

COURSE TOPICS

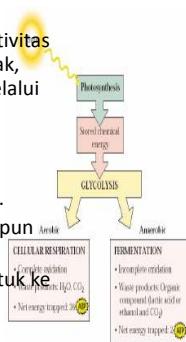
Week	Topics	Lecturer
1	Introduction (Course Contract)	
2	Biological Materials	
3	Cell : Structure and Function	
4	Energy and Metabolism	
5	Pertumbuhan dan Perkembangan sel	
6	Organisms Classification	
7	Siklus Unsur	
Midterm Test (UTS)		

ENERGI

- Sesuatu yang diperlukan untuk aktivitas seluler, seperti pertumbuhan, gerak, transport molekul maupun ion melalui membran.

Hukum Termodinamika I :

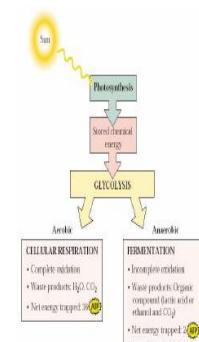
- Jumlah energi di dunia ini konstan.
- Energi tidak dapat diciptakan ataupun dimusnahkan.
- Energi dapat diubah dari satu bentuk ke bentuk energi yang lain.



ENERGI

Energi pada makhluk hidup :

- Jumlah energi total dalam suatu sistem dan lingkungan sekitarnya **konstan**, karena perubahan energi berlangsung secara konstan pula.

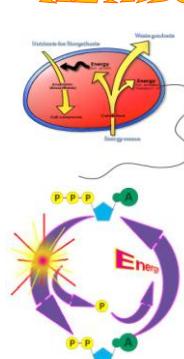


ENERGI & METABOLISME

- Apa hubungan energi dengan metabolisme ?

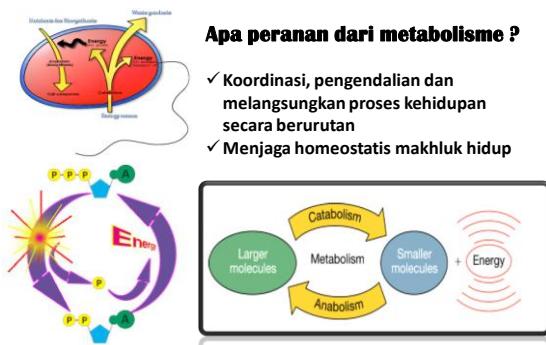


METABOLISME



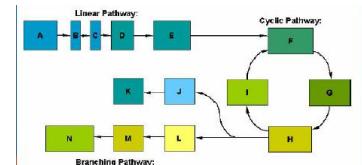
keseluruhan reaksi kimia yang terjadi dalam sel makhluk hidup yang membutuhkan dan memanfaatkan energi bebas untuk melaksanakan berbagai macam aktivitas kehidupan

MEYABOLISME



JALUR METABOLISME

- Peranan : membangun molekul kompleks atau aktivitas metabolismik yang kompleks, menguraikan molekul kompleks.
- Jalur metabolisme dapat berlangsung secara linier, bercabang atau membentuk suatu siklus.



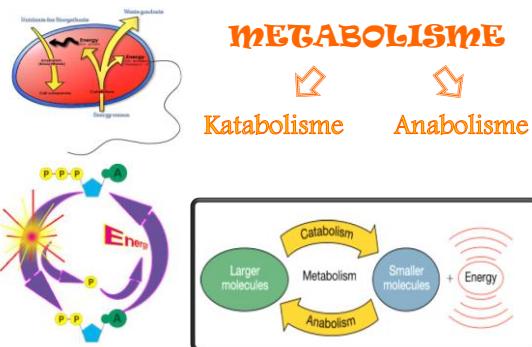
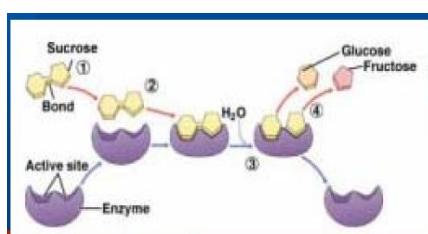
ENZIM DALAM METABOLISME

- Pengaturan metabolisme pada umumnya tergantung pada biokatalis/enzim
- Protein yang dapat mempengaruhi laju reaksi kimia
- Senyawa yang dapat menurunkan energi aktifasi
- Memiliki struktur yang unik dan spesifik
- **Lock and key** (enzim-substrat), substrat terikat pd sisi aktif enzim → kompleks enzim-substrat

