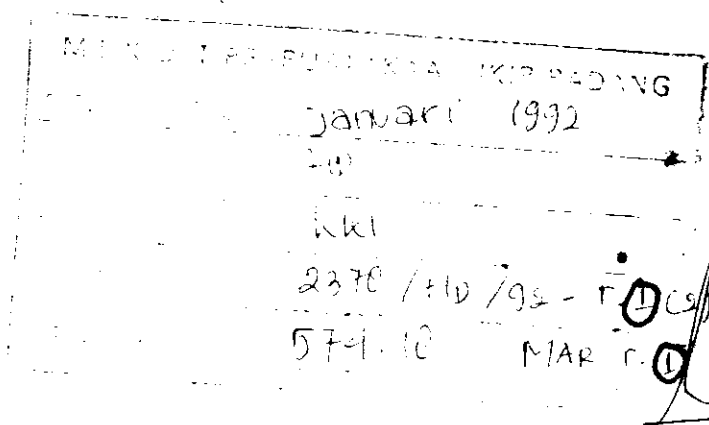


# RESPIRASI DAN KONTROL

MILIK UPT PERPUSTAKAAN  
IKIP. PADANG



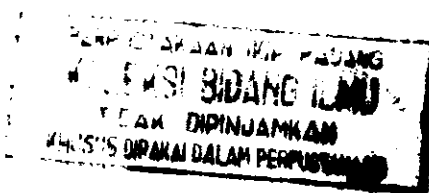
Oleh

**Soewardi Martowijoto**

---

Jurusan Pendidikan Biologi

FAKULTAS PENDIDIKAN MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
INSTITUT KEGURUAN DAN ILMU PENDIDIKAN PADANG



## K A T A   P E N G A N T A R

Buku ini dipersiapkan dengan memperhatikan dua tujuan utama. Tujuan pertama penulisan buku ini adalah membantu para pembaca, terutama para pengajar dan mahasiswa serta para penelusur ilmu, memperoleh bahan bacaan untuk mengganding upaya mengembangkan pemahaman tentang sistem biologi dalam operasional dari segi topik-topik yang dikemukakan dalam buku ini. Dalam memotivasi kehendak untuk memperluas khasanah ilmu, para penelusur ilmu tentulah sependapat untuk meletakkan buku ini sebagai bahan koleksi referensi tambahan di samping bahan referensi lainnya yang sudah tersedia.

Tujuan kedua, yang juga mempengaruhi pemilihan topik-topik beserta materi sajiannya dalam rangka pemenuhan skala prioritas, adalah menyediakan pengertian dasar tentang pokok-pokok masalah kepada para pembaca. Upaya ini bermaksud membantu para pembaca untuk memperoleh interpretasi dan penilaian yang lebih baik dalam menanggapi maupun menelaah berbagai macam informasi di bidang biologi dalam kehidupan sehari-hari. Pengembangan pribadi karena penelusuran serta penelaahan informasi-informasi itu tentulah dapat memperjelas "warna" kita untuk mempersiapkan diri di bidang kita masing-masing.

Dari sajian dalam topik-topik yang dikemukakan dalam buku ini, para pembaca serta penelusur ilmu diharapkan termotivasi untuk "merambah" berbagai referensi dan buku-buku sumber lainnya, demi memperluas khsanah ilmu masing-masing. Maksud dan tujuan yang motivatif itu diharapkan dapat memberikan dampak positif dan efektif kepada para pembaca umumnya untuk mencapai kemandirian dalam menangani bidang studi yang dikehendaki.

Kerangka sajian yang dikemukakan dalam tulisan ini berawal dari pengertian umum yang dilengkapi dengan contoh-contoh dan penjelasan-penjelasan. Sajian ini dilanjutkan dengan materi liputan yang populer dan diperlukan oleh para pengajar dalam melakukan alih informasi kepada anak-didik.

Gambar-gambar atau bagan-bagan, yang disisipkan dalam setiap ulasan, dibuat menarik, mudah atau sederhana (simple), dan mengena. Upaya ini mempunyai maksud agar gambar-gambar dan bagan-bagan itu menduduki fungsinya dalam kondisi yang seefektif mungkin.

Penulis menyadari dan mengakui bahwa prakarsa penulisan buku ini merupakan refleksi atau pencerminan dari perkembangan sentuhan nurani dari teman-teman sekerja maupun relasi lainnya. Untuk itu, dalam kesempatan ini, penulis ingin juga mengemukakan penghargaan dan

rasa terimakasih. Penghargaan dan ucapan terimakasih juga penulis tujukan kepada teman-teman lain yang telah tulus-ikhlas memberikan fasilitas maupun kemudahan dan kritik-kritik dalam upaya penyiapan buku ini.

