktivitas mikroorganisme penyebab fermentasi pada substrat organik yang sesuai. Fermentasi menyebabkan perubahan sifat bahan pangan, sebagai contoh: sari buah jika difermentasikan akan timbul rasa dan bau alkohol; ketela pohon dan ketan akan menghasilkan bau alkohol dan asam (tape); serta susu akan menghasilkan bau dan rasa asam.

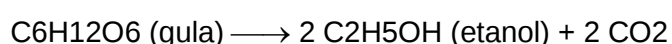


Berdasarkan penambahan starter (kultur mikroorganisme), fermentasi dibedakan atas dua jenis, yakni fermentasi spontan dan fermentasi tidak spontan. Fermentasi spontan adalah fermentasi yang berjalan alami, tanpa penambahan starter, misalnya fermentasi sayuran (acar/pikel, sauerkraut dari irisan kubis), terasi, dan lain-lain. Jenis mikroorganisme yang digunakan terbatas dan disesuaikan dengan produk akhir yang dikehendaki. Zat gizi lain juga dipecah menghasilkan CO₂ dan lain-lain. Hasil fermentasi tergantung pada jenis bahan pangan (substrat), jenis mikroorganisme, dan lingkungan.

a. Perubahan-perubahan selama Fermentasi

Selama fermentasi terjadi beberapa perubahan karena kerja dari mikroorganisme yang memang diinginkan dan pertumbuhannya dipacu. Mikroorganisme fermentative yang mengubah karbohidrat menjadi alkohol, asam, dan CO₂ pertumbuhannya cukup tinggi, sedangkan mikroorganisme proteolitik yang menyebabkan kebusukan dan mikroorganisme lipolitik penyebab ketengikan pertumbuhannya terhambat. Mikroorganisme proteolitik dapat memecah protein menjadi komponen yang mengandung nitrogen misalnya NH₃ dan menimbulkan bau busuk, contoh: *Proteus vulgaris*.

Mikroorganisme lipolitik dapat memecah lemak fosfolipida menjadi asam-asam lemak (bau tengik), contoh: *Alcaligenes lipolyticus*. Contoh:



Reaksi di atas dibantu oleh ragi (enzim) yang mengandung *Streptococcus cerevisiae*, *S. ellipsoideus* dan merupakan reaksi dasar pada pembuatan tape, brem, tuak, anggur minum, bir, dan roti.



Reaksi di atas dibantu oleh keberadaan mikroorganisme *Acetobacter aceti* yang dapat mengubah etanol menjadi asam asetat. Reaksi tersebut merupakan reaksi dasar pada pembuatan cuka.



b. Keuntungan dan kerugian dari fermentasi antara lain:

- 1) Beberapa hasil fermentasi (asam dan alkohol) dapat mencegah pertumbuhan mikroorganisme beracun contoh *Clostridium botulinum*.
- 2) Mempunyai nilai gizi yang lebih tinggi dari nilai gizi bahan asalnya (mikroorganisme bersifat katabolik, memecah senyawa kompleks menjadi senyawa sederhana sehingga mudah dicerna dan mensintesis vitamin kompleks dan faktor-faktor pertumbuhan badan lainnya, sebagai contoh vitamin-B12, riboflavin, provitamin-A).
- 3) Dapat terjadi pemecahan bahan-bahan yang tidak dapat dicerna oleh enzim-enzim tertentu, contohnya selulosa dan hemiselulosa dipecah menjadi gula sederhana.
- 4) Kerugian dari fermentasi diantaranya adalah dapat menyebabkan keracunan karena toksin yang terbentuk, sebagai contoh tempe bongkreng dapat menghasilkan racun, demikian juga dengan oncom.

c. Faktor-Faktor yang mempengaruhi Fermentasi

- 1) Oksigen
Setiap mikroorganisme membutuhkan oksigen dalam jumlah yang berbeda sehingga harus diatur, contoh: *Acetobacter* bersifat aerobik (suka oksigen); ragi bersifat anaerobik (tidak suka oksigen); *S. cerevisiae* (ragi roti), *S. ellipsoideus* (ragi anggur) tumbuh lebih baik dalam keadaan aerobik tetapi melakukan fermentasi terhadap gula jauh lebih cepat pada anaerobik.

- 2) Garam
Mikroorganisme pembentuk asam laktat (acar, sayur asin, sosis, dan lain-lain) toleran terhadap kadar garam 10-18%. Mikroorganisme proteolitik tidak toleran garam 2,5%, terutama kombinasi garam dan asam. Penambahan garam menyebabkan pengeluaran air dan gula dari sayur-sayuran dan memacu pertumbuhan mikroorganisme asam laktat.

Contoh: pada pembuatan sayur asin ditambahkan garam 2 – 2,5% kedalam kubis. Pengaruh pengawetan sebagian dari pembentukan asam → pH fermentasi sayuran 2,5 - 3,5.



Contoh lain adalah pada pembuatan sosis fermentasi yang memanfaatkan kerja *Leuconostoc*, *Lactobacillus*, *Pediococcus* (pH 4 – 4,5). Keasaman ini tidak berfungsi tanpa penambahan garam, beberapa bahan pengawet lainnya, cara pengawetan lainnya (perebusan, pengasapan, dan pengeringan).

d. Produk-Produk Fermentasi

1) Fermentasi-Sayuran

Hampir semua jenis sayuran dan buah-buahan yang bersifat sayuran bisa difermentasi, asal cukup mengandung gula dan zat gizi lainnya untuk pertumbuhan bakteri asam laktat.

Faktor-faktor lingkungan yang perlu diperhatikan adalah : 1) anaerobik, 2) cukup kadar garam, 3) suhu, 4) tersedia bakteri asam laktat. Yang memulai fermentasi adalah *Lactobacillus mesenteroides* dan diakhiri oleh berbagai jenis *Lactobacillus*.

2) Sosis

Bahan-bahan khusus yang ditambahkan adalah natrium nitrat, natrium nitrit, glukosa, sukrosa, merica, bawang putih, pala, mustard, ketumbar. Gula yang ditambahkan akan difermentasi oleh bakteri dan menghasilkan flavor yang tajam. Garam berfungsi sebagai bahan flavor, memperbaiki tekstur, daya awet (juga karena penurunan pH akibat fermentasi). Rempah-rempah untuk flavor, diperkuat dengan pengasapan. Fermentasi asam laktat terjadi pada saat pengasapan (28 – 32°C, 12 – 16 jam). Fermentasi lebih baik jika suhu 37 – 40°C untuk 4 – 8 jam berikutnya.

Mikroorganisme yang paling banyak berperan adalah *Pediococcus cerevisiae* dan *L. plantarum*. *L. mesenteroides* dan *L. brevis* dikurangi karena bersifat heterofermentatif yang dapat menyebabkan selubung sosis mengembang dan pecah. *Micrococcus* mereduksi nitrat jadi nitrit. Kini ditambahkan kultur starter *P. cerevisiae* dan *Lactobacillus* untuk menghindari fermentasi alamiah tak menentu dan beragamnya mutu produk.



3) Roti

Organisme yang berperan adalah *Saccharomyces cerevisiae*. Khamir tersebut menghasilkan gas sehingga adonan mengembang dan menyebabkan tekstur roti lepas/lunak dan berpori. Adonan roti terdiri atas campuran tepung terigu, air, garam, khamir, gula, telur dan lain-lain. Mekanisme fermentasi oleh khamir yaitu mula-mula gula yang terkandung di dalam tepung dan gula yang ditambahkan difermentasi oleh khamir.

Karbohidrat tepung diubah menjadi maltosa oleh enzim amilase dalam tepung diubah menjadi glukosa. Selanjutnya glukosa tersebut oleh maltase dari khamir dipecah menjadi etanol, CO₂, komponen volatil, dan produk-produk lainnya. CO₂ ditahan oleh gluten. Gluten merupakan protein tepung terigu yang tidak larut dalam air. Gluten bersifat elastis dan dapat memanjang. Adanya gluten dan CO₂ yang dihasilkan oleh khamir menyebabkan gluten mengembang selama fermentasi.

4) Kecap

Kecap ada yang asin dan ada yang manis. Proses pembuatannya:

Kedelai → dicuci dan direbus → dikukus → dikeringkan → diinokulasi dengan *A. oryzae* → FERMENTASI I (3–5 hari) → ditambahkan larutan garam 20% → FERMENTASI II (bakteri dan ragi, 3 – 4 minggu) → direbus dengan air → disaring → filtrat (cake press untuk makanan ternak) → pasteurisasi → ditambah caramel dan bumbu-bumbu → disaring → KECAP

5) Tauco

Fermentasinya terdiri atas 2 tahap:

- a) fermentasi kapang (*R. oryzae*, *oligosporus*, *A.oryzae*)
- b) fermentasi larutan garam (bakteri asam laktat)

Pembuatannya: Kedelai → pelepasan kulit ari dan pencucian → peredaman 24 jam → pengukusan 1 – 2 jam → penirisan dan pendinginan → ΔE inokulasi → inkubasi 2 – 5 hari, suhu kamar → hancurkan atau tidak → beri larutan garam 25 – 50% → fermentasi 10 – 20 hari, suhu kamar → penambahan gula merah → perebusan → TAUCO.



6) Brem

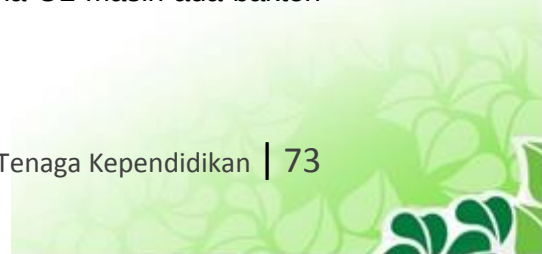
Berdasarkan cara pembuatannya dikenal dua jenis brem, yaitu brem padat dan brem cair. Brem padat berwarna putih sampai kecoklatan dengan rasa manis keasaman yang merupakan hasil pemasakan atau pengeringan sari tapai. Brem cair yang populer dengan sebutan brem Bali merupakan jenis minuman yang rasanya manis, sedikit asam, dan berwarna merah dengan kandungan alkohol 3-10%. Fermentasi dalam pembuatan brem berlangsung dalam dua tahap, yaitu tahap fermentasi gula dan tahap fermentasi alkohol. Pada fermentasi gula terjadi pemecahan zat pati dalam bahan oleh amilase, yaitu enzim pemecah pati yang diproduksi oleh mikroorganisme dalam ragi, membentuk gula sederhana

7) Nata de coco

Terbentuknya nata karena adanya bakteri *Acetobacter xylinum* yang sengaja ditumbuhkan pada media seperti air kelapa. *A. xylinum* dapat hidup dan berkembang biak dalam larutan tertentu dengan suhu 28 oC, pH 3 – 5,5, tersedia sumber karbon dan nitrogen. Jadi, medium yang digunakan untuk pembuatan nata de coco harus kaya akan zat gizi sehingga memungkinkan bakteri *A. xylinum* penghasil nata melakukan metabolisme yang hasilnya berupa lapisan selulosa. Hasil metabolisme tersebut membentuk lapisan putih yang liat. Makin lama fermentasi maka lapisan sebagai hasil metabolisme bakteri *A. xylinum* makin tebal. Proses fermentasi dalam pembuatan nata berlangsung antara 6 sampai 14 hari.

8) Fermentasi pada Silase

Menurut Ensminger dan Olentine (1978) proses pembuatan silase dibutuhkan waktu 2 sampai 3 minggu yang terbagi menjadi 2 tahapan yakni proses aerob dan anaerob dengan proses sebagai berikut: hijauan yang telah dipotong-potong ukuran 3-4 cm sel-selnya masih melakukan respirasi dengan menggunakan oksigen udara yang berada disekitarnya dengan menghasilkan CO₂. Selama O₂ masih ada bakteri aerob masih mengonsumsi O₂.





Selanjutnya bakteri yang hidupnya aerob menjalankan fermentasi dengan cepat kira-kira 4-6 jam merombak karbohidrat tanaman menjadi CO_2 , H_2O dan panas, proses ini disebut aerob. Panas yang diharapkan untuk reaksi ini berkisar 26,67-37,78 C, yang diharapkan pada kondisi tersebut bakteri penghasil asam laktat dapat tumbuh dengan baik.

Selanjutnya mulai berkembangnya bakteri anaerob yang mengubah karbohidrat sisa asam organik dengan membentuk VFA terutama asam propionat dan asam asetat dalam jumlah besar.

Untuk merangsang pertumbuhan bakteri asam laktat maka pada silase ditambahkan bahan-bahan yang kaya akan zat karbohidrat terlarut terutama pada bahan yang rendah kadar karbohidrat terlarutnya. Setelah bakteri asam laktat berkembang biak dan menghasilkan asam laktat dalam jumlah yang besar maka pH silase akan turun.

Suasana pH mempengaruhi kualitas silase dimana silase akan rusak oleh adanya pertumbuhan bakteri *Clostridium* yang menghasilkan asam butirat pada pH lebih dari 5. Bakteri yang menghasilkan asam butirat harus dicegah perkembangannya karena dapat merombak protein silase yang menyebabkan silase berlendir dan melepaskan bau yang tidak enak sehingga palatabilitasnya menurun (Mc Donald, 1981).

Bakteri yang membantu fermentasi silase adalah *Lactobacillus* dan *Streptococcus lactic*, sedangkan bakteri penghasil asam butirat harus dicegah yaitu *Clostridium*. Asam butirat terbentuk jika silase bocor yang menyebabkan reaksi aerob.