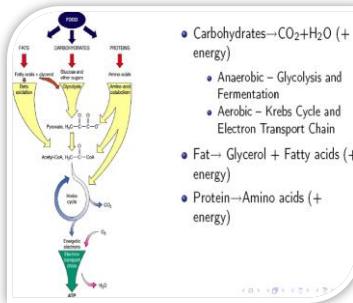
ENZIM

- Enzim akan dibebaskan kembali **tanpa merubah struktur awalnya**.
- Enzim dapat **digunakan berulang kali** untuk mengkatalisis reaksi kimia berikutnya.
- Enzim dapat **bekerja dengan baik** bila terdapat :
- 1. **ko-enzim** (molekul organik non protein, misal : vitamin)
- 2. **ko-faktor** (ion mineral, seperti : Zn, Cu, Fe)

Kompleks Enzim-Substrat



KATABOLISME



- ✓ Reaksi pengurianan (hidrolisis) senyawa kompleks menjadi produk yang lebih sederhana melalui jalur biokimia.
 - ✓ Reaksi yg menghasilkan energi lebih banyak daripada energi yang digunakan (eksergonik).

KATABOLISME

Respirasi sel merupakan salah satu contoh dari reaksi katabolisme.
Pada proses respirasi dikeluarkan energi yang

Pada proses respirasi dihasilkan energi yang disimpan dalam suatu ikatan kimia.

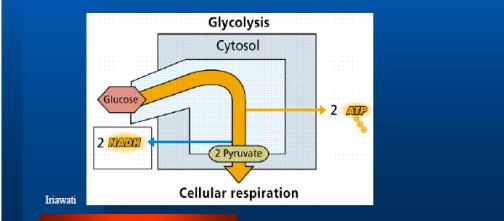
Beberapa jenis reaksi katabolisme

1. Glikolisis
 2. Lipolysis
 3. Proteolysis

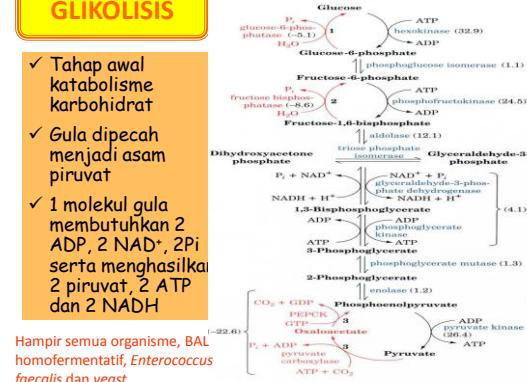
GLIKOLISIS

→ pada eukariot terjadi di sitosol

→ Persamaan reaksi :

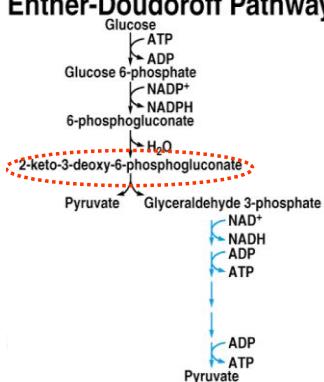


- ✓ Tahap awal katabolisme karbohidrat
 - ✓ Gula dipecah menjadi asam piruvat
 - ✓ 1 molekul gula membutuhkan 2 ADP, 2 NAD⁺, 2Pi serta menghasilkan 2 piruvat, 2 ATP dan 2 NADH



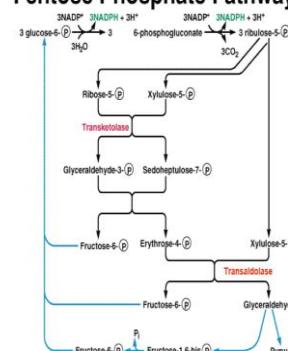
Entner-Doudoroff Pathway

GLIKOLISIS



- ✓ terbentuk suatu intermediet yang berupa 2-keto-3-deoksi-6-fosfoglukonat (KDFG)
 - ✓ melibatkan 1 molekul Glukosa, 1 NADP⁺, 1NAD⁺ dan 2(ADP + Pi) serta menghasilkan 2pyruvat, 1 NADPH, 1 H₂O, 1 NADH dan 2 ATP

Pseudomonas sp., *Rhizobium* sp. dan *Azotobacter*



GLIKOLISIS

- ✓ Pentosa Phosphat juga dikenal sebagai Heksosamonophosphat (HMP)
 - ✓ tidak akan dihasilkan energi secara langsung, tetapi menghasilkan gula pentosa dan NADP + H⁺ (merupakan sumber energi yang potensial jika masuk ke dalam sistem transpor elektron)
 - ✓ Melibatkan peran enzim **transaldolase** dan **transketolase**

GLIKOLISIS

Jalur Pentosa Phosphat memiliki peran sebagai:

- menghasilkan reduksi ekuivalen dan NADPH untuk reaksi sintesis
- menyediakan ribosa-5-phosphat (R5P) untuk mensintesis nukleotida dan asam nukleat
- memecah turunan gula pentosa yang berasal dari pemecahan asam nukleat
- pembentukan kembali karbon skeleton dari karbohidrat melalui glikolisis atau glukoneogenesis.
- Bacillus sp.*