Dalam hajat mendambakan keterbukaan serta pengembangan pribadi dalam menangani lingkup khasanah ilmu, penulis menyediakan diri sepenuhnya untuk menerima kritik-kritik pembinaan lainnya, demi penyempurnaan tulisan ini.

Padang, 1991

Penyusun.

## D A F T A R I S I

Bab I	RESPIRASI.....	1
	1. Pengertian Umum.....	1
	2. Respirasi Eksternal.....	3
	3. Reaksi Respirasi.....	9
	4. Respirasi Protein dan Lipid.....	18
	5. Beberapa Variasi Respirasi.....	19
Bab II	KONTROL DALAM SEL DAN OLEH AGENSIA KIMIA..	21
	1. Hukum Kegiatan Massa.....	22
	2. Kontrol Genetik.....	23
	3. Kontrol oleh Agensia Kimiawi.....	30
	4. Hormon pada Hewan.....	31
	5. Hormon Vertebrata.....	34
	6. Hormon-hormon pada Serangga.....	40
	7. Hormon Juvenil.....	42
	8. Hormon-hormon pada Tumbuhan.....	44
	Daftar Referensi.....	49

DAFTAR TABEL

Tabel-1 Jaringan Endokrin dan Hormon  
Utama pada Manusia.....38

## D A F T A R   G A M B A R

Gamb. 1	Bagan Respirasi Eksternal Sederhana pada <u>Amoeba proteus</u> .....	5
Gamb. 2	<u>Hydra</u> , dan Respirasi Eksternal.....	5
Gamb. 3	Bagan Perlengkapan Respirasi Eksternal (Ingsang) pada Ikan.....	7
Gamb. 4	Bagan Paru-paru Katak.....	8
Gamb. 5	Bagan Susunan Trakhea pada Serangga.....	8
Gamb. 6	Ikhtisan Peristiwa-peristiwa Utama di dalam Respirasi.....	11
Gamb. 7	Piridin Nukleotida Menerima Hidrogen dari Suatu Donor.....	14
Gamb. 8	Bagan Mitokondrion.....	15
Gamb. 9	Bagan Siklus Krebs.....	16
Gamb.10	Bagan Sistem Sitokrom.....	17
Gamb.11	Bagan Jalur Alternatif Respirasi Anaerob pada Otot dan Ragi.....	17
Gamb.12	Bagan Stimulasi Antigen untuk Produksi Antibodi.....	26
Gamb.13	Bagan Sejenis Virus.....	27
Gamb.14	Bagan Eksperimen Memperlihatkan Asam Nukleat Memasuki Bakteri.....	28
Gamb.15	Bagan Siklus Ekdisis pada Ketam.....	35
Gamb.16	Bagan Relasi antara Kelenjar dan Hormon yang Terbawaserta dalam Kontrol Reproduksi pada Vertebrata.....	35
Gamb.17	Bagan Kontrol Siklus Reproduksi pada Kebanyakan Aves.....	35
Gamb.18	Bagan Kontrol Hormonal dalam Siklus Hidup Kupu-kupu.....	35

Gamb.19	Contoh Hormon Vertebrata Kelompok I.....	36
Gamb.20	Contoh Hormon Vertebrata Kelompok II.....	36
Gamb.21	Hormon Juvenil dan Ekdison Mempengaruhi Peggembangan Kromosom.....	41
Gamb.22	Contoh Hormon Tumbuhan.....	45



## Bab I

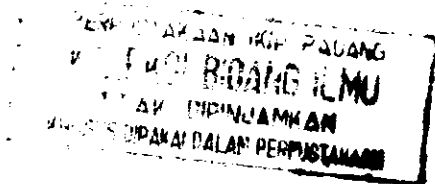
### R E S P I R A S I

#### 1. Pengertian Umum

Pada umumnya orang berpendapat bahwa respirasi, yang dialihbahasakan ke Bahasa Indonesia "pernafasan", merupakan peristiwa pertukaran gas antara sel organisme dengan lingkungannya, yang menyertai proses oksidasi dan pembebasan energi di dalam sel tersebut. Dari pendapat ini kita bisa berkesimpulan bahwa proses di dalam sel yang didampingi itu, biasanya berupa kaitan perangkat-perangkat reaksi kimia dalam lingkup reaksi oksidasi-reduksi, terletak di luar jangkauan batasan atau pendapat tentang respirasi(=pernafasan).