Tabel 3. Perbedaan Respirasi Aerob dan Respirasi anaerob dapat dilihat pada tabel berikut

	Respirasi Aerobik	Respirasi Anaerobik
Oksigen dan Karbon Dioksida	karbon dioksida dilepaskan, Oksigen diserap	Karbon dioksida dilepaskan, Oksigen tidak diserap
Proses	Oksigen dan glukosa yang digunakan untuk menghasilkan molekul energi kecil - adenosin trifosfat (ATP)	ATP disintesis menggunakan rantai transpor elektron, dengan molekul anorganik selain oksigen.
Oksigen	Ya	Tidak
Tempat reaksi	Sitoplasma dan matriks mitokondria	Sitoplasma
Proses respirasi	Glikolisis, oksidasi piruvat, siklus Krebs, transfer elektron	Fermentasi, pernafasan intramolekul
Produksi ATP	38 mol ATP per 1 mol glukosa (menghasilkan energi lebih besar)	2 mol ATP per 1 mol glukosa (menghasilkan energi lebih sedikit)
Keberlanjutan	Tanpa batas	Jangka pendek
Produksi asam laktat	Tidak menghasilkan asam laktat	Menghasilkan asam laktat
Reaksi respirasi	$C_6H_{12}O_6 + 6O_2 \rightarrow 6CO_2 + 6H_2O + 36 \text{ or } 38 \text{ ATP}$	$C_6H_{12}O_6 \rightarrow 2 C_2H_5OH + 2 CO_2 + 2 \text{ ATP}$

3. Faktor-faktor yang mempengaruhi Respirasi

a. Ketersediaan Substrat

Laju respirasi tentu tergantung pada ketersediaan substrat, yakni senyawa yang akan diurai melalui rangkaian reaksi yang telah diuraikan diatas. Tumbuhan yang mengandung cadangan pati, Fruktan, dan gula yang rendah akan menunjukkan laju respirasi yang rendah pula .

b. Ketersediaan Oksigen

Ketersediaan oksigen dan mempengaruhi laju respirasi, tetapi besarnya pengaruh tersebut berbeda antara spesies dan bahkan antara organ pada tumbuhan yang sama . Fluktuasi normal kandungan oksigen di udara tidak banyak mempengaruhi laju respirasi., karena jumlah oksigen yang dibutuhkan jauh lebih rendah dari jumlah oksigen yang tersedia di udara. Mitokondria dapat berfungsi normal pada konsentrasi oksigen serendah 0,05% sedangkan yang tersedia di udara adalah sekitar 21%. Hal ini terutama disebabkan karena afinitas yang tinggi dari sitokrom oksidase terhadap oksigen.



Hambatan laju respirasi karena ketidak tersediaanya oksigen terjadi pada sistem perakaran tumbuhan jika media tumbuhnya digenangi (seluruh pori tanah berisi air). Hal ini terjadi karena laju difusi oksigen di dalam air jauh lebih lambat dibandingkan di udara.

c. Suhu

Nilai Q_{10} untuk respirasi antara suhu 5°C sampai 25°C adalah antara 2,0 sampai 2,5. Berarti untuk kisaran suhu tersebut, laju respirasi akan meningkat lebih dari dua kali lipat untuk setiap kenaikan suhu sebesar 10°C . Jika suhu ditingkatkan sampai sekitar 35°C , laju respirasi tetap meningkat tetapi dengan nilai Q_{10} yang lebih rendah. Penurunan nilai Q_{10} ini diduga disebabkan karena penetrasi oksigen melalui kutikula atau peridermis tidak mencukupi kebutuhan . Pada suhu yang lebih tinggi lagi (sekitar 40°C) laju respirasi akan mulai menurun , hal ini disebabkan karena sebagian enzim-enzim yang berperan akan mulai mengalami denaturasi

d. Tipe dan umur tumbuhan

Umur tumbuhan akan mempengaruhi laju respirasinya. Laju respirasi tinggi pada saat perkecambahan dan tetap tinggi pada fase pertumbuhan vegetatif awal (dimana laju pertumbuhan juga tinggi) dan kemudian turun dengan bertambahnya umur tumbuhan. Respirasi pada organ buah juga tinggi pada saat sel aktif membelah, tetapi kemudian menurun. Tetapi pada jenis buah tertentu (misalnya apel) penurunan laju respirasi ini kemudian diikuti dengan peningkatan laju respirasi. Gejala ini disebut klimaterik. Klimaterik terjadi berbarengan dengan tahap matang penuh dari buah tersebut dan peningkatan laju respirasi ini dirangsang oleh etilen yang terbentuk pada jaringan buah tersebut. Beberapa jenis buah tidak mengalami klimaterik, misalnya jeruk, anggur, nenas, dan stroberi.

D. Aktivitas Pembelajaran

1. Disampaikan tanya jawab tentang katabolisme, respirasi aerob dan respirasi anaerob, peserta diklat mengamati slide, gambar tentang katabolisme, respirasi aerob dan respirasi anaerob,



2. Peserta diklat diminta mengamati di lingkungan belajar / di luar kelas/ laboratorium tentang katabolisme, respirasi aerob dan respirasi anaerob, misalnya tape.
3. Selanjutnya peserta diklat diminta melakukan praktik proses –proses terjadinya katabolisme, respirasi aerob dan respirasi anaerob,
4. peserta diklat melakukan praktikum , mengidentifikasi proses –proses katabolisme, respirasi aerob dan respirasi anaerob, , dengan LK sebagai berikut :

Lembar Kerja 1

- a. Judul : Mengidentifikasi proses –proses respirasi aerob
- b. Tujuan : Setelah menyelesaikan kegiatan ini peserta mampu mengidentifikasi faktor yang dapat mempengaruhi kecepatan respirasi/ pernapasan
- c. Alat / bahan:
 - ATK respirometer, timbangan, belalang ,eosin, vaselin, KOH
- d. Cara Kerja:
 - Siapkan respirometer sederhana sebanyak 3 buah, beri nomor 1,2 dan 3
 - Masukkan KOH ke dalam ketiga tabung respirometer tersebut
 - Timbang 2 ekor belalang yang beratnya berbeda
 - Masukkan belalang berukuran kecil pada tabung respirometer 2 dan yang berukuran besar pada tabung respirometer 3, dan biarkan tabung respirometer 1 kosong .
 - Teteskan cairan berwarna (eosin) pada ujung pipa berskala di ketiga tabung respirometer
 - Beri tanda batas cairan (eosin)
 - Amati bagaimana cairan pada ketiga perangkat tersebut
 - Catatlah perubahan cairan / pergerakan setiap menitnya pada tabel
 - Buatlah laporan dan grafik perubahan tiap menitnya



Tabel perubahan cairan tiap menit (respirometer 1)

Berat belalang

No	Menit ke...	Perubahan cairan (strip / skala)
1	1	
2	2	
3	3	

Tabel perubahan cairan tiap menit (respirometer 2)

Berat belalang.....

No	Menit ke...	Perubahan cairan (strip / skala)
1	1	
2	2	
3	3	

Tabel perubahan cairan tiap menit (respirometer 3)

No	Menit ke...	Perubahan cairan (strip / skala)
1	1	
2	2	
3	3	

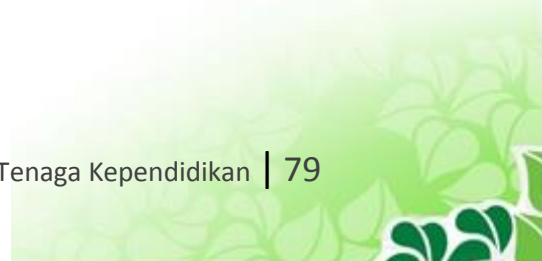
Pertanyaan :

- Apa tujuan pemberian KOH pada tabung respirometer ?
- Bandingkan pergerakan cairan berwarna (eosin) pada ke tiga pipa berskala!
- Mengapa cairan pada pipa berskala (perangkat 2 dan 3) dapat bergerak? Jelaskan!
- Berdasarkan percobaan , faktor- faktor apa saja yang mempengaruhi pernapasan ?
- Selain yang anda temukan lewat percobaan, faktor apa lagi yang mungkin mempengaruhi kecepatan respirasi/ pernapasan !

Rancanglah percobaan untuk membuktikan pendapat anda !



5. Buatlah laporan dan gambarkan tentang katabolisme, respirasi aerob dan respirasi anaerob,
6. Selanjutnya peserta diklat mengkomunikasikan / mempresentasikan hasil praktikum tentang katabolisme, respirasi aerob dan respirasi anaerob, tersebut ,dan dikumpulkan kepada fasilitator / mentor
8. selanjutnya disampaikan tanya jawab tentang katabolisme, respirasi aerob dan respirasi anaerob,
9. Peserta diklat diminta untuk menyimpulkan tentang katabolisme, respirasi aerob dan respirasi anaerob,
10. Peserta diklat menyimpulkan tentang katabolisme, respirasi aerob dan respirasi anaerob,
11. Selanjutnya peserta diklat diminta untuk membuat refleksi dari materi yang telah dipelajari
12. Peserta diklat diminta membuat refleksi dari materi yang telah dipelajari , katabolisme, respirasi aerob dan respirasi anaerob, dan menyampaikan materi yang belum jelas
13. Selanjutnya sebelum mengakhiri pertemuan , peserta diklat diberikan tugas dan latihan / tes kepada peserta diklat
14. Peserta diklat melaksanakan tugas dan tes
15. Praktik : Fermentasi anaerob
 Secara berkelompok peserta membuat silase dari bahan baku rumput, sebagai substratnya bisa ditambahkan dedak padi sekitar 1% dari berat rumput.
 - a. Rumput gajah/batang tebu dipotong kecil-kecil
 - b. Campur potongan rumput dengan dedak padi sebanyak 1% dari berat rumput
 - c. Masukkan dalam drum plastik dan padatkan, sebanyak mungkin udara keluar.
 - d. Tutup gentong plastik dan biarkan 6 sd 8 minggu
 - e. Periksa hasil silase, terhadap tekstur, warna dan aroma.





Studi kasus:

Silase yang baik baunya enak karena banyak asam asetat dan sitrat, pada silase yang jelek baunya menyengat karena banyak asam butirat dan amoniak. Diskusikan dengan grup mengapa ini bisa terjadi?

E. Latihan/Kasus/Tugas

Latihan.

Setelah menyelesaikan kegiatan Katabolisme selanjutnya jawablah pertanyaan berikut ini !

1. Fermentasi alkohol yang dilakukan oleh *Saccharomyces* dalam larutan yang mengandung glukosa dapat dituliskan dalam persamaan reaksi
 - a. $C_6H_{12}O_6 \rightarrow C_2H_5OH + CO_2$
 - b. $C_6H_{12}O_6 \rightarrow 2C_2H_5OH + 2CO_2 + 28\text{kkal}$
 - c. $C_6H_{12}O_6 \rightarrow 2C_2H_5OH + 2CO + O_2$
 - d. $C_6H_{12}O_6 \rightarrow 2C_3H_4O_3 + 2H_2$
 - e. $C_6H_{12}O_6 \rightarrow C_2H_5OH + 2H_2O + 2CO_2$
2. Perbedaan antara kemosintesis dan fotosintesis terletak pada
 - a. macam unsur yang digunakan
 - b. sumber energi yang dimanfaatkan
 - c. macam makhluk hidup yang bekerja
 - d. medium tempat hidup makhluk hidup
 - e. zat hasil sintesisnya
3. Gejala klorosis pada tumbuhan dapat dihindarkan jika tanah tempat tumbuhnya diberi pupuk yang mengandung
 - a. urea
 - b. N, P, K
 - c. Fe dan Mg
 - d. Fosfat
 - e. C, H, O





4. Pembuatan tape dari singkong dengan bantuan ragi merupakan proses
 - a. respirasi
 - b. hidrolisis
 - c. fermentasi
 - d. degradasi
 - e. fosforilasi

5. Pengertian respirasi anaerob meliputi pernyataan berikut ini , kecuali....
 - a. Disebut pula fermentasi
 - b. Disebut pula respirasi intramolekul
 - c. Respirasi berlangsung tidak sempurna
 - d. Produk energi lebih banyak dari pada respirasi aerob
 - e. Dapat berlangsung dalam udara bebas, tetapi tidak menggunakan O₂ yang tersedia

6. ATP merupakan senyawa berenergi tinggi yang dapat dihasilkan melalui proses...
 - a. Fotosintesis
 - b. Respirasi
 - c. Reproduksi
 - d. Pembusukan
 - e. Sintesis protein

7. Hasil akhir glikolisis adalah....
 - a. Asam laktat
 - b. Alkohol
 - c. Gula heksosa
 - d. Asam piruvat
 - e. Adenosin difosfat

8. Respirasi sel berlangsung melalui urutan proses....
 - a. Glikolisis, dekarboksilasi oksidatif, daur krebs
 - b. Glikolisis, sintesis, dekarboksilase oksidatif
 - c. Daur krebs, sintesis, dekarboksilase oksidatif
 - d. Daur krebs, glikolisis, dekarboksilase oksidatif
 - e. Desimilasi, asimilasi, glikolisis





F. Rangkuman

1. Tumbuhan juga melakukan katabolisme (respirasi) dan anabolisme (fotosintesis dan kemosintesis). Katabolisme adalah reaksi penguraian senyawa kompleks menjadi senyawa yang lebih sederhana dengan bantuan enzim. Berdasarkan kebutuhan akan oksigen, respirasi internal dibagi menjadi respirasi aerobik (memerlukan oksigen) dengan tiga tahap yaitu glikolisis, daur Krebs, dan transpor elektron serta respirasi anaerobik (tidak membutuhkan oksigen) yang menghasilkan fermentasi alkohol, asam laktat, atau asam sitrat.
2. Berdasarkan penambahan starter (kultur mikroorganisme), fermentasi dibedakan atas dua jenis:
 - a. Fermentasi spontan, berjalan alami, tanpa penambahan starter;
 - b. Fermentasi tidak spontan, berlangsung dengan penambahan starter/ragi.
3. Fermentasi ditujukan untuk memperbanyak jumlah mikroba dan menggiatkan metabolismenya dalam makanan.
4. Selama fermentasi terjadi beberapa perubahan karena kerja dari mikroba yang memang diinginkan dan pertumbuhannya dipacu. Mikroba fermentatif yang mengubah karbohidrat menjadi alkohol, asam, dan CO₂ pertumbuhannya cukup tinggi.
5. Keuntungan-keuntungan dari fermentasi antara lain:
 - a. Dapat mencegah pertumbuhan mikroba beracun;
 - b. Mempunyai nilai gizi tinggi dari bahan asalnya;
 - c. Dapat terjadi pemecahan bahan-bahan yang tidak dapat dicerna oleh enzim tertentu.
6. Kerugian dari fermentasi diantaranya adalah dapat menyebabkan keracunan karena toksin yang terbentuk.
7. Faktor-faktor yang mempengaruhi fermentasi:
 - a. Asam, Alkohol, Mikroba, Suhu, Oksigen, Garam.
8. Produk-produk fermentasi antara lain adalah:
 - a. Fermentasi Sayuran, Sosis, Roti, Kecap, Tauco, Brem, Nata de Coco





G. Umpan Balik dan Tindak Lanjut

Setelah mempelajari materi ini , dan mengerjakan tugas dan latihan , apakah anda telah menguasai materi ini, untuk selanjutnya isilah kolom tabel berikut dengan tanda centang (v) sesuai dengan keadaan sebenarnya !

No	Kemampuan Yang Di harapkan	Ya	Tidak
1	Dapat menjelaskan prinsip katabolisme		
2	Dapat mengidentifikasi tahapan respirasi aerob dan respirasi anaerob		
3	Dapat mengidentifikasi faktor yang mempengaruhi respirasi aerob		
4	Dapat memahami fermentasi		
5	Dapat mengidentifikasi faktor yang mempengaruhi respirasi anaerob		
6	Dapat memberikan contoh kegiatan fermentasi dalam kehidupan		

Apabila anda menjawab pada kolom Ya secara keseluruhan, maka lanjutkan mempelajari modul / pembelajaran berikutnya, tetapi apabila anda menjawab ada sebagian kolom tidak, maka silahkan anda mempelajari kembali materi yang pada kolom tidak tersebut .