Glikolisis

(Phosphoketolase Pathway)

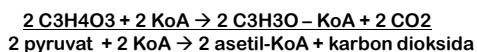
- merupakan percabangan dari jalur pentosa phosphat
- terjadi karena bakteri tersebut tidak memiliki enzim aldolase yang dapat memecah fruktosa 1,6 diphosphat menjadi triose-phosphat dan tidak mempunyai enzim transaldolase dan transketolase yang penting dalam jalur pentosa phosphat
- ribosa phosphat dapat diubah menjadi xylulose phosphat; asetyl phosphat dan pyruvat serta asetat atau etanol dan laktat



Escherichia coli, Enterobacter aerogenes, Saccharomyces cereviceae

Reaksi Antara

- ✓ Asam pyruvat ini akan dioksidasi dan menghilangkan 1 dari 3 karbon pada asam pyruvat (karbon hilang dalam bentuk CO₂)
- ✓ Menghasilkan fragmen yang memiliki 2 atom C yang disebut kelompok asetyl dan mengubah NAD⁺ menjadi NADH
- ✓ Pada akhir reaksi, kelompok asetyl (fragmen yang memiliki 2 atom C) bergabung dengan kofaktor koenzim A (KoA) sehingga membentuk senyawa asetyl-KoA
- ✓ Asetyl-KoA yang terbentuk kemudian akan memasuki siklus Krebs



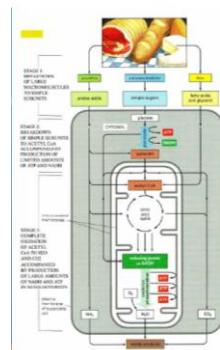
Aspek Penting Respirasi Sel

- Menyediakan energi untuk tumbuh dan homeostatis
- Pada tumbuhan : menggunakan >50% hasil fotosintesis
- Laju respirasi pada setiap jaringan berbeda-beda
- Laju respirasi tertinggi terjadi saat diferensiasi dan pertumbuhan reproduktif
- Respirasi dipengaruhi oleh faktor lingkungan

KATABOLISME

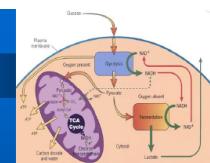
3 Stages :

- Breakdown large macromolecules to simple unit
- Breakdown of simple unit to acetyl coA, limited amounts of ATP & NADH
- Complete oxidation of acetyl coA, large amounts of ATP & NADH



RESPIRASI

Persamaan umum respirasi

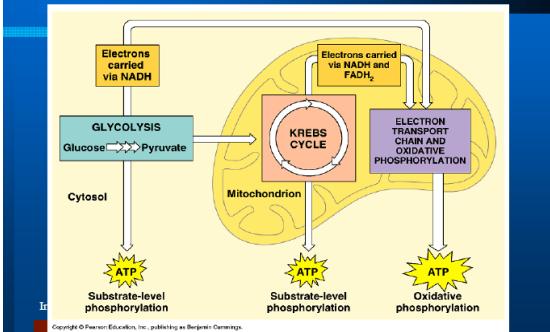


Respirasi seluler merupakan proses oksidasi molekul makanan, mis. glukosa, menjadi CO₂ dan H₂O → E dalam bentuk ATP → menunjang aktivitas sel yang memerlukan energi

Respirasi aerobik berlangsung dalam dua tahap :

- glikolisis, pemecahan glukosa → asam piruvat
→ berlangsung di dalam sitosol
- oksidasi asam piruvat → CO₂ + H₂O
→ berlangsung di dalam mitokondria
 - Siklus Krebs – siklus asam sitrat / asam trikarboksilat (TCA)
 - Rantai transport elektron – **respirasi oksidatif**

Respirasi seluler



Cellular Respiration

Glycolysis (Embden-Meyerhof-Parnas)

- Glucose is oxidized to pyruvic acid with ATP and energy-containing NADH produced

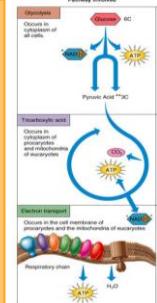
- Pyruvic acid is converted → acetyl CoA with NADH produced

TCA Cycle (Kreb's cycle)

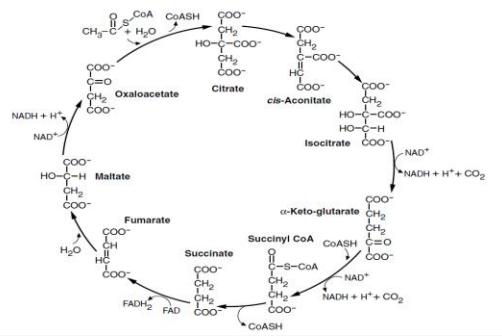
- Acetyl CoA is oxidized to CO₂ with ATP, NADH and FADH₂ is produced