Menanggapi batasan atau pengertian tentang respirasi itu, para ahli sains berpendapat bahwa batasan yang dikemukakan itu baru menampung sebagian dari pengertian respirasi, dan biasanya dikenal dengan istilah "pernafasan luar". Sedangkan peristiwa di dalam sel yang didampingi respirasi itu, yaitu proses oksidasi dan pembebasan energi, biasanya dikenal dengan istilah "pernafasan dalam" atau "pernafasan seluler". Jadi, dalam hal ini, pengertian respirasi(=pernafasan) mendapat porsi batasan lebih luas.

Dalam hal memberikan pengertian tentang respirasi,



Abercrombie dkk. (1975) berpendapat bahwa pengertian respirasi didukung oleh tiga hal, terutama pada hewan-hewan dengan kompleksitas lebih tinggi. Ketiga hal itu adalah sebagai berikut:

- (a) Pernapasan (breathing), yaitu pemompaan udara masuk dan keluar paru-paru (pengganti paru-paru) pada organisme yang hidup di daratan, atau pemompaan air masuk dan keluar rongga insang pada organisme yang hidup di air.
- (b) Pengambilan oksigen dari lingkungan dan pembuangan karbondioksida ke lingkungan.
- (c) Respirasi seluler atau respirasi jaringan, merupakan kaitan perangkat-perangkat reaksi kimia dalam lingkup reaksi oksidasi-reduksi yang berlangsung di dalam sel atau jaringan. Peristiwa ini merupakan kesempatan yang memberikan kemungkinan organisme yang bersangkutan memperoleh energi.

Peristiwa (c) itu sering juga disebut respirasi internal, sedangkan peristiwa (a) dan (b) sering juga dikenal sebagai respirasi eksternal.

Pada kebanyakan organisme, respirasi internal itu disertai konsumsi oksigen dan produksi karbondioksida (manifestasi eksternal dalam hal ini adalah (b), sedangkan pada beberapa organisme (b) itu ditunjang/dipermudah oleh (a)). Respirasi seperti ini dikenal se-

bagai respirasi aerob. Misalnya, dalam hal ini, glukose merupakan bahan dasar untuk respirasi aerob, maka glukose akan teroksidasi dan menghasilkan karbondioksida dan air. Sedangkan sejumlah energi yang dibebaskan akan sebanyak apabila glukose itu dibakar di udara bebas.

Energi dapat juga dibebaskan dengan jalan pemecahan suatu substansi tanpa pemakaian oksigen molekuler. Kejadian ini dikenal sebagai respirasi anaerob. Sebagai contoh misalnya pemecahan glikogen menjadi asam laktat di dalam otot vertebrata; atau pemecahan glukose menjadi etanol dan karbondioksida pada ragi. Proses seperti itu memang tidak bisa menghasilkan energi sebanyak yang dihasilkan oleh respirasi aerob. Banyak organisme (atau sebagian dari tubuhnya) dalam beberapa saat melakukan respirasi anaerob, yaitu ketika suplai/penyediaan oksigen molekuler sangat tidak memadai untuk respirasi aerob. Beberapa jenis bakteri ada yang benar-benar anaerob, artinya bakteri itu tidak menggunakan oksigen bebas; bahkan oksigen itu merupakan penghalang yang mematikan.

## 2. Respirasi Eksternal

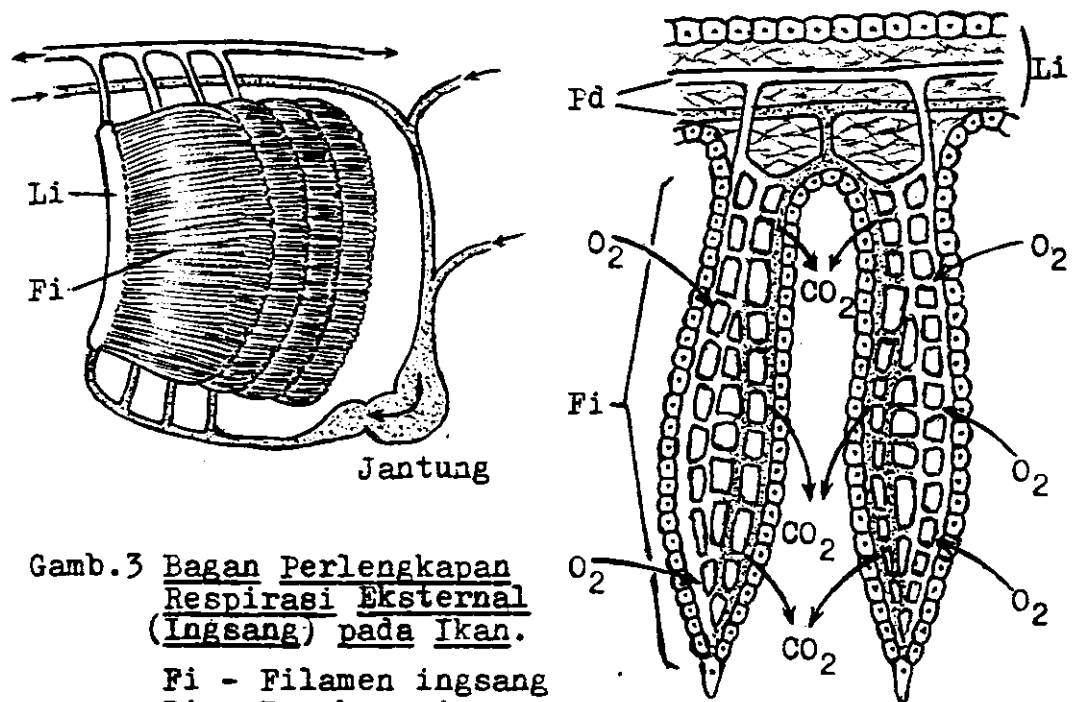
Sejalan dengan tingkat kesempurnaan atau kompleksitas organismenya, proses respirasi juga bervariasi, terutama dalam hal respirasi eksternal. Organisme-organis-