H. Evaluasi

Evaluasi akan dilakukan terhadap sikap, pengetahuan dan ketrampilan. Penilaian sikap dan ketrampilan akan dilakukan melalui pengamatan selama kegiatan diklat.

Evaluasi pengetahuan akan dilakukan secara online dengan soal UKG (Uji Kompetensi Guru).





Kegiatan Pembelajaran 4.

Reproduksi Pada Tumbuhan Dan Hewan

A. Tujuan

Setelah menyelesaikan kegiatan ini :

1. Peserta diklat mampu mengidentifikasi Reproduksi pada tumbuhan dan hewan dengan benar

B. Indikator Pencapaian Kompetensi

1. Peserta diklat mampu mengidentifikasi reproduksi pada tumbuhan dengan benar
2. Peserta diklat mampu mengidentifikasi pemencaran alat perkembangbiakan pada tumbuhan
3. Peserta diklat mampu mengidentifikasi reproduksi pada hewan dengan benar
4. Peserta mampu menggunakan reproduksi pada tumbuhan dan hewan

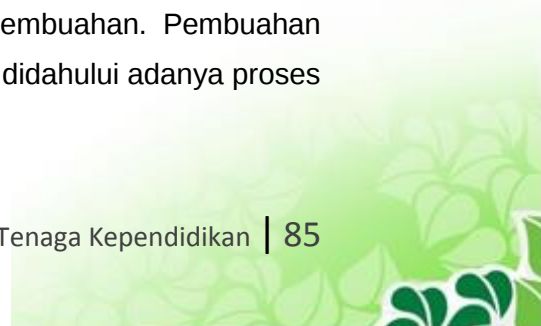
C. Uraian Materi

1. Reproduksi Pada Tumbuhan

Perkembangbiakan atau reproduksi bertujuan untuk melestarikan keberadaan suatu spesies agar tidak mengalami kepunahan. Pada umumnya reproduksi pada tumbuhan dapat dibedakan atas dua cara, yaitu secara vegetatif (aseksual) dan secara generatif (seksual).

a. Reproduksi secara Generatif pada tumbuhan

Reproduksi generatif adalah terjadinya individu baru yang didahului dengan peleburan dua sel gamet. Peristiwa ini disebut pembuahan. Pembuahan (fertilisasi) pada tumbuhan berbiji akan terjadi kalau didahului adanya proses penyerbukan (persarian/polenasi).



Macam-macam penyerbukan

1) Berdasarkan penyebab sampainya serbuk sari pada tujuan

a) *Anemogami: penyerbukan yang disebabkan oleh angin.*

Ciri-ciri tumbuhan yang penyerbukannya dibantu oleh angin ialah:

- bunganya tidak bermahkota, serbuk sarinya bergantung kedudukannya
- serbuk sarinya banyak dan ringan, kepala putiknya besar.

Contohnya: rumput, tebu, dan alang-alang.

b) *Zoidiogami: penyerbukan yang dibantu oleh hewan.*

Berdasarkan jenis hewannya dapat dibedakan lagi menjadi:

- Entomogami: penyebabnya adalah serangga. Tumbuhan yang penyerbukannya memerlukan bantuan serangga umumnya mempunyai ciri-ciri: mahkota bunga berwarna mencolok, mengeluarkan bau yang khas, mempunyai kelenjar madu
- Ornitogami: penyerbukan karena bantuan burung, terjadi pada tumbuhan yang bunganya mengandung madu atau air.
- Kiropterogami: penyerbukan karena bantuan kelelawar, terjadi pada tumbuhan yang bunganya mekar pada malam hari.
- Malakogami: penyerbukan karena bantuan siput, terjadi pada tumbuhan yang banyak dilekati siput.

c) *Hidrogami: penyerbukan karena bantuan air.* Ini pada umumnya terjadi pada tumbuhan yang hidup di dalam air, misalnya Hydrilla.

d) *Antropogami: disebut juga penyerbukan buatan atau sengaja, yaitu penyerbukan karena bantuan manusia.* Hal ini dilakukan oleh manusia karena tidak terdapatnya vektor yang dapat membantu penyerbukan. Contohnya, tumbuhan vanili.



pada kelompok padi, jagung, alang-alang, dsb penyerbukannya dibantu angin



kebanyakan bunga diserbuki serangga



Burung Kolibri, salah satu hewan penyerbuk

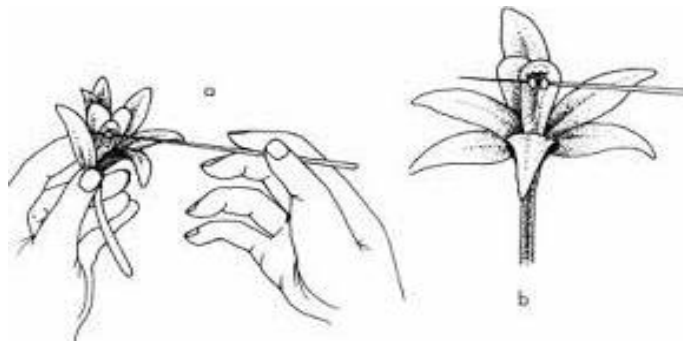


Bunga Vanili, salah satu contoh tumbuhan yang penyerbukannya dibantu manusia

Gambar 29. Penyerbukan Dibantu Faktor Luar, sumber Campbell 2006

2) Berdasarkan asal serbuk sari

- a) *Autogami atau penyerbukan sendiri*. Autogami dapat terjadi bila serbuk sari berasal dari bunga yang sama. Autogami sering terjadi pada saat bunga belum mekar disebut kleistogami.
- b) *Geitonogami atau penyerbukan tetangga*, yaitu penyerbukan di mana serbuk sari berasal dari bunga yang berlainan tetapi masih dalam satu individu.



Gambar 30. Penyerbukan Tetangga, sumber.Campbell 2006





- c) *Alogami* atau *penyerbukan silang*, yaitu penyerbukan di mana serbuk sari berasal dari bunga individu lain tetapi masih dalam satu species/jenis.
- d) *Bastar* yaitu penyerbukan di mana serbuk sari dan putik berasal dari spesies lain.

Terjadinya penyerbukan belum memberi jaminan akan terjadinya pembuahan, karena buluh serbuk sari yang berasal dari serbuk sari dalam perkembangan selanjutnya belum tentu dapat mencapai sel telur, yang letaknya di dalam bakal buah jauh dari kepala putik. Pada beberapa jenis tumbuhan penyerbukannya *tidak mungkin terjadi secara autogami (penyerbukan mandiri)*. Hal ini antara lain disebabkan oleh:

- a) *Dioseus (berumah dua)*, artinya alat kelamin jantan dan alat kelamin betina terdapat pada individu yang berbeda. Misalnya: melinjo dan salak.
- b) *Dikogami*, bila putik dan serbuk sari suatu bunga masaknya tidak bersamaan. Dikogami dapat dibedakan atas:
 - *Protandri*, bila serbuk sari suatu bunga masak lebih dulu dari pada putiknya. Contohnya: bunga jagung, seledri, dan bawang Bombay.
 - *Protogini*, bila putik suatu bunga masak lebih dulu dari serbuk sarinya. Contohnya: bunga kubis, bunga coklat, dan alpukat.
- c) *Herkogami*, ialah bentuk bunga yang sedemikian rupa, sehingga serbuk sari dari bunga tersebut tidak dapat jatuh pada kepala putiknya, kecuali dengan bantuan manusia atau hewan. Contoh: Anggrek, Vanili, dan lain sebagainya.
- d) *Heterostili*, ialah bunga yang mempunyai benang sari dan tangkai putik tidak sama panjang. Contoh: tumbuhan familia Rubiaceae (kopi, kina, kaca piring, dan lain sebagainya).

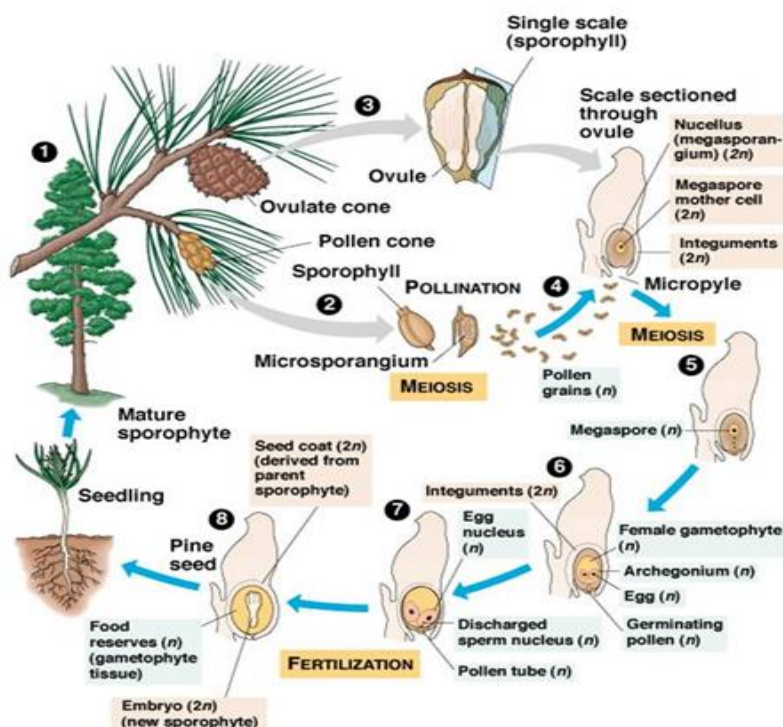




Pembuahan

Penyerbukan akan menghasilkan individu baru apabila diikuti oleh pembuahan, yaitu peleburan antara sel kelamin jantan dengan sel kelamin betina. Pada tumbuhan berbiji dikenal ada dua macam pembuahan, yaitu pembuahan tunggal pada Gymnospermae, dan pembuahan ganda pada Angiospermae.

1) Pembuahan tunggal



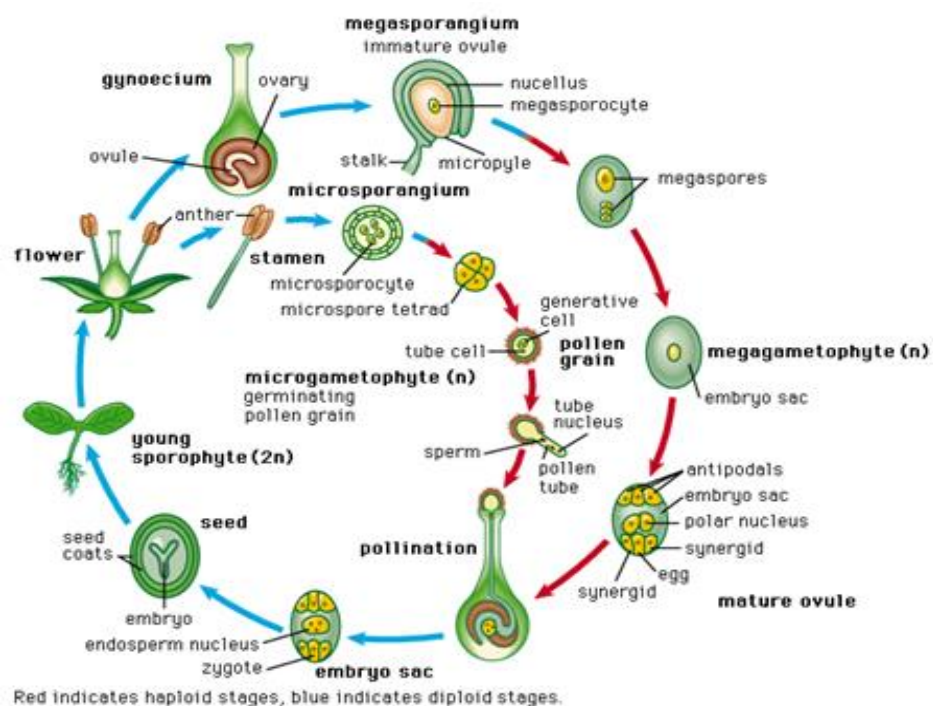
Gambar 31. Proses Pembuahan Tunggal Pada Pinus (Gymnospermae).
Sumber:Campbell 2006

Terjadi pada tumbuhan Gymnospermae atau tumbuhan berbiji terbuka. Serbuk sari akan sampai pada tetes penyerbukan, kemudian dengan mengeringnya tetes penyerbukan, serbuk sari yang telah jatuh di dalamnya akan diserap masuk ke ruang serbuk sari melalui mikrofili. Serbuk sari ini sesungguhnya terdiri atas dua sel, yaitu sel generatif atau yang kecil dan sel vegetatif yang besar, hampir menyelubungi sel generatif. Serbuk sari ini kemudian tumbuh membentuk buluh serbuk sari, yang kemudian bergerak ke ruang arkegonium. Karena pembentukan buluh serbuk sari maka sel-sel yang terdapat di antara ruang serbuk sari dan ruang arkegonium terdesak ke samping akan terlarut.



Sementara itu di dalam buluh ini sel generatif membelah menjadi dua dan menghasilkan sel dinding atau sel dislokator, dan sel spermatogen atau calon spermatozoid. Sel spermatogen kemudian membelah menjadi dua sel permatozoid. Setelah sampai di ruang arkegonium, sel vegetatif lenyap, dan kedua sel spermatozoid lepas ke dalam ruang arkegonium yang berisi cairan, sehingga spermatozoid dapat berenang di dalamnya. Pada ruang arkegonium terdapat sejumlah sel telur yang besar. Tiap sel telur bersatu dengan satu spermatozoid, sehingga pembuahan pada Gymnospermae selalu menghasilkan zigot yang kemudian tumbuh dan berkembang menjadi embrio. Pembuahan tunggal seperti ini misalnya terjadi pada pohon Pinus.

2) Pembuahan ganda



Gambar 32. Proses Pembuahan Ganda Pada Angiospermae, Sumber Campbell, 2006

Terjadi pada tumbuhan Angiospermae atau tumbuhan berbiji tertutup.



3) Perkembangan serbuk sari

Serbuk sari yang jatuh di kepala putih terdiri atas satu sel dengan dua dinding pembungkus, yaitu: eksin (selaput luar) dan intin (selaput dalam). Eksin pecah, kemudian intin tumbuh memanjang membuat buluh serbuk sari. Buluh serbuk sari ini akan tumbuh menuju ke ruang bakal biji. Bersamaan dengan ini inti sel serbuk sari membelah menjadi 2, yang besar didepan adalah **inti vegetatif** sebagai penunjuk jalan, dan yang kecil di belakang adalah inti generatif. Inti generatif membelah lagi menjadi dua inti generatif atau spermatozoid, yaitu **inti generatif 1** dan **inti generatif**.