Electron Transport Chain

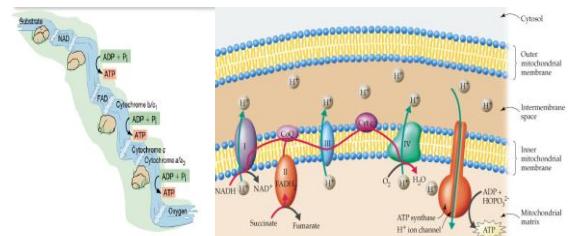
- NADH and FADH₂ are oxidized through a series of redox reactions and a considerable amount of ATP is produced



Siklus Kreb's



Transport Elektron

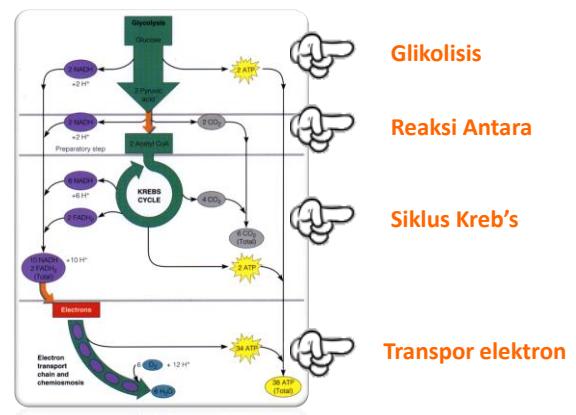


- ✓ reaksi transport elektron yang menghasilkan energi (dalam bentuk ATP) dengan melalui fosforilasi oksidatif
- ✓ Senyawa pembawa elektron senyawa yang berupa protein yang dapat berikatan dengan protein, senyawa tersebut meliputi NAD, FAD (yang terikat dengan NADH dehidrogenase), ubikuinon dan protein sitokrom

Transport Elektron

Sumber	ATP yang dihasilkan	Proses pembentukan
1. Glikolisis		Fosforilasi level substrat
• oksidasi glukosa menjadi asam piruvat	2 ATP	
• 2 NADH	6 ATP	Fosforilasi oksidatif pada transport elektron
2. Reaksi antara		Fosforilasi oksidatif pada transport elektron
• pembentukan asetil CoA menghasilkan 2 NADH	6 ATP	
3. Siklus Kreb's		Fosforilasi level substrat
• Oksidasi suksinil CoA menjadi asam suksinat	2 GTP (Setara dengan ATP)	Fosforilasi oksidatif pada transport elektron
• 6 NADH	18 ATP	
• 2 FADH ₂	4 ATP	
Total	38 ATP	

Sumber: Tortora, et.al. (2001)

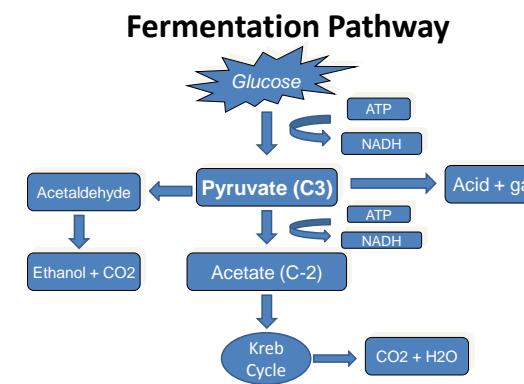
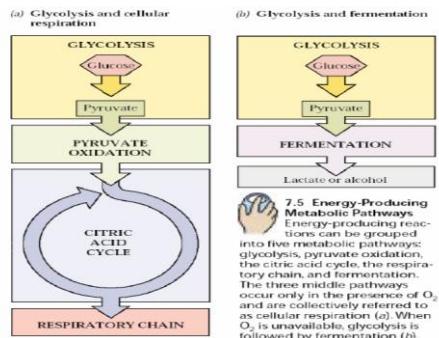
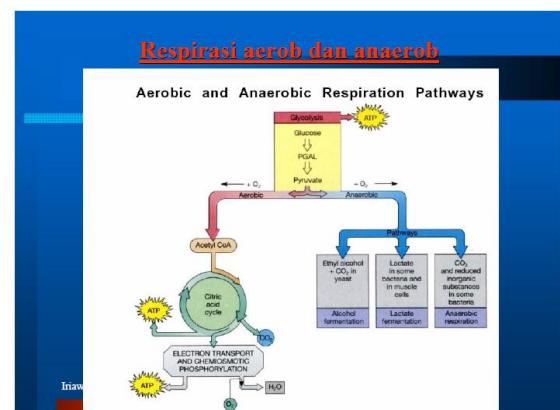
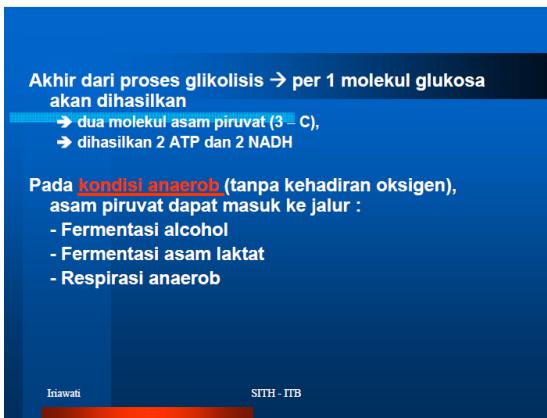