agar bisa merembas melewati membran yang tipis.

Jenis-jenis hewan yang lebih besar (misalnya cacing tanah dan beberapa amfibi) dan hidup di lingkungan berair juga mengadakan pertukaran gas-gas pernapasan melalui seluruh permukaan tubuhnya. Pada jenis-jenis hewan ini, darah dialirkan ke dekat permukaan tubuh sehingga dapat dengan mudah mengadakan pertukaran gas pernapasan dengan lingkungan. Kemudian darah akan membawa gas yang diperoleh itu ke seluruh tubuh.

Ingsang. Banyak hewan yang hidup dalam air atau menghuni lingkungan lembab memiliki insang (misalnya ikan, Gamb.3). Jenis perlengkapan respirasi ini dapat dianggap sebagai pelipatan keluar kulit luar tubuh, yang merupakan upaya peningkatan luas permukaan tubuh untuk respirasi dan memberikan kemungkinan peningkatan pertukaran gas. Insang dalam lingkungan kering cepat sekali mengalami kekeringan. Karena itu insang sering memperoleh perlengkapan adaptif yang secara temporer menghindarkan insang dari lingkungan yang mengganggu serta mencegah kehilangan air. Sebagai kelanjutan dari sistem insang, berupa transportasi gas-gas respirasi, adalah sistem peredaran darah yang menjembatani sel-sel/jaringan-jaringan tubuh dan udara bebas.

Faru-paru dan Trakhea. Hewan-hewan darat yang tidak terkungkung oleh lingkungan berair atau lembab pada

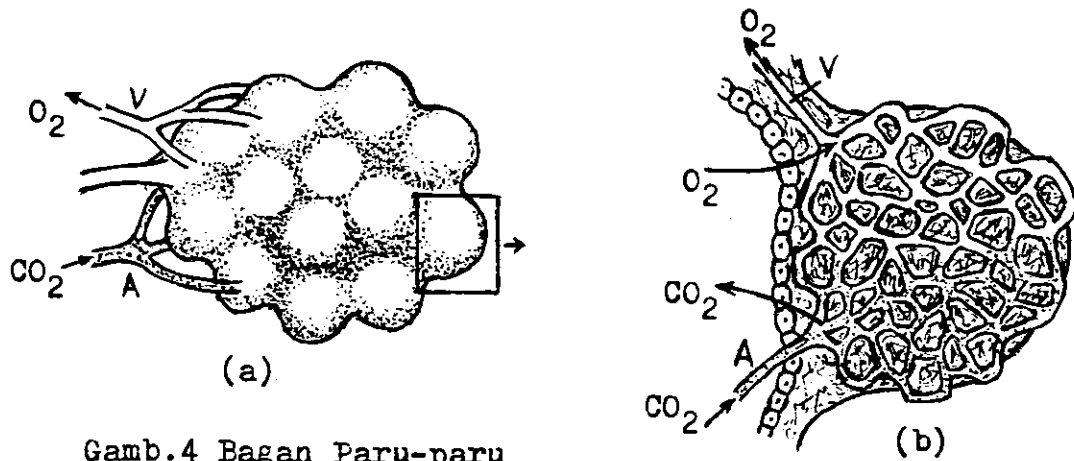


Gamb.3 Bagan Perlengkapan  
Respirasi Eksternal  
(Ingsang) pada Ikan.

Fi - Filamen insang  
Li - Lengkung insang  
Pd - Pembuluh darah