4) Pembentukan sel telur

Bersamaan dengan perkembangan serbuk sari dalam buluh serbuk sari, di dalam ruang bakal biji **sel induk megaspore (megasporosit/makrosporosit)** membelah secara meiosis menjadi 4 sel. Tiga di antaranya mati dan yang satu tumbuh menjadi **sel megaspora/makrospora (inti kandung lembaga primer)**. Inti sel megaspora ini selanjutnya membelah mitosis 3x, sehingga terbentuklah 8 inti. Ke-8 inti tersebut kemudian masing-masing akan terbungkus membran sehingga menjadi sel yang terpisah. Karena itu sel-sel di dalam bakal biji sering disebut-**multigamet**.

Langkah berikutnya, 8 sel tersebut membentuk formasi di dalam bakal biji. Tiga sel menempatkan diri di bagian atas bakal biji disebut **antipoda**. Yang di bagian bawah dekat mikrofil, 3 sel menempatkan diri berdekatan. Yang tengah adalah **ovum**, sedang mengapitnya sebelah kanan dan kiri adalah **sinergid**. Dua sel yang tersisa bergerak ke tengah bakal biji dan bersatu melebur membentuk **inti kandung lembaga sekunder** sehingga menjadi sel yang diploid (2n). Jika terjadi pembuahan inti generatif 1 membuahi ovum membentuk zigot, sedang inti generatif 2 membuahi inti kandung lembaga sekunder menghasilkan endosperm (3n) sebagai cadangan makanan untuk zigot. Inilah yang dinamakan pembuahan ganda. Sementara itu inti vegetatif akan mati setelah sampai di bakal biji.





- a) inti generatif 1 (n) + ovum (n) $\longrightarrow$ zigot (2n)
- b) inti generatif 2 (n) + inti kandung lembaga sekunder (2n) $\longrightarrow$ endosperm (3n)

Masuknya inti generatif ke dalam ruang bakal biji ada beberapa cara, yaitu:

- a) Porogami : bila dalam pembuahan masuknya spermatozoid melalui mikrofil.
- b) Apogami : bila masuknya spermatozoid tidak melalui mikrofil. Bila masuknya spermatozoid melalui kalaza, maka disebut kalazogami.

Embrio pada tumbuhan berbiji dapat terjadi karena:

- a) Amfiksisi (amfiksisi), yaitu terjadinya embrio melalui peleburan antara ovum dan sel spermatozoid.
- b) Apomiksisi, embrio terjadi bukan dari peleburan sel telur dengan sel spermatozoid. Apomiksisi dapat terjadi karena:
 - Partenogenesis, yaitu pembentukan embrio dari sel telur tanpa adanya pembuahan.
 - Apogami, yaitu embrio yang terjadi dari bagian lain dari kandung lembaga tanpa adanya pembuahan, misalnya dari sinergid atau antipoda.
 - Embrioni adventif, yaitu embrio yang terjadi dari selain kandung lembaga. Misalnya, dari sel nuselus.

Terjadinya amfiksisi dan apomiksisi secara bersama-sama menyebabkan terdapatnya lebih dari satu embrio dalam satu biji. Peristiwa ini disebut *poliembrioni*. Poliembrioni sering dijumpai pada jeruk, mangga, nangka, dan sebagainya.



**b. Reproduksi Vegetatif pada tumbuhan**

Yaitu terjadinya individu baru tanpa didahului peleburan dua sel gamet. Dapat dibedakan menjadi dua macam:

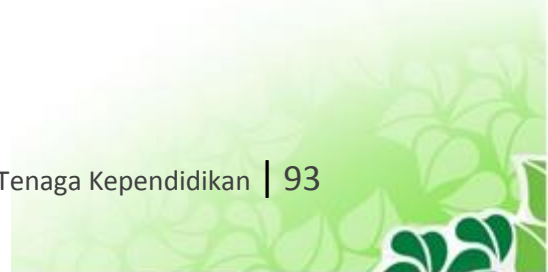
Perkembangbiakan vegetatif alami

Reproduksi vegetatif alami terjadi tanpa adanya campur tangan manusia. Rizom, stolon, kormus, umbi batang, dan bulbus (umbi lapis) merupakan struktur batang yang dapat tumbuh menjadi tumbuhan baru. Rizom merupakan batang yang tumbuh mendatar (lateral) di bawah tanah.

Dari batang yang mendatar tersebut akan muncul akar dan batang baru menjadi individu baru. Contoh tumbuhan yang berkembang biak dengan rizom adalah jahe (*Zingiber officinale*).

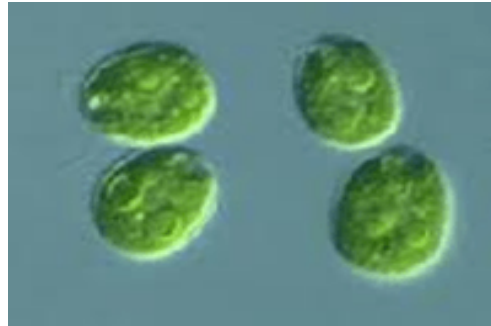
Reproduksi seperti ini terjadi dengan beberapa cara, yaitu:

- 1) Dengan pembelahan sel, terjadi pada tumbuhan bersel satu, misalnya alga bersel satu *Chlorella*, *Chlamydomonas*, dll.
- 2) Dengan menghasilkan spora vegetatif, misalnya pada tumbuhan paku, fungi, dan ganggang
- 3) Dengan rhizoma atau akar tinggal: pada irut, bunga tasbih, lengkuas, temulawak, dan kunyit.
- 4) Dengan stolon atau geragih, misalnya pada pegagan (*Sentela asiatica*), rumput teki (*Cyperus rotundus*), arbei, dan lain sebagainya.
- 5) Dengan umbi batang, misalnya pada kentang (*Solanum tuberosum*).
- 6) Dengan umbi lapis, misalnya pada bawang merah (*Allium cepa*).
- 7) Dengan umbi akar, misalnya pada ketela pohon
- 8) Dengan tunas, misalnya pada bambu (*Gigantochloa sp.*).
- 9) Dengan tunas adventif, misalnya pada cocor bebek





Gambar 33. Spora Pada Sporofil Paku, sumber Campbell, 2006



Gambar 34. Pembelahan Sel Pada Chlorella, Sumber.Campbell 2006



Gambar 35. Rhizoma Lengkuas, sumber.Campbell 2006



Gambar 36. Stolon Pada Rumput, Sumber.Campbell 2006



Gambar 37. Umbi Lapis Bawang Merah, Sumber Campbell 2006



Gambar 38. Umbi Wortel, sumber Campbell 2006



Gambar 39. Umbi Akar Pada Singkong, sumber Campbell 2006



Gambar 40. Tunas Adventif pada Cocor Bebek, sumber.Campbell 2006





Gambar 41. Tunas Pada Bambu.
Sumber Campbell 2006

Reproduksi vegetatif buatan

Reproduksi secara vegetatif secara buatan adalah perkembangbiakan vegetatif yang sengaja dilakukan atau dibuat oleh manusia. Reproduksi ini tidak terjadi dengan sendirinya. Reproduksi vegetatif secara buatan sering dilakukan untuk menghasilkan individu baru yang memiliki sifat sama dengan induknya. Selain itu, dengan reproduksi vegetatif akan lebih cepat diperoleh hasil. Beberapa cara reproduksi vegetatif secara buatan adalah *mencangkok*, *merunduk*, dan *setek*.

1) Mencangkok

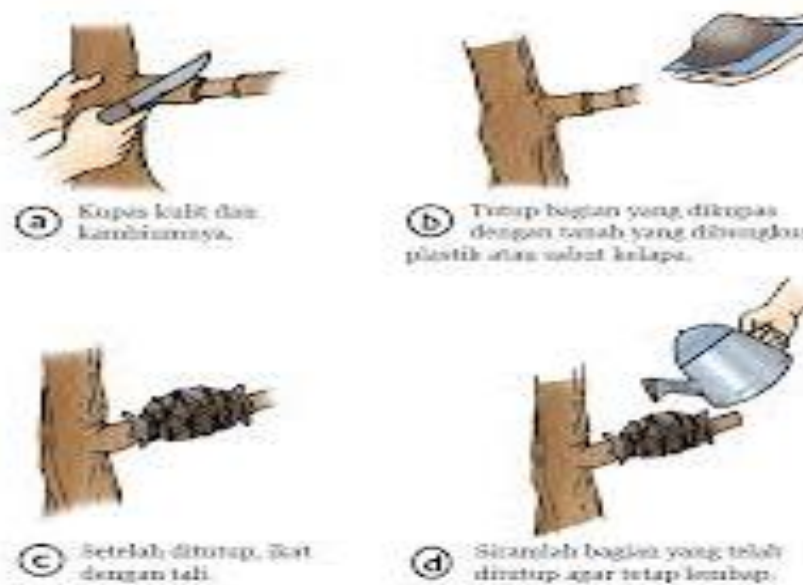
Berbagai macam pohon buah-buahan lazim dikembangkan dengan cangkok, misalnya magga, jambu dan belimbing. Dengan mencangkok, rasa dan hasil yang diperoleh akan sama dengan induknya. Misalnya, bila induk berbuah lebat dan manis maka tanaman hasil cangkakan juga akan berbuah lebat dan manis. Hal-hal yang perlu kamu ingat dalam membuat cangkakan adalah sebagai berikut.

- a. Membuat kulit cabang pada bagian yang akan dicangkok. Tujuannya adalah agar pengangkutan dari dahan tersebut ke bagian lain terputus.
- b. Membuang kambium pada batang. Jika kambium tidak dibuang, akan terbentuk kulit baru dan cangkakan gagal.

Cangkakan dibuat pada cabang batang yang tidak terlalu besar, kira-kira bergaris tengah 2,5 cm. Tidak jauh dari pangkalan dahan, kulit batang dibuang menurut lingkarang batang sepanjang kira-kira 10 cm.



Kambium dikikis dan dibersihkan. Setelah terasa tidak licin, bagian kayu yang terbuka ditutup dengan tanah lembab. Kemudian tanah penutup itu dibungkus dengan ijuk, sabut kelapa atau plastik dan diikat di kedua ujungnya. Tanah penutup itu harus selalu lembab sehingga perlu disiram secara tertatur. Cangkokan berhasil bila tumbuhan akar pada bagian di atas luka. Apabila akar sudah cukup banyak dahan dapat dipotong kemudian ditanam. Pada saat menanam, daun pada cangkokan dikurangi untuk mengurangi penguapan.



Gambar 42. Mencangkok, Sumber Campbell, 2006

2) Merunduk

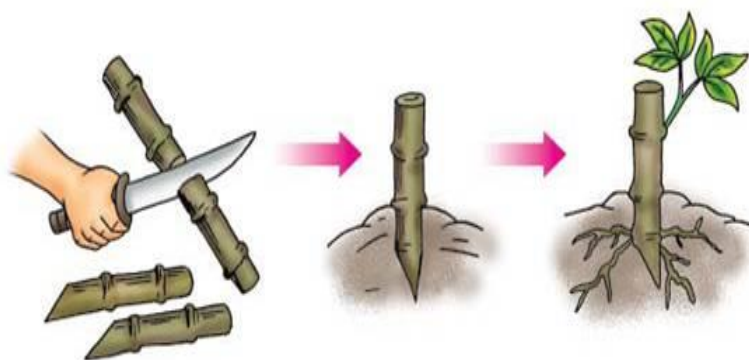
Perkembangbiakan dengan merunduk bisa dilakukan pada alamanda, apel, dan bunga kertas. Tumbuhan ini umumnya mempunyai ranting yang panjang. Bila ranting tersebut dibengkokkan ke dalam tanah dengan ujung tersembul ke permukaan, maka di bagian yang tertimbun tanah akan tumbuh akar. Setelah akar itu kuat, batang yang menghubungkan dengan indunya dapat dipotong.



Gambar 43. Merunduk Sumber Campbell, 2006

3) Setek

Cara setek biasa dilakukan pada tumbuhan berbunga, misalnya mawar, melati, dan nusa indah. Untuk membuat setek, dahan atau ranting yang sudah dewasa dipotong. Potongan dahan tersebut kemudian ditancapkan ke tanah yang cukup gembur. Setelah beberapa hari, potongan batang tersebut kerakar sehingga menjadi tumbuhan baru. Oleh karena bagian tumbuhan yang disetek adalah batang, cara ini disebut setek batang. Pada tumbuhan begolia, daun begolia dapat dipotong kemudian ditanam terpisah dari tanaman induknya. Dari tulang daun tersebut tumbuh tanaman baru.



Gambar 44. Stek Pada Singkong, sumber Campbell, 2006

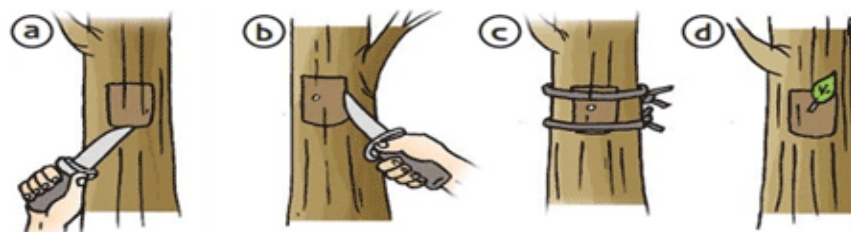
4) Menempel (Okulasi)

Sesungguhnya, okulasi tidak termasuk reproduksi karena dalam okulasi tidak terjadi perbanyakan individu. Okulasi bertujuan menggabungkan sifat tanaman yang berbeda. Misalnya, tanaman A mempunyai akar dan batang yang kuat, tetapi berbuah asam. Sebaliknya, tanaman B mempunyai akar dan batang lemah, tetapi berbuah manis dan besar.



Kedua sifat digabungkan dengan cara menempelkan tunas dari tanaman B ke tanaman A. Hasilnya, tanaman mempunyai akar dan batang kuat, berbuah manis dan besar. Haarus diperhatikan bahwa tanaman yang digunakan untuk menempel harus satu spesies. Menempel biasanya dilakukan pada tanaman buah-buahan. Untuk mendapatkan batang pokok yang berakar kuat, dapat dilakukan dengan penyemaian biji. Setelah benih tumbuh dan ukuran batangnya sebesar ibu jari, batang tersebut dapat digunakan sebagai batang pohon. Cara menempel sebagai berikut.