Glikolisis

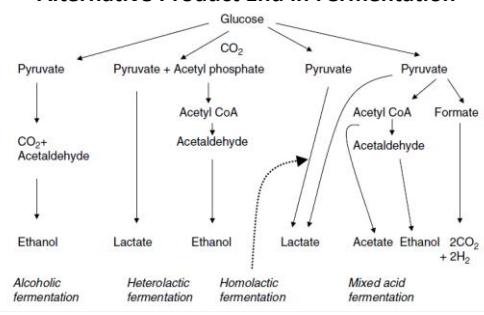
Reaksi Antara

Siklus Kreb's

Transpor elektron



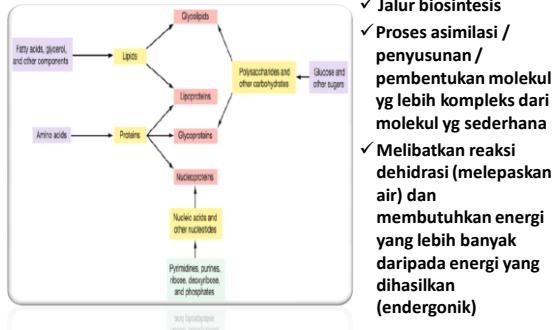
Alternative Product End in Fermentation



Fermentation versus Respiration

The Difference	Fermentation	Respiration
Final e-acceptor	Organic compounds	Oxygen
Electron donors	Organic compounds	
Process	Glucose is converted to 1 or 3 Carbon compound	Glucose is oxidized to CO ₂
Product	Organic acid, alcohol & 1-2 ATP	6 CO ₂ , 6 H ₂ O & energy (38 ATP)
Step	Glycolysis → acid or alcohol fermentation	Glycolysis → TCA cycle → electron transport

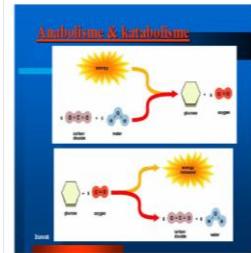
ANABOLISME



- ✓ Jalur biosintesis
- ✓ Proses asimilasi / penyusunan / pembentukan molekul yg lebih kompleks dari molekul yg sederhana
- ✓ Melibatkan reaksi dehidrasi (melepaskan air) dan membutuhkan energi yang lebih banyak daripada energi yang dihasilkan (endergonik)

ANABOLISME

- Pada tanaman : sintesis gula melalui proses fotosintesis
- Pada mikroorganisme : sintesis selulosa melalui proses fermentasi (produk nata)



AUTOTROFI

Autotrofi

Tumbuhan hijau, alga, dan beberapa bakteri dikategorikan sebagai organisme yang autotrof.

- menggunakan energi matahari untuk merakit prekursor anorganik, terutama CO_2 dan H_2O , untuk membentuk makromolekul organik
- Fotosintesis

Heterotrofi

Organisme heterotrof mendapatkan energi dari penguraian molekul yang ada di sekitarnya (dalam bentuk makanan), yang berasal dari organisme autotrof.

Organisme heterotrof menguraikan molekul organik pada proses katabolisme untuk membentuk ATP yang dibutuhkan untuk sintesis makromolekul yang dibuatnya dalam proses anabolisme.

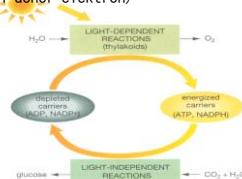
Iniwati

SITH - ITB

FOTOSINTESIS

proses sintesis karbohidrat yang menggunakan energi matahari yang ditangkap melalui reaksi yang kompleks yang dilakukan oleh mikroba fotoautotrof

Dilakukan oleh bakteri terjadi pada spesies bakteri hijau dan ungu memanfaatkan energi cahaya dengan bantuan klorofil dan karotenoid (sebagai donor elektron)



Fotosintesis

Fotosintesis → proses sintesis mol organik dengan menggunakan bantuan energi cahaya matahari.

Persamaan Umum Fotosintesis :



Iniwati

SITH - ITB

Manfaat Fotosintesis

→ Fotosintesis menghasilkan :

1. Glucosa – yang menyediakan bahan makanan (polimer alpha glukosa) dan materi struktural (polimer beta glukosa)
2. Oxygen
 - a. Fotosintesis menghasilkan 21% oksigen di atmosfer
 - b. Sebagian oksigen bereaksi dengan cahaya matahari menghasilkan ozon (O_3), yang melindungi kita dari radiasi sinar matahari yang membahayakan

Iniwati

SITH - ITB

Fotosintesis pada tumbuhan dapat berlangsung apabila tersedia, air, CO₂, chlorophyll dan cahaya

Air
→ donor hidrogen dan elektron
→ diserap oleh akar dari dalam tanah
→ sinar matahari digunakan untuk memisahkan air menjadi 2H⁺, 2e⁻, dan Oxygen

Karbondioksida
→ sumber carbon untuk pembentukan karbohidrat
→ masuk ke dalam tumbuhan melalui stomata

Iniwati SITH - ITB

Chloroplasts → tempat berlangsungnya proses fotosintesis

→ memiliki membran ganda
→ tersusun atas thylakoids dan grana.
→ Ruangan dalam thylakoids → sumber hydrogen (H⁺) untuk produksi ATP

Iniwati SITH - ITB

Cahaya
→ cahaya dan pigmen penyerap cahaya penting untuk fotosintesis

Cahaya menyediakan energi untuk :

- Memindahkan elektron dari air ke NADP+ (nicotinamide adenine dinucleotide phosphate) membentuk NADPH;
- Menghasilkan ATP

→ ATP dan NADPH menyediakan energi dan elektron untuk mereduksi karbon dioksida (CO₂) menjadi molekul organik

Iniwati SITH - ITB

Pigmen penyerap cahaya Photosynthesis

Pigmen → senyawa yang menyerap sinar

- Pigmen fotosintetik utama :
 - a. Klorofil – menyerap sinar violet, biru dan merah, memantulkan cahaya hijau. Pada tumbuhan ditemukan dua bentuk chlorophyll (a, yang merupakan kelompok methyl, dan b, yang merupakan kelompok aldehido)
 - b. Karotenoid – pigmen yang terlihat berwarna merah kuning atau jingga, mis bekarotene yang merupakan sumber utama vitamin A.
 - c. Fikobilin – pigmen yang ditemukan pada cyanobacteria dan beberapa alga merah

Iniwati SITH - ITB

- Cahaya yang digunakan untuk proses fotosintesis berada dalam spektrum radiasi elektromagnetik, dengan panjang gelombang 400 nm - 700 nm. Sensitivitas tertinggi pada kisaran λ 550 nm
- Cahaya diserap oleh pigmen, klorofil menyerap cahaya merah dan biru (klorofil – hijau) dan karotenoid menyerap sinar biru (karotenoid – kuning)

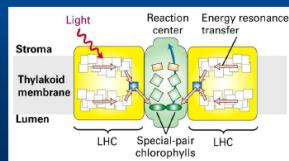
Iniwati SITH - ITB

- Pigmen terdapat pada grana, yang berupa tumpukan membran tilakoid di dalam kloroplas, tempat semua reaksi fotosintesis berlangsung
→ 250 - 400 molekul pigmen terorganisir ke dalam fotosistem
- Pada saat klorofil menyerap cahaya, elektron dipindahkan ke tingkat energi yang lebih tinggi dan energi ditangkap dalam bentuk ikatan kimia

Iniwati SITH - ITB

Fotosistem memiliki dua komponen

- Kompleks Antena – molekul pigmen yang menyatukan energi matahari dan membawanya ke pusat reaksi
- Pusat reaksi – kompleks molekul protein dan pigmen yang mampu mengubah energi cahaya menjadi energi kimia



Inawati

Fotosintesis berlangsung dalam dua tahap :

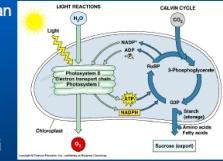
1. Reaksi transduksi energi

energi matahari ditangkap oleh molekul pembawa energi \rightarrow sering kali dinamakan reaksi terang (tergantung cahaya).

- Energi matahari digunakan untuk memisahkan molekul air
- Energi dari aliran ini digunakan untuk mengubah ADP menjadi ATP dan membentuk molekul pembawa elektron tambahan, yaitu NADPH

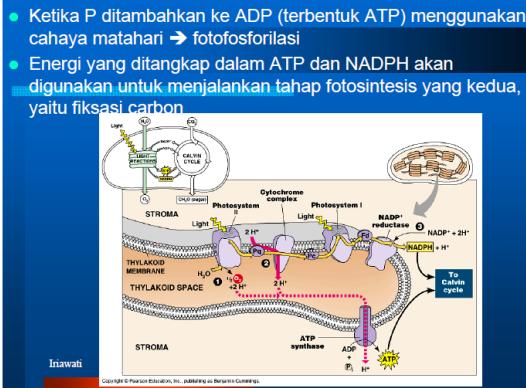
- energi dari cahaya diubah melalui rantai transport elektron via ATP dan NADPH kembali ke energi dalam bentuk karbohidrat.