Dengan menggunakan pisau yang bersih dan tajam, pada batang dibuat torehan berbentuk huruf T. Kemudian, dari batang lainnya diambil mata tunas yang akan ditempel. Mata tunas tersebut kemudian disisipkan pada torehan batang pokok. Tepian luka pada batang pokok diolesi parafin dan diikat. Setelah 15-20 hari, tali ikatan dapat dibuka. Apabila kulit tempelan telah bersatu dengan batang pokok mata tunas tumbuh, maka okulasi dikatakan berhasil. Untuk memusatkan tumbuhan tunas yang ditempelkan, bagian atas dari batang pokok (di atas titik okulasi) dipotong. Agar tidak kemasukan bibit penyakit, bekas potongan diplesi dengan parafin. Okulasi termasuk cara perbanyakan tanaman yang cukup populer. Ada beberapa cara yang bisa memengaruhi keberhasilan okulasi.



Keterangan:

- Iris kulit batang yang akan ditempel.
- Iris kulit batang yang memiliki tunas sebesar irisan batang yang akan ditempel.
- Irisan yang memiliki tunas ditempel pada batang yang akan ditempel.
- Potonglah bagian atas batang jika tunas telah muncul.

Gambar 45. Cara Okulasi (menempel), sumber Campbell 2006

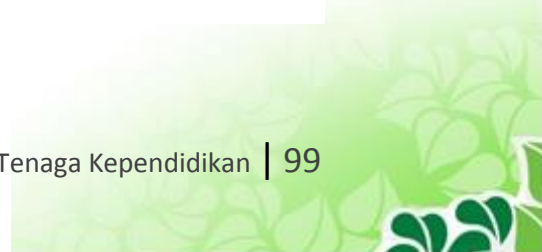


5) Menyambung

Sama halnya dengan menempel, menyambung juga tidak termasuk reproduksi. Tujuan orang menyambung sama dengan menempel. Menyambung banyak dilakukan oleh petani buah-buahan. Sebelumnya, dilakukan penyemaian biji untuk mendapatkan tanaman dengan akar yang kuat. Tanaman ini akan digunakan sebagai tanaman batang pokok. Pada saat bibit yang tumbuh telah mempunyai batang sebesar ibu jari, penyambungan dapat dilakukan. Bibit tanaman yang akan dijadikan batang pokok (tanaman A) dipotong lebih kurang 10 cm dari permukaan tanah dengan kemiringan potongan 45° . ranting tanaman sejenis buah bagus (tanaman B) juga dipotong dengan kemiringan 45° . Ranting tanaman B harus mempunyai mata tunas. Kemudian, kedua potongan disambungkan dan diberi penyangga di samping kiri dan kanan bagian yang di sambung. Kambium dari kedua potongan yang disambung diusahakan tepat bertemu. Oleh karena itu, sebaiknya kedua tanaman yang akan disambung mempunyai besar yang sama. Sambungan itu diikat dengan tali pengikat. Kemudian, jumlah daun dikurangi untuk mengurangi penguapan.

6) Kultur jaringan

Teknik kultur jaringan memanfaatkan prinsip perbanyakan tumbuhan secara vegetatif.^[1] Berbeda dari teknik perbanyakan tumbuhan secara konvensional, teknik kultur jaringan dilakukan dalam kondisi aseptik di dalam botol kultur dengan medium dan kondisi tertentu.^[1] Karena itu teknik ini sering kali disebut kultur *in vitro*. Dikatakan *in vitro* (bahasa Latin), berarti "di dalam kaca" karena jaringan tersebut dibiakkan di dalam botol kultur dengan medium dan kondisi tertentu. Teori dasar dari kultur *in vitro* ini adalah Totipotensi.^[3] Teori ini mempercayai bahwa setiap bagian tanaman dapat berkembang biak karena seluruh bagian tanaman terdiri atas jaringan-jaringan hidup. Oleh karena itu, semua organisme baru yang berhasil ditumbuhkan akan memiliki sifat yang sama persis dengan induknya.





Gambar 46. Hasil Kultur Jaringan Tanaman

Jenis kultur jaringan

a) Kultur meristem

Kultur meristem adalah kultur yang menggunakan eksplan yang berasal dari jaringan meristem, biasanya di peroleh dari meristem apikal atau meristem tunas aksilar. Pada ujung pucuk, jaringan ini berada dibagian dalam, oleh karena itu, untuk mengambil jaringan ini agar dapat digunakan sebagai eksplan, kita membutuhkan mikroskop.

b) Kultur protoplasma

Protoplas adalah sel dalam keadaan telanjang. Fusi protoplas (yang terjadi didalam sel tanpa campur tangan manusia) adalah proses alamiah yang terjadi pada tumbuhan rendah sampai tingkat tinggi. Pada proses pembuahan terjadi penyatuan gamet jantan (sub protoplas) dengan gamet betina (protoplas) menjadi zigot (hibrida seksual). Sel-sel tanaman tingkat tinggi berhubungan satu dengan lainnya melalui plasmodesmata, hubungan sel melalui plasmodesmata ini merupakan fusi protoplas dengan protoplas terjadi secara alamiah.

**c) Kultur Kalus**

Pada awal kultur kalus bertujuan untuk mempelajari proses dediferensiasi dan diferensiasi sel dan jaringan pada kultur in vitro dan memperoleh kalus dari eksplan yang dikulturkan. Saat ini kultur kalus dan suspensi sel banyak dilakukan dalam penelitian untuk menghasilkan metabolit sekunder.

d) Kultur Suspensi

Kultur suspensi sangat berguna dalam penelitian metabolit primer maupun sekunder, juga untuk regulasi nitrogen didalam organ dan asimilasi sulfur, metabolisme karbohidrat dan karbon fotosintetik. Namun kultur sel kulit dipakai untuk penelitian-penelitian path-way (biosintesis) senyawa tertentu.

Kultur sel dilakukan dengan menggunakan eksplan adalah kalus. Kalus dipindahkan ke media cair untuk menginduksi sel-sel independen atau inisiasi suspensi sel. Pada kultur sel ini juga harus dilakukan subkultur secara periodik, tergantung tujuannya yaitu ke media yang sama atau modifikasi untuk memperbanyak suspensi sel atau ke media regenerasi (media padat). Untuk regenerasi harus didahulukan menginduksi munculnya tunas, setelah muncul tunas kemudian baru diinduksi pembentukan akar.

Keunggulan dan Kelemahan Teknik Kultur Jaringan**a) Keunggulan**

Keunggulan dari teknik kultur jaringan ini diantaranya bibit yang dihasilkan mempunyai sifat yang identik dengan induknya; dapat memperoleh bibit dalam jumlah yang banyak dan dalam waktu lebih singkat sehingga tidak memerlukan tempat yang luas; kualitas bibit yang lebih terjamin; kecepatan tumbuh bibit yang dihasilkan iasanya lebih cepat dibandingkan dengan perbanyakan secara konvensional; dan pengadaan bibit tidak tergantung dengan musim.





b) Kelemahan

Selain memiliki keunggulan, teknik kultur jaringan juga memiliki beberapa kelemahan, diantaranya yaitu :

- Penggunaan teknik kultur jaringan dapat mengurangi atau menutup kesempatan kerja karena untuk menghasilkan bibit dengan teknik kultur jaringan dapat dihasilkan 200.000 bibit per tahun per orang.
- Kesulitan dalam penanganan plantlet kecil yang dihasilkan.
- Kestabilan genetik yang tidak selalu dapat dipertahankan.
- Tingkat keberhasilan teknik kultur jaringan ini sangat tergantung pada optimalisasi dari genotipe, penyakit (patogen eksternal dan internal), juvenilitas, seleksi bahan tanam serta pengaruh media dan hormon.

7) Keuntungan dan kerugian reproduksi vegetatif buatan

a) Keuntungan

Banyak petani yang mengembangkan cara reproduksi pada tanaman buah-buahan, tanaman liar, dan lain-lain dengan cara mencangkok, stek, merunduk, okulasi, mengenten dan lain-lain. Cara ini memberikan beberapa keuntungan antara lain:

- Sifat tanaman baru akan sama persis dengan sifat tanaman induk.
- Cepat menghasilkan buah.

b) Kerugian reproduksi vegetative buatan, antara lain:

- Tanaman yang berasal dari stek ataupun mencangkok umumnya mempunyai sistem perakaran yang kurang kuat.
- Perkembangbiakan secara vegetatif dapat menghasilkan sedikit keturunan.
- Bila tanaman hasil reproduksi vegetatif dipotong ranting-rantingnya maka dapat menyebabkan menurun pertumbuhannya.

Karena dalam reproduksi secara vegetatif tidak terjadi penggabungan sifat-sifat dari induknya, maka dihasilkan keturunan baru yang sifatnya sama dengan sifat induknya





2. Reproduksi Pada Hewan

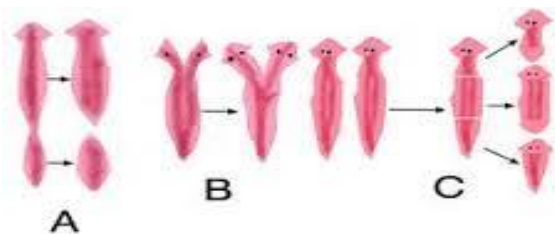
a. Reproduksi Vegetatif Pada Hewan

Reproduksi vegetative adalah cara reproduksi makhluk hidup secara aseksual (tanpa adanya peleburan sel kelamin jantan dan betina). Reproduksi vegetatif bisa terjadi secara alami maupun buatan. Perkembangbiakan dengan membelah diri biasanya terjadi pada hewan tingkat rendah, bersel satu/protozo, misalnya: amuba dan paramaecium.

Reproduksi aseksual/vegetative meliputi :

1) Fragmentasi

Fragmentasi adalah perkembangbiakan dengan memotong bagian tubuh, kemudian potongan tubuh tersebut tumbuh menjadi individu baru. Hewan yang melakukan reproduksi secara fragmentasi adalah cacing Planaria. Cacing Planaria mempunyai daya regenerasi yang sangat tinggi. Seekor cacing Planaria yang dipotong menjadi dua bagian, masing-masing potongan akan tumbuh dan berkembang menjadi dua ekor cacing Planaria.

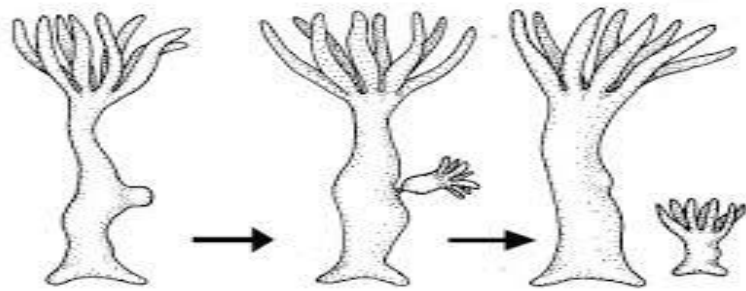


Gambar 47. Reproduksi Pada Cacing Planaria
Sumber: Campbell, 2006

2) Pembentukan Tunas

Tunas adalah cara perkembangbiakan di mana individu baru merupakan bagian tubuh dari induk yang terlepas kemudian tumbuh. contoh Hewan yang berkembang biak dengan membentuk tunas ialah *Hydra* sp. Individu baru *Hydra* terbentuk dari bagian tubuh *Hydra* dewasa. Setelah cukup besar, tunas akan melepaskan diri dari tubuh induknya. Hewan lain yang melakukan reproduksi dengan tunas misalnya ubur-ubur, hewan karang, dan anemon laut.





Gambar 48. Tunas pada *Hydra* sp, sumber Campbell 2006

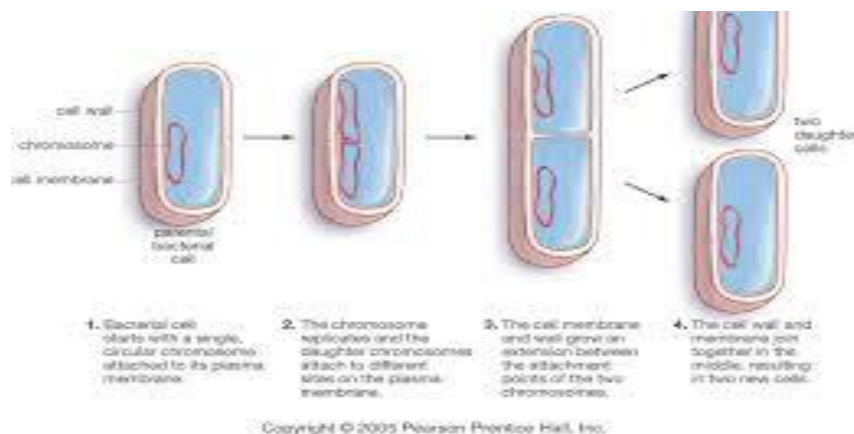
3) Sporulasi

Sporulasi adalah proses pembelahan berganda (pembelahan multipel) yang menghasilkan spora. Hewan yang melakukan reproduksi dengan sporulasi adalah *Plasmodium* sp.

4) Membelah Diri

Reproduksi dengan cara membelah diri hanya terjadi pada protozoa (hewan bersel satu), misalnya *Amoeba*, *Paramecium*, dan *Euglena*.

Proses pembelahan diawali dengan proses pembelahan inti sel menjadi dua, kemudian diikuti pembelahan sitoplasma menjadi dua bagian yang masing-masing menyelubungi masing-masing nukleus tersebut. Selanjutnya, bagian tengah sitoplasma menyempit dan diikuti pemisahan yang membentuk dua individu. Pada saat keadaan lingkungan kurang menguntungkan, Amoeba akan melindungi diri dengan membentuk *kista* yang berdinding sangat kuat.



Gambar 49. Pembelahan Biner Pada Bakteri, sumber Campbell, 2006



5) Partenogenesis

Partenogenesis adalah bentuk reproduksi aseksual di mana betina memproduksi sel telur yang berkembang tanpa melalui proses fertilisasi. Partenogenesis dapat kita lihat pada kutu daun, lebah, kutu air, dan beberapa invertebrata lainnya, juga pada beberapa tumbuhan. Komodo dan hiu ternyata juga mampu bereproduksi secara partenogenesis, bersama dengan beberapa genera ikan, amfibi, dan reptil - yang telah menunjukkan bentuk reproduksi aseksual yang berbeda, termasuk partenogenesis sejati, gynogenesis, dan hybridogenesis (bentuk tidak sempurna dari partenogenesis).

b. Perkembangbiakan Hewan secara Generatif

Coba perhatikan hewan-hewan yang terdapat pada gambar di bawah ini! Tahukah kamu hewan apa saja dan bagaimana cara hewan-hewan tersebut berkembang biak?