- Jalur transport elektron merupakan bagian integral dari reaksi cahaya.



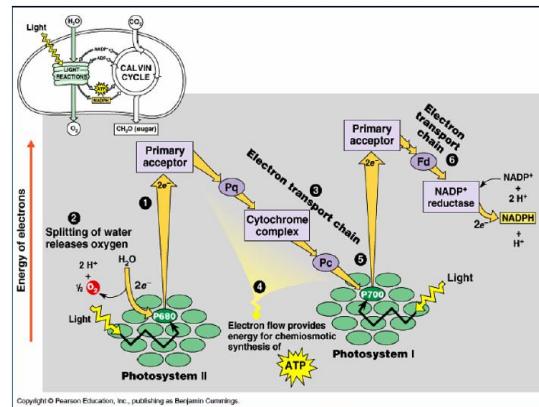
Inawati

SITH - ITB



Inawati

Copyright © Pearson Education, Inc., publishing as Benjamin Cummings.



2. Reaksi fiksasi Karbon

- Selama reaksi fiksasi karbon untuk membuat senyawa organic, terutama glukosa, akan digunakan ATP dan NADPH \rightarrow siklus Calvin
- Pada siklus Calvin, produk awal adalah senyawa 3-C \rightarrow jalur C3
- Fiksasi karbon berlangsung pada kloroplas di bagian stroma
- Senyawa awal adalah gula 5-C dengan 2 fosfat, yang dinamakan RuBP (Ribulose 1,5 bisphosphate)

Inawati

SITH - ITB

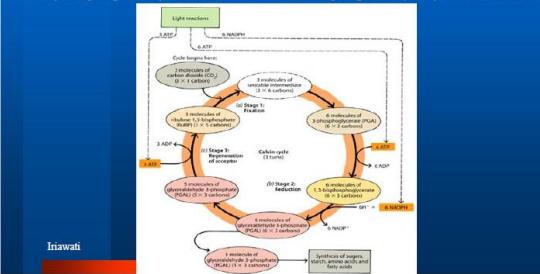
Proses Fiksasi Carbon

- CO₂ akan masuk ke daun melalui stomata, enzim kemudian akan mengikatkan karbon pada RuBP membentuk senyawa 6-C
- Senyawa 6-C akan segera dihidrolisa menjadi dua senyawa 3-C, yaitu PGA (asam fosfoglisrat) \rightarrow fotosintesis C3
- PGA kemudian direduksi menjadi PGAL (fotogliseraldehid)
- PGAL kemudian akan membentuk RuBP atau membentuk senyawa organik

Inawati

SITH - ITB

- Glukosa seringkali ditunjukkan sebagai hasil fotosintesis,
→ umumnya hanya sedikit glukosa yang dihasilkan.
 - Sebagian besar karbon yang difiksasi
→ sukrosa (disakarida), yang merupakan gula transport utama pada tumbuhan, atau
→ pati, yang merupakan karbohidrat utama yang disimpan pada tumbuhan



VARIASI DALAM FOTOSINTESIS

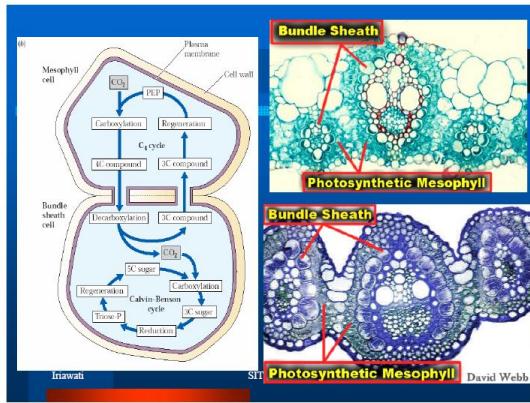
I. Fotosintesis C4

Pada beberapa tumbuhan, CO_2 difiksasi menjadi senyawa 4-C, yaitu oksaloasetat → tumbuhan C4

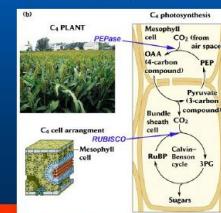


asam malat atau aspartat →
dipindahkan ke sel-sel seludang
pembuluh.

dekarboksilasi malat/aspartat →
 $\text{CO}_2 \rightarrow$ siklus Calvin (C3)



- Tumbuhan C4 teradaptasi dengan baik pada intensitas cahaya dan temperatur yang tinggi, dan pada kondisi kering → tidak ada fotorespirasi
 - Hal ini disebabkan enzim PEP carboxylase mengambil alih peran RUBP carboxylase/oxygenase seperti yang ditemukan pada tumbuhan C3
 - Laju fotosintesis rumput-rumputan C4 2-3 kali lebih tinggi dibandingkan tumbuhan C3.
 - Contoh tumbuhan C4 adalah jagung dan tebu



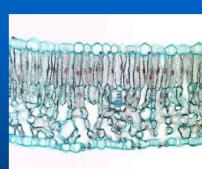
Tumbuhan yang hanya menggunakan siklus Calvin dinamakan tumbuhan C₃ dan proses berlangsung di dalam mesofil daun.