Gambar 50. Cara-cara Hewan Berkembang Biak, sumber Campbell 2006

Perkembangbiakan secara generatif adalah perkembangbiakan dengan melalui proses perkawinan. Proses perkawinan yang terjadi kemudian akan menghasilkan individu-baru-berupa-anak.

Ada 3 cara calon anak keluar dari induknya, yaitu: **bertelur (ovipar)**, **melahirkan (vivipar)**, dan **bertelur-melahirkan (ovovivipar)**.



1) Bertelur (ovipar)

Dapatkah kamu menyebutkan contoh-contoh hewan yang berkembang biak dengan cara bertelur? Jenis hewan yang berkembang biak dengan cara bertelur antara lain unggas (bangsa burung), ikan, katak (amfibi), dan serangga.

Cara berkembang biak dengan bertelur disebut ovipar. Ovipar berasal dari kata ovum yang berarti telur. Ovum (telur) dihasilkan oleh hewan betina dan akan dibuahi oleh sperma yang dihasilkan oleh hewan jantan.

Proses pembuahan ovum oleh sperma ada yang terjadi di dalam tubuh induk betina dan ada yang terjadi di luar tubuh induk betina. Pembuahan yang terjadi di dalam tubuh induk betina disebut pembuahan internal. Contohnya terjadi pada unggas dan serangga. Pembuahan yang terjadi di luar tubuh induk betina disebut pembuahan eksternal. Contohnya terjadi pada ikan dan katak.

Cara Bertelur pada Unggas (Jenis Burung)

Ayam jantan membuahi telur pada saat telur berada di dalam tubuh ayam betina. Pada saat itu kulit telur (cangkang) yang keras belum terbentuk. Setelah telur dibuahi, maka telur akan keluar melewati saluran telur. Di dalam saluran telur inilah telur terbungkus oleh putih telur dan cangkang yang masih lemah.



Gambar 51. Ayam Sedang Mengerami Telurnya



Setelah prosesnya sempurna, telur akan dikeluarkan oleh ayam betina melalui kloaka (lubang pengeluaran pada ayam). Telur yang keluar telah dilengkapi dengan kuning dan putih telur yang berfungsi sebagai cadangan makanan bagi calon anak. Telur juga telah terbungkus cangkang yang akan mengeras setelah beberapa-saat-berada-di-luar. Setelah telur-telur keluar, maka telur-telur itu akan dierami oleh induknya. Ayam mengerami telurnya selama kurang lebih 21 hari. Setelah dierami telur-telur akan menetas, pecah, dan muncullah anak-anak-ayam.

2) Melahirkan (Vivipar)

Cara berkembang biak dengan cara melahirkan disebut vivipar. Hewan yang melahirkan adalah bangsa mamalia. Mamalia ada yang hidup di darat dan ada yang hidup di air. Mamalia yang hidup di darat antara lain kucing, anjing, sapi, dan kambing. Mamalia yang hidup di air antara lain lumba-lumba, paus, dan singa laut.

Hewan yang melahirkan juga mempunyai telur yaitu sel telur (ovum). Ukuran telurnya kecil karena tidak dilengkapi kuning telur dan putih telur sebagai cadangan makanan dan tidak terbungkus oleh cangkang (kulit telur yang keras). Telur yang ada juga tidak dikeluarkan dari tubuh hewan betina. Telur tersebut dibuahi oleh sperma hewan jantan di dalam saluran telur hewan betina saat terjadi perkawinan dan kemudian terbentuk zigot (calon bayi). Zigot tumbuh menjadi embrio dan menuju ke rahim. Embrio berkembang di dalam rahim dan mendapatkan makanan langsung dari induk betina melalui plasenta (ari-ari). Selama embrio mengalami pertumbuhan dan perkembangan di dalam rahim, hewan betina mengalami masa mengandung. Lama masa mengandung berbeda antara hewan yang satu dengan lainnya. Setelah masa mengandung sempurna, hewan betina akan melahirkan anak. Ketika dilahirkan, bayi mamalia masih lemah dan membutuhkan perawatan induknya. Sang induk akan menyusui bayi dan menjaga bayi tersebut sampai bisa mandiri.



3) Bertelur dan Melahirkan (Ovovivipar)

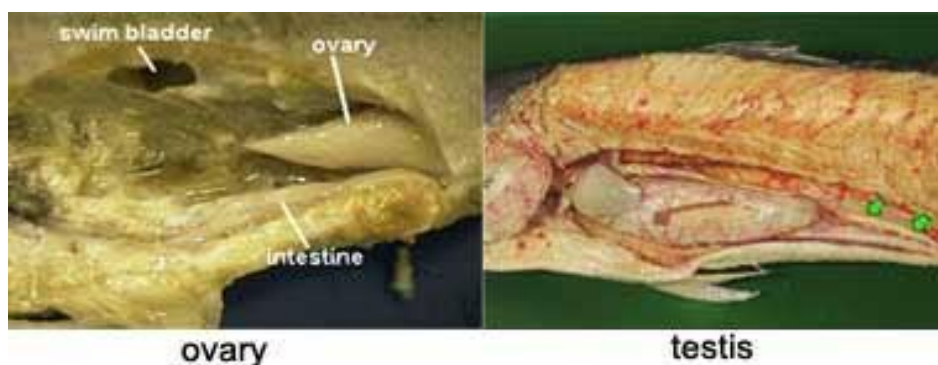
Cara berkembang biak dengan bertelur dan melahirkan disebut ovovivipar. Pada hewan ovovivipar, pembuahan terjadi di dalam tubuh hewan betina.

Dalam telur yang telah dibuahi terbentuk zigot dan selanjutnya zigot tumbuh menjadi embrio. Selama pertumbuhan embrio di dalam telur, telur tidak dikeluarkan melainkan masih berada di dalam saluran telur. Embrio mendapatkan makanannya dari cadangan makanan di dalam telur, tidak langsung dari induknya. Setelah embrio tumbuh sempurna di dalam telur, induk betina akan melahirkannya. Contoh hewan yang mengalami ovovivipar adalah kadal dan beberapa jenis ular.

Reproduksi Pada Hewan Vertebrata

1) Reproduksi pada Pisces (Ikan)

Ikan adalah anggota **vertebrata poikilothermik** (berdarah dingin) yang hidup di air dan bernapas dengan **insang**. Ikan merupakan kelompok vertebrata yang paling beraneka ragam dengan jumlah **spesies** lebih dari 27,000 di seluruh dunia. Untuk meneruskan keturunan tentu saja ikan perlu bereproduksi. Pada dunia perikanan, organ dalam pada ikan ini biasa disebut **Gonad**.



Gambar 52. Ovary dan Testis Ikan

Proses fertilisasi/pembuahan pada ikan ada 2 cara, yakni pembuahan di dalam (**internal fertilization**) dan pembuahan di luar (**external fertilization**).



2) Reproduksi pada amfibi

Amfibi membuahi telur mereka dalam berbagai cara. Fertilisasi eksternal, digunakan oleh sebagian besar katak dan kodok, melibatkan jantan memegang perempuan dalam pose yang disebut amplexus. Dalam amplexus, sperma jantan di rilis diatas telur betina saat mereka diletakkan. Terlalu berisiko adalah metode yang digunakan oleh banyak salamander dimana deposito paket sperma jantan yang disebut spermatophore diletakan ke tanah. Betina kemudian menariknya ke kloaknya di mana fertilisasi terjadi secara internal. Sebaliknya, caecilian dan katak ekor menggunakan fertilisasi internal seperti reptil, burung dan mamalia. Deposito sperma jantan langsung ke kloaka betina melalui organ intromittent.

3) Reproduksi pada Reptil

Reproduksi seksual pada Reptil diawali dengan perkawinan yang diikuti dengan terjadinya fertilisasi. Fertilisasi tersebut kemudian menghasilkan zigot yang akan berkembang menjadi embrio.

Ovipar (Bertelur)

Ovipar merupakan embrio yang berkembang dalam telur dan dilindungi oleh cangkang. Embrio mendapat makanan dari cadangan makanan yang ada di dalam telur. Telur dikeluarkan dari tubuh induk betina lalu dierami hingga menetas menjadi anak. Ovipar terjadi pada jenis reptil Non Venom (Phyton, Molleria, Collubrid), Venom (Naja, Ophiophagus hannah, Boiga,dsb) .

Ovovivipar (Bertelur dan Beranak)

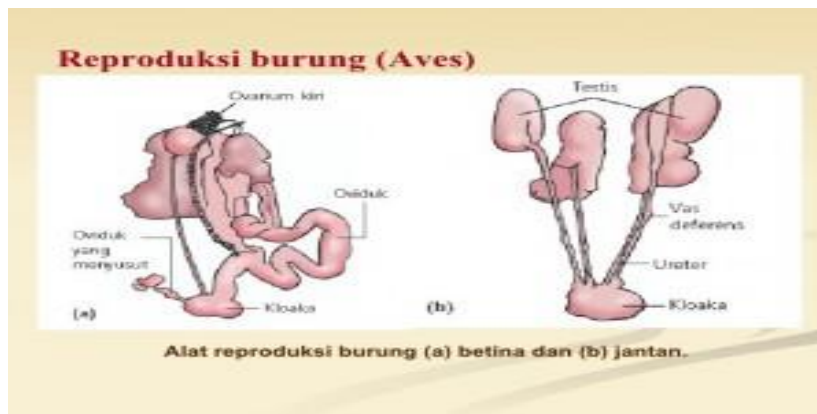
Ovovivipar merupakan embrio yang berkembang di dalam telur, tetapi telur tersebut masih tersimpan di dalam tubuh induk betina. Embrio mendapat makanan dari cadangan makanan yang berada di dalam telur. Setelah cukup umur, telur akan pecah di dalam tubuhnya dan anak akan keluar dari vagina induk betinanya. Contoh hewan ovovivipar adalah kelompok reptil (kadal, BCI, Anaconda, ular pucuk, Monop tanah, monop air).



Kelompok reptil seperti kadal, ular dan kura-kura merupakan hewan-hewan yang fertilisasinya terjadi di dalam tubuh (fertilisasi internal). Umumnya reptil bersifat ovipar, namun ada juga reptil yang bersifat ovovivipar, seperti ular garter dan kadal.

4) Reproduksi Pada Burung

Dari sel ke sel telur untuk anak burung, adalah proses yang menakjubkan. Dengan kesatuan sel sperma ke sel telur, sel tunggal berkembang menjadi embrio dan kehidupan baru dimulai.



Gambar 53. Sistem Reproduksi Pada Burung

Organ Reproduksi Jantan

Burung jantan memiliki sepasang testis yang menyerupai bentuk kacang dan masing-masing berada di depan lobus atas ginjal. Selama musim non-breeding testis sulit untuk menemukan karena ukurannya yang kecil, tapi selama musim kawin mereka dapat tumbuh sebanyak beberapa ratus kali ukuran non-peternakan mereka. Seperti pada mamalia, sel sperma burung tidak bisa berkembang sepenuhnya pada suhu tinggi yang ditemukan dalam rongga tubuh. Beberapa burung mengalami penurunan malam suhu tubuh yang memungkinkan sel sperma untuk mengembangkan, sementara burung lainnya memiliki pembengkakan di ujung tabung (vas deferens). Tabung ini menghubungkan testis ke kloaka, dan fungsi seperti mamalia skrotum memegang sperma jauh dari suhu tubuh yang lebih tinggi yang berada dalam perut.



Organ Reproduksi Betina

Organ betina terdiri dari ovarium dan saluran telur yang mengarah ke kloaka. Dengan sebagian besar spesies burung, ovarium adalah di sisi kiri dengan sisi kanan menjadi terbelakang dan nonfungsional. Diperkirakan bahwa menjadi hanya satu sisi mengurangi berat badan dan menghilangkan kemungkinan membawa dua besar, telur rapuh dalam rongga perut pada saat yang sama. Ovarium ketika matang tampak seperti sekelompok anggur. Mungkin berisi hingga 4.000 telur kecil yang dapat berkembang menjadi kuning. Ovarium membesar selama musim kawin sebanyak lima puluh kali beratnya non-peternakan. Saluran telur adalah tabung melingkar yang besar di mana seluruh bagian telur terbentuk kecuali kuning telur. Ini terdiri dari beberapa bagian. Mulai dari atas: ostium, saluran infundibular, daerah magnum, isthmus, uterus dan vagina. Mereka masing-masing memainkan peran dalam perkembangan telur.

Ketika kelenjar hipofisis otak melepaskan hormon luteinizing, LH, ovulasi dimulai. Kantung sekitar pecah kuning dan melepaskan kuning dari folikel, kuning telur disimpan utuh oleh membran halus yang disebut vitelline tersebut. Kuning telur adalah dari ditelan oleh infundibulum, dengan tipis, corong seperti bibirnya. Jika infundibulum tidak dapat mengambil kuning telur, biasanya diserap oleh rongga perut atau dapat menyebabkan peritonitis, suatu inflammtion selaput rongga perut. Setelah di dalam pembuahan infundibulum dapat dimulai. Sperma telah disimpan dalam kelenjar atau sarang, yang terletak di infundibulum dan dirilis sebagai kuning telur lewat. Sel sperma harus menembus membran vitelline tipis dan mencapai sel betina untuk menyelesaikan pembuahan.

5) Reproduksi pada Mamalia

Komponen Organ Reproduksi Mamalia Betina

Hewan mamalia betina memiliki organ reproduksi primer dan sekunder. Organ reproduksi primer yaitu ovarium. Ovarium menghasilkan ova (sel telur) dan hormon-hormon kelamin betina.



Organ reproduksi sekunder atau saluran reproduksi terdiri dari oviduk, uterus, serviks, vagina, dan vulva. Fungsi organ-organ reproduksi sekunder menerima, menyalurkan, dan menyatukan sel-sel kelamin jantan dan betina; memberi lingkungan; memberi makan; melahirkan individu baru. Alat-alat kelamin dalam digantung oleh ligamentum lata. Ligamentum ini terdiri dari mesovarium (penggantung ovarium), mesosalpink (penggantung oviduk), dan mesometrium (penggantung uterus).

6) Reproduksi buatan Pada Ternak

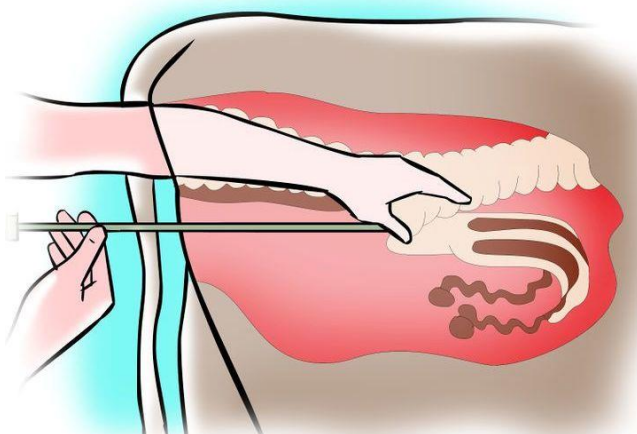
a) IB (Inseminasi Buatan)

Inseminasi buatan atau **inseminasi artifisial** (bahasa Inggris: *artificial insemination, AI*) adalah pemasukan secara sengaja sel sperma ke dalam rahim atau serviks seorang wanita dengan tujuan memperoleh kehamilan melalui inseminasi (fertilisasi *in vivo*) dengan cara selain hubungan seksual. Metode ini merupakan salah satu cara penanganan fertilitas pada manusia, dan merupakan suatu praktik umum dalam pemuliaan hewan seperti sapi perah dan babi.

Inseminasi buatan dapat menggunakan teknik-teknik peternakan, donasi sperma, dan teknologi reproduksi berbantuan. Teknik-teknik inseminasi buatan yang tersedia meliputi inseminasi intraservikal (ICI) dan inseminasi intrauterin (IUI). Inseminasi buatan utamanya diharapkan oleh para wanita yang ingin melahirkan anak mereka sendiri. Mereka mungkin saja berada dalam hubungan heteroseksual namun pasangan prianya mengalami infertilitas, dalam hubungan lesbian, atau adalah wanita lajang. ICI dianggap sebagai teknik inseminasi yang paling mudah dan paling umum serta mungkin saja digunakan di rumah untuk inseminasi diri sendiri tanpa bantuan praktisi medis.^[1] Dibandingkan dengan inseminasi alami (yaitu inseminasi dengan hubungan seksual), inseminasi buatan dipandang lebih mahal dan lebih berbahaya, serta memerlukan bantuan profesional.



Terdapat hukum di sejumlah negara yang membatasi serta mengatur siapa saja yang dapat menyumbangkan sperma dan siapa saja yang dapat menerima inseminasi buatan, juga konsekuensi-konsekuensi dari inseminasi tersebut. Beberapa wanita yang tinggal dalam suatu wilayah hukum yang tidak mengizinkan inseminasi buatan dikabarkan pergi ke wilayah hukum lain yang mengizinkannya. (lih. wisata fertilitas).



Gambar 54. Inseminasi Buatan Sapi

b) Embryo transfer

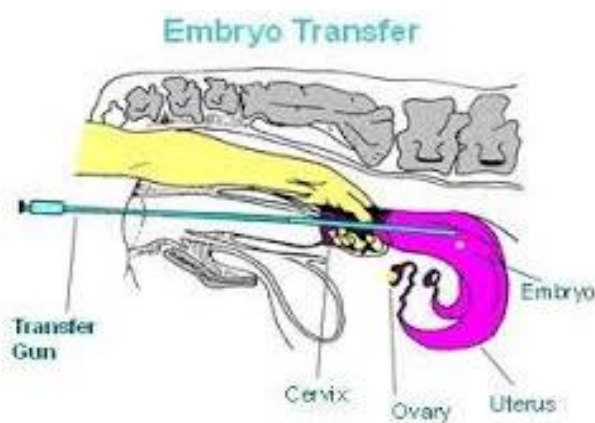
TE (Transfer Embryo) ialah suatu proses mengambil (flushing) embrio dari uterus sapi donor yang telah dioovulasi ganda (superovulasi) dan memindahkannya ke uterus sapi resipien (penerima) dengan menggunakan metode, peralatan dan waktu tertentu.

Teknologi ini merupakan generasi kedua bioteknologi reproduksi setelah inseminasi buatan (IB) yang paling sering diterapkan pada ternak sapi. Program TE melalui beberapa tahapan, yaitu pemilihan sapi donor dan resipien, sinkronisasi birahi, superovulasi, inseminasi, koleksi embrio, penanganan dan evaluasi embrio, transfer embrio ke resipien sampai pada pemeriksaan kebuntingan dan kelahiran.



TE memiliki kelebihan dibandingkan IB. Hanya diperlukan waktu satu generasi (9 bulan) untuk menghasilkan bibit murni (pure breed) lewat TE. Sementara, target yang sama memerlukan waktu 15 tahun jika dilakukan lewat proses IB.

Dengan demikian, seekor sapi donor dapat menghasilkan keturunan lebih dari 25 ekor per tahun. TE memungkinkan rekayasa hingga mendapatkan anakan kembar identik dalam jumlah banyak ataupun lewat kloning serta jenis kelamin



Gambar 55. Embryo Transfer

Sumber: <https://sains.kompas.com/read/2012/08/22/19372668/Transfer.Embrio.Bantu.Perbanyak.Keturunan.Sapi->

c) Cloning

Domba Dolly merupakan hewan pertama yang dikloning melalui transfer inti dari sel somatik yang dikultur dari hewan dewasa. Proses ini, dikenal sebagai SCNT (*somatic cell nuclear transfer*) kloning, memungkinkan kloning yang akan dilakukan pada sejumlah sel yang berpotensi tidak terbatas dari hewan dewasa yang kinerja dan sifat-sifatnya diketahui. Teknologi ini memungkinkan untuk membuat salinan dari hewan peternakan yang unggul berdasarkan sifat-sifat mereka dan keturunan mereka. Prinsip dari teknik ini yaitu DNA yang berasal dari sel telur hewan dihilangkan dan diganti dengan DNA yang berasal dari sel somatik (kulit, rambut, dan lain-lain) hewan dewasa lain. Jadi, hasil kloning merupakan domba hasil perkembangbiakan secara vegetatif (aseksual) karena sel telur tidak dibuahi oleh sperma.



D. Aktivitas Pembelajaran

1. Disampaikan tanya jawab tentang Reproduksi pada tumbuhan dan hewan , peserta diklat mengamati slide, gambar tentang reproduksi pada tumbuhan dan hewan baik secara vegetatif dan generatif
2. Peserta diklat diminta mengamati di lingkungan belajar/di luar kelas/taman/lapangan/kebun/tentang tanaman/hewan dan bagaimana perkembangbiakannya, Peserta diklat diminta mencatat atau mamotret/menggambar jenis tanaman / hewan dan cara perkembangbiakanya
3. Selanjutnya dijelaskan materi tentang perkembangbiakan tumbuhan secara vegetatif , perkembangbiakan tumbuhan secara generatif , pemencaran alat perkembangbiakan pada tumbuhan , perkembangbiakan hewan secara vegetatif , perkembangbiakan hewan secara generatif
4. peserta diklat diminta melakukan praktik mengidentifikasi proses perkembangbiakan tumbuhan dan hewan
5. Peserta diklat melakukan praktikum , mengidentifikasi jperkembangbiakan/ reproduksi pada tumbuhan dan hewan dengan LK sebagai berikut :

Lembar Kerja 1

Mengidentifikasi reproduksi pada tumbuhan

Reproduksi tumbuhan dibagi menjadi 2 yaitu : vegetatif dan generatif. Dan reproduksi generatif ini dibagi lagi menjadi 2 yaitu gymnospermae (tumbuhan yang tidak memiliki bunga dan menghasilkan biji terbuka). Dan angiospermae (tumbuhan yang menghasilkan bunga dan memiliki biji tertutup).

Alat reproduksi pada tumbuhan yaitu : alat kelamin betina putik (carpel) dan alat kelamin jantan benang sari (stamen). Putik dan benang sari ini memiliki masing-masing bagian. Bagian-bagian putik (carpel) :

- a. Stigma (kepala putik),
- b. Stilus (tangkai putik)

Bagian-bagian benang sari (stamen) :

- a. Anther (kepala sari),
- b. Filament (tangkai sari),
- c. Pollen (serbuk sari)





Terjadi proses polinasi dan pertilisasi. Dimana proses polinasi merupakan proses menempelnya pollen pada stigma. Sedangkan proses pertilisasi merupakan proses terjadinya pembuahan ganda yakni : inti sperma 1 yang akan membuahi sel telur yang akan menjadi zigot. Sedangkan inti sperma 2 akan membuahi kandung lembaga yang akan menjadi endosperma yang berfungsi sebagai cadangan makanan bagi embrio.

Tujuan : praktikan dapat mengetahui bagaimana cara tumbuhan melakukan reproduksi./ mempelajari dan mengenal sistem reproduksi pada tumbuhan.

Alat dan Bahan

a. Alat

- Silet : untuk memotong benda yang akan diamati.
- Loupe / kaca pembesar , 3. ATK

b. Bahan

- Bunga Spatu,
- Bunga Waru,
- Bunga Asoka,
- Bunga Pakis Haji,
- Bunga Pinus

Cara Kerja

Langkah-langkah yang dilakukan dalam praktikum ini diantaranya :

- a. Membagi semua bahan yang dibagi sesuai dengan jenisnya (Angiospermae dan Gymnospermae)
- b. Memperhatikan bahan dan menggambarnya serta memberikan keterangan disetiap bagian-bagiannya.
- c. Membelah bahan dan melihat bagian dalam, mengamati kemudian menggambar.
- d. Membuat analisa dengan memperhatikan klasifikasinya.





Tabel hasil pengamatan

No	Nama Bunga/ Klasifikasi	Gambar bagian- bagiannya	Keterangan
1			

5. Buatlah kesimpulan berdasarkan hasil pengamatan anda , dan buatlah laporan ,Hasil laporan presentasikan, agar mendapat masukan dari kelompok lain dan hasil akhir dikumpulkan
6. Selanjutnya peserta diklat mengkomunikasikan / mempresentasikan hasil praktikum tentang mengidentifikasi proses reproduksi pada tumbuhan dan hewan , dan hasilnya dikumpulkan kepada fasilitator / mentor
7. Selanjutnya disampaikan tanya jawab tentang mengidentifikasi proses reproduksi tumbuhan , pemencaran alat perkembangbiak tumbuhan, dan reproduksi pada hewan
8. Peserta diklat diminta untuk menyimpulkan tentang mengidentifikasi proses reproduksi pada tumbuhan baik secara vegetatif, generatif, pemencaran alat perkembangbiakan , dan reproduksi pada hewan baik secara vegetati maupun generatif
9. Peserta diklat menyimpulkan tentang proses reproduksi pada tumbuhan baik secara vegetatif, generatif, pemencaran alat perkembangbiakan , dan reproduksi pada hewan baik secara vegetati maupun generatif
10. Peserta diklat diminta membuat refleksi dari materi yang telah dipelajari tentang proses reproduksi pada tumbuhan baik secara vegetatif, generatif, pemencaran alat perkembangbiakan , dan reproduksi pada hewan baik secara vegetati maupun generatif dan menyampaikan materi yang belum jelas
11. Selanjutnya sebelum mengakhiri pertemuan , peserta diklat diberikan tugas dan latihan / tes kepada peserta diklat
12. Peserta diklat melaksanakan tugas dan tes





Praktik 2. Mengamati/melakukan Inseminasi Buatan Ayam

Alat dan bahan

- a. Video IB Ayam
- b. Ayam jantan dewasa
- c. Ayam betina dewasa
- d. Alat suntik
- e. Tabung reaksi/beaker glass
- f. Cairan infus

Langkah kerja

- a. Pegang ayam jantan, dan urut darah sekitar dubur, untuk mendapatkan sperma
- b. Tampung sperma dengan wadah
- c. Encerkan sperma dengan 10 ml cairan infus
- d. Ambil cairan sperma dengan alat suntik (yang tanpa jarum) 0,5 ml
- e. Tangkap ayam betina, masukkan cairan sperma dengan alat suntik
- f. Pastikan semua peserta mencobanya
- g. Diskusikan dengan peserta lainnya
- h. Buat kesimpulan dan buat laporan praktik

Praktik 3

- a. Peserta dibawa ke laboratorium kultur jaringan. Peserta melihat proses kultur jaringan. Tanya jawab peserta dengan teknisi dan widyaiswara.
- b. Buat laporan tertulis hasil pengamatan proses kultur jaringan tanaman.

Note: jika waktu tidak cukup, bisa mengamati video IB ayam dan kultur jaringan tanaman

Praktik 4. Studi Kasus

Pada pemibitan ayam, perbandingan jantan betina 1:10, perkawinan dilakukan secara alami. Dengan kawin suntik 1 pejantang bisa membuahi 20 ekor ayam betina. Fertilitas telur ayam yang dihasilkan perkawinan alami lebih rendah dibanding telur yang dihasilkan dengan kawin suntik. Diskusikan secara berkelompok, dan simpulkan.





E. Latihan/Kasus/Tugas

Latihan

Pilihlah satu Jawaban yang paling tepat !

1. Terjadinya individu baru dari bagian lain kandung lembaga, misalnya Sinergid dan antipoda tanpa didahului pembuahan disebut....
 - A. embrio adventif
 - B. parthenogenesis
 - C. apogamic
 - D. aporogami
 - E. porogami

2. Endosperma sebagai tempat cadangan makanan, pada tumbuhan Angiospermae terbentuk dari hasil pembuahan.....
 - A. inti generatif 1 dengan sel telur
 - B. inti generatif 2 dengan sel telur.
 - C. inti generatif dengan antipoda
 - D. inti generatif 1 dengan inti kandung lembaga sekunder
 - E. inti generatif 2 dengan inti kandung lembaga sekunder

3. Pada tumbuhan angiospermae terjadi pembuahan ganda dengan adanya peleburan inti generatif satu dengan sel telur dan inti generatif kedua dengan.....
 - A. inti lembaga primer
 - B. inti sinergid
 - C. inti antipoda
 - D. inti kandung lembaga primer
 - E. inti kandung lembaga sekunder





4. Saluran reproduksi internal pada jantan yang berfungsi untuk pemasakan sperma adalah...
 - A. epididymis
 - B. tubulus semineferus
 - C. vesica urinaria
 - D. kelenjar prostat
 - E. vas deferens

5. Pada proses oogenesis dari satu oogonium akan dihasilkan sel telur yang fungsional sebanyak....
 - A. 1
 - B. 2
 - C. 3
 - D. 4
 - E. 8

6. Kacang yang kita makan sebenarnya merupakan pembuahan antara.....
 - A. inti generatif 1 dengan sinergid
 - B. inti generatif 1 dengan inti vegetatif
 - C. inti generatif 1 dengan inti kandung lembaga sekunder
 - D. inti generatif 2 dengan inti kandung lembaga sekunder
 - E. inti generatif dengan sel-sel nuselus

7. Hubungan yang tepat antara alat perkembangan tumbuhan dengan cara penyebarannya adalah...
 - A. tembakau dengan serangga karena biji tembakau kecil dan mengandung lemak
 - B. tembakau dengan serangga karena bijinya kecil dan tidak dapat dicerna
 - C. padi dengan angin karena bijinya kecil dan mudah diterbangkan
 - D. kelapa dengan angin karena pohonnya tinggi dan buahnya kering dan ringan
 - E. beringin dengan Mamalia karena buahnya dapat menempel pada badan mammalia





8. Berikut ini diagram daur menstruasiPembuahan paling tepat terjadi pada saat....
- folikel
 - kadar estrogen tinggi
 - pembentukan progesteron
 - pembentukan FSH
 - terbentuknya folikel
9. Perbedaan pembuahan tunggal dan pembuahan ganda adalah.....