Enzim RUBP carboksilase/oksigenase bekerja secara berbeda tergantung pada konsentrasi relatif CO₂ dan H₂O

- Pada kadar CO₂ tinggi enzim ini akan membantu memfiksasi CO₂ (carboxylase)
 - Pada kadar CO₂ rendah, enzim berfungsi sebagai oxygenase, yang akan mengkonsumsi oksigen dan membebaskan carbon dioxide

1

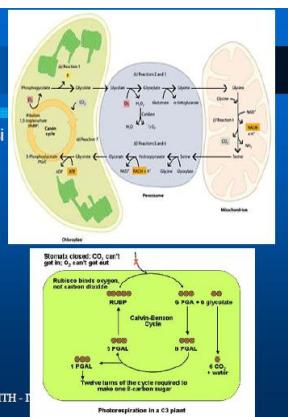
Fotorespirasi



Fotorespiras

→ fenomena yang umum pada tumbuhan C₃

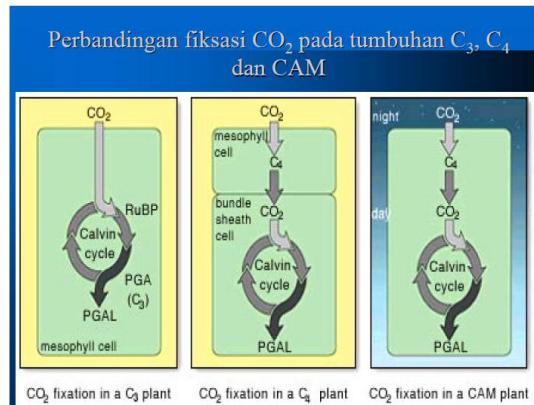
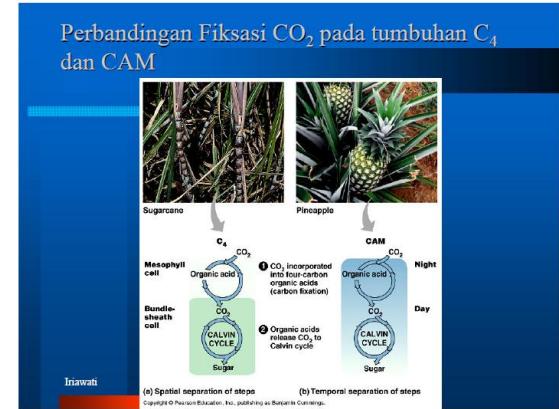
- a. Sebagian 50% Karbon yang difiksasi mungkin akan dioksidasi kembali menjadi oksigen sehingga menyebabkan fotosintesis C3 tidak efisien
 - b. Pada saat kondisi lingkungan panas/kering, tumbuhan harus menutup stomata → suplai CO₂ berkurang, fotorespirasi meningkat



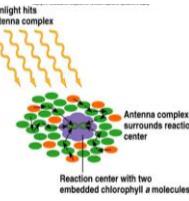
II. Fotosintesis CAM (Crassulacean Acid Metabolism)

- Banyak tumbuhan sukulen, mis. Kaktus *Ananas comosus*, memiliki sistem yang mirip dengan tumbuhan C₄
- CAM → ditemukan pertama kali pada anggota suku Crassulaceae
- Pada tumbuhan ini, siang hari stomata menutup → untuk mencegah penguapan. Stomata terbuka di malam hari dan mengakumulasikan karbon dalam bentuk malat seperti pada tumbuhan C₄. Malat diubah menjadi asam malat dan disimpan untuk digunakan pada keesokan harinya

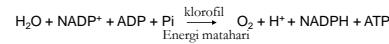
CAM plant: CO₂ intake at night only
CAM cycle
C₄ cycle
Calvin-Benson Cycle
1 sugar
Inawati



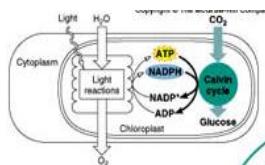
Reaksi terang



Reaksi yang terjadi dalam reaksi terang adalah sebagai berikut :



Reaksi gelap



Reaksi yang terjadi pada reaksi gelap adalah sebagai berikut:



Te Ri Ma Ka Sih