Pembuahan tunggal	Pembuahan ganda
A. sperma dilengkapi bulu getar	A. Sperma tidak dilengkapi bulu getar
B. ovum tidak dilengkapi bulu getar	B. Ovum dilengkapi dengan bulu getar
C. fertilisasi melalui tahapan-tahapan	C. Fertilisasi tidak melalui tahapan-tahapan
D. terjadi pada angiospermae	D. Terjadi pada gymnospermae
E. Embrio yang terjadi bukan hasil peleburan ovum dan sperma	E. Embrio yang terjadi selalu dari hasil peleburan ovum dan sperma

F. Rangkuman

Perkembangbiakan pada umumnya dibedakan dalam dua cara yaitu perkembangbiakan aseksual (vegetatif), serta perkembangbiakan seksual (generatif). Reproduksi vegetatif terbagi dua yaitu alami (pembentukan spora, fragmentasi, tunas adventif, geragih/stolon, rizoma, rizoid, tunas, umbi akar, umbi batang, umbi daun) dan buatan (mencangkok,menempel/okulasi, menyambung, merunduk, mengenten, dan stek).

Keuntungan reproduksi vegetatif ialah mendapatkan tanaman sesuai dengan sifat induknya dan cepat menghasilkan buah, sedangkan kerugiannya ialah batang tidak kokoh dan tidak tahan hidup lama. Reproduksi generatif pada tumbuhan berlangsung melalui tiga tahap yaitu polinasi, pembuahan, dan pemencaran alat perkembangbiakan.



Pemencaran terbagi dua macam, yaitu: tanpa bantuan faktor luar (rizoma, tunas, stolon, dan higroskopis),serta dengan bantuan factorluar (angin, air, hewan, manusia, dan panas).Tumbuhan kemungkinan besar berevolusi dari ganggang hijau yang hidup di perairan, dengan berbagai bentuk adaptasi terhadap kehidupan di darat.

Tumbuhan merupakan makhluk hidup eukariot multiseluler yang dapat membuat molekul organik dari molekul anorganik melalui proses fotosintesis. Keanekaragaman tumbuhan modern dewasa ini diwakili oleh empat kelompok besar, yakni Bryophyta (lumut), Pteridophyta (paku-pakuan), Gymnospermae (tumbuhan berbiji terbuka), dan Angiospermae (tumbuhan berbiji tertutup). Reproduksi vegetatif adalah cara reproduksi makhluk hidup secara aseksual (tanpa adanya peleburan sel kelamin jantan dan betina). Reproduksi vegetatif bisa terjadi secara alami maupun buatan.

Perkembangbiakan dengan membelah diri biasanya terjadi pada hewan tingkat rendah, bersel satu/protozo, misalnya: amuba dan paramaecium. Pembelahan diri biner jika terjadi pembelahan individu menjadi 2 individu baru, dan disebut pembelahan diri multipel (perkembangbiakan dengan spora) jika pembelahan individu menjadi banyak individu, misalnya: plasmodium.

Reproduksi aseksual/vegetative meliputi: *Fragmentasi, Budding/tunas/gemmulae, Fisi, Sporulasi, Parthenogenesis*.

Perkembangbiakan secara generatif pada hewan adalah perkembangbiakan dengan melalui proses perkawinan. Proses perkawinan yang terjadi kemudian akan menghasilkan individu baru berupa anak.



G. Umpan Balik dan Tindak Lanjut

Setelah mempelajari materi ini , dan mengerjakan tugas dan latihan , apakah anda telah menguasai materi ini, untuk selanjutnya isilah kolom tabel berikut dengan tanda centang (v) sesuai dengan keadaan sebenarnya !

No	Kemampuan Yang Di harapkan	Ya	Tidak
1	Dapat menjelaskan pengertian reproduksi pada tumbuhan		
2	Dapat mengidentifikasi reproduksi vegetatif pada tumbuhan		
3	Dapat mengidentifikasi reproduksi generatif pada tumbuhan		
4	Dapat menjelaskan pemencaran alat perkembangbiakan pada tumbuhan		
5	Dapat mengidentifikasi reproduksi vegetatif pada hewan		
6	Dapat mengidentifikasi reproduksi generatif pada hewan		

Apabila anda menjawab pada kolom Ya secara keseluruhan, maka lanjutkan mempelajari modul/pembelajaran berikutnya, tetapi apabila anda menjawab ada sebagian kolom tidak, maka silahkan anda mempelajari kembali materi yang pada kolom tidak tersebut .

H. Evaluasi

Evaluasi akan dilakukan terhadap sikap, pengetahuan dan ketrampilan. Penilaian sikap dan ketrampilan akan dilakukan melalui pengamatan selama kegiatan diklat.

Evaluasi pengetahuan akan dilakukan secara online dengan soal UKG (uji kompetensi Guru).





Kunci Jawaban

Kunci Jawaban kegiatan pembelajaran 1

1. B
2. B
3. C
4. C
5. E

Kunci Jawaban kegiatan pembelajaran 2

- | | |
|------|------|
| 1. B | 6. B |
| 2. B | 7. B |
| 3. E | 8. A |
| 4. A | 9. C |
| 5. D | |

Kunci Jawaban kegiatan pembelajaran 3

- | | |
|------|------|
| 1. C | 6. E |
| 2. B | 7. B |
| 3. B | 8. D |
| 4. E | 9. A |
| 5. C | |

Kunci Jawaban Kegiatan Pembelajaran 4

- | | |
|------|------|
| 1. D | 6. D |
| 2. C | 7. A |
| 3. C | 8. D |
| 4. E | 9. B |
| 5. B | |





Evaluasi

Jawablah Pertanyaan berikut!

Berilah tanda silang (x) pada huruf a, b, c, d, atau e untuk jawaban yang tepat!

1. Metabolisme dibedakan menjadi dua berdasarkan kebutuhan energi dan reaksinya, yaitu...
 - a. respirasi aerobik dan respirasi anaerobic
 - b. anabolisme dan katabolisme
 - c. fotosintesis dan respirasi
 - d. fotosintesis dan fermentasi
 - e. kemosintesis dan fotosintesis

2. Berikut adalah contoh anabolisme, yakni...
 - a. glikolisis dan daur Krebs
 - b. daur Krebs dan daur Calvin
 - c. respirasi aerobik dan respirasi anaerobic
 - d. fermentasi alkohol dan fermentasi asam laktat
 - e. fotosintesis dan kemosintesis

3. Keseluruhan enzim lengkap yang terdiri dari komponen protein dan komponen non protein disebut
 - a. apoenzim
 - b. koenzim
 - c. kofaktor
 - d. holoenzim
 - e. gugus prostetik





4. Bagian dari enzim yang merupakan komponen non protein berupa molekul anorganik disebut...
 - a. apoenzim
 - b. koenzim
 - c. kofaktor
 - d. holoenzim
 - e. gugus prostetik

5. Berikut yang merupakan contoh koenzim adalah...
 - a. Mg^{2+}
 - b. NAD^{+}
 - c. Fe^{2+}
 - d. Mn
 - e. Zn

6. Berikut yang merupakan salah satu sifat enzim adalah...
 - a. enzim dapat menaikkan energi aktivasi
 - b. enzim dapat berikatan dan dapat mengenal bermacam-macam substrat
 - c. enzim dapat menurunkan energi aktivasi
 - d. enzim ikut bereaksi dan terlibat langsung dengan substrat untuk membentuk senyawa produk
 - e. enzim merupakan reaktan dalam reaksi kimia metabolisme

7. Inhibitor kompetitif dalam enzim mempunyai sifat...
 - a. berikatan lemah dengan enzim pada sisi aktifnya
 - b. irreversible
 - c. merupakan zat yang mempercepat reaksi enzimatik
 - d. salah satu contohnya adalah pestisida DDT
 - e. strukturnya sangat berbeda dengan substrat





8. Macam-macam senyawa atau unsur yang memengaruhi kerja enzim, antara lain:

- 1) DDT
- 2) Mg^{2+}
- 3) Paration
- 4) Antibiotik
- 5) Penisilin
- 6) Asam malonate

Yang merupakan inhibitor kompetitif adalah...

- a. 1 dan 2
- b. 3, 4, dan 5
- c. 1 dan 6
- d. 1
- e. 6

9. Hasil dari respirasi aerobik dapat berupa...

- a. CO_2 dan H_2O
- b. CO_2 dan O_2
- c. H_2O dan O_2
- d. $C_6H_{12}O_6$ dan O_2
- e. $C_6H_{12}O_6$ dan ATP

10. Tahapan respirasi aerobik berturut-turut adalah...

- a. dekarboksilasi oksidatif, glikolisis, daur Krebs, dan STE
- b. glikolisis, daur Krebs, dekarboksilasi oksidatif, dan STE
- c. glikolisis, dekarboksilasi oksidatif dan daur Krebs, serta STE
- d. dekarboksilasi oksidatif, daur krebs, glikolisis, dan STE
- e. STE, dekarboksilasi oksidatif, glikolisis, dan daur Krebs





Penutup

Demikian modul ini dibuat sebagai pendukung diklat guru mata pelajaran biologi bidang agrobisnis dan agroteknologi, semoga bermanfaat meningkatkan kompetensi guru yang menggunakan.

Modul ini masih jauh dari kesempurnaan untuk selanjutnya saran dan masukan yang bersifat membangun dari pengguna sangat diharapkan demi penyempurnaan modul ini.

Demikian kami sampaikan, atas kerjasamanya disampaikan terima kasih.





Daftar Pustaka

- Bagod Sudjadi, (2002). *Biologi, Sains dalam Kehidupan*, Yudhistira
- Cleon W Ross, (1995). *Fisiologi Tumbuhan*, ITB Bandung.
- Campbell, J.B. Reace, L.G, dan Mitchel. (2000). *Biologi*, Edisi Kelima, Jilid 3
Jakarta, Erlangga
- Estiti B Hidayat, (1995). *Anatomi Tumbuhan Berbiji*, ITB Bandung
- Frank Bsalysbury, Cleon W Ross, 1995, *Fisiologi Tumbuhan*, diterjemahkan oleh:
Dr Diah R Lukman, ITB Bandung
- Gembong Citro Soepomo, *Fisiologi Tumbuhan*, Gajah Mada Universitas,
Yogyakarta 1986
- Iwang Gumilar gumilaring@yahoo.com
- Kimball. W. John. (1983). *Biologi*. Jakarta: Erlangga.
- Kustejo. 2009. Modul 3 Ilmu Pengetahuan Alam SMK. SMK Muhammadiyah 3 :
Yogyakarta.
- Manitto, Paulo. 1992. *Biosintesis Produk Alami*. Semarang: IKIP Semarang Press.
- Siregar, Amelia Z. dkk, (2008). *Biologi Pertanian SMK*, Direktorat Pendidikan
Nasional.
- Sri Rini Dwi Ari, dkk, *Teknologi Pangan Untuk SMK*, Departemen Pendidikan
Nasional, Jakarta 2008
- Siti Laila ., *Biologi Sains dalam Kehidupan*, 2005, Yudhistira
- Winarno, F.G 2002, *Fisiologi Lepas Panen Produk Hortikultura*, M.Brio press
Bogor.
- Soeriaatmadja, RE. (1997)., *Ilmu Lingkungan*, Cetakan ke-7, Penerbit ITB.
- Wirahadikusumah, M. 1985. *Biokimia: Metabolisme Energi, Karbohidrat, dan
Lipid*. Bandung: ITB Bandung. <http://id.wikipedia.org/wiki/Anabolisme>.
diakses tanggal : 27-12-2010
- Woodward, J dan Green, J. 2010. Materi Biologi! Volume 10 EKOLOGI. Pakar
Raya : Yogyakarta. <http://aslam02.wordpress.com/materi/kelas-x-2/ekosistem/macam-ekosistem/>
- Yempita, *Biologi Perikanan*, Universitas Bung Hatta, Jakarta, 2007.





Glosarium

- Anabolisme : penyusunan senyawa-senyawa organik dari senyawa sederhana menjadi senyawa kompleks menggunakan energi
- Anatomi : susunan tubuh makhluk hidup
- Asimilasi : proses sintesis senyawa-senyawa an-organik untuk disusun menjadi senyawa-senyawa organik
- Biokatalisator : sifat enzim yang mempercepat suatu reaksi tetapi tidak ikut bereaksi
- Bioenergi : energi hasil dari proses biologi
- Breeding : proses perkawinan silang pada makhluk hidup
- Determinasi : membandingkan ciri-ciri morfologi makhluk hidup yang berlawanan
- Fermentasi : perubahan enzimatik dan anaerob dari substansi organik oleh mikroorganisme untuk menghasilkan zat organik yang lebih sederhana
- Fotosintesis : asimilasi karbon yang menggunakan cahaya sebagai energi.
- Identifikasi : menelaah sifat-sifat suatu makhluk hidup untuk menentukan namanya dari hasil pengamatan morfologi (pencandraan)
- Imbibisi : kemampuan dinding sel dan plasma sel untuk menyerap air dari luar sel
- Inhibitor : zat penghambat enzim
- Katabolisme : penguraian senyawa-senyawa organik kompleks menjadi sederhana dengan melepaskan energi yang digunakan makhluk hidup untuk berbagai kegiatan
- Kemosintesis : makhluk hidup yang melakukan asimilasi Karbon dengan menggunakan energi yang berasal dari reaksi-reaksi kimia
- Metabolisme : reaksi kimia untuk pembentukan dan perombakan bahan organik
- Respirasi : proses pernafasan makhluk hidup
- Transport aktif: proses pengangkutan makanan yang terjadi pada tumbuhan secara aktif



MODUL PENGEMBANGAN KEPROFESIAN BERKELANJUTAN



**KELOMPOK
KOMPETENSI**

**MATA PELAJARAN
BIOLOGI BIDANG KEAHLIAN
AGRIBISNIS DAN AGROTEKNOLOGI
SEKOLAH MENENGAH KEJURUAN (SMK)**



**KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
DIREKTORAT JENDERAL GURU DAN TENAGA KEPENDIDIKAN
2018**

Jalan Jendral Sudirman, Gedung D Lantai 15, Senayan, Jakarta 10270
Telepon/Fax: (021) 5797 4130

www.gtk.kemdikbud.go.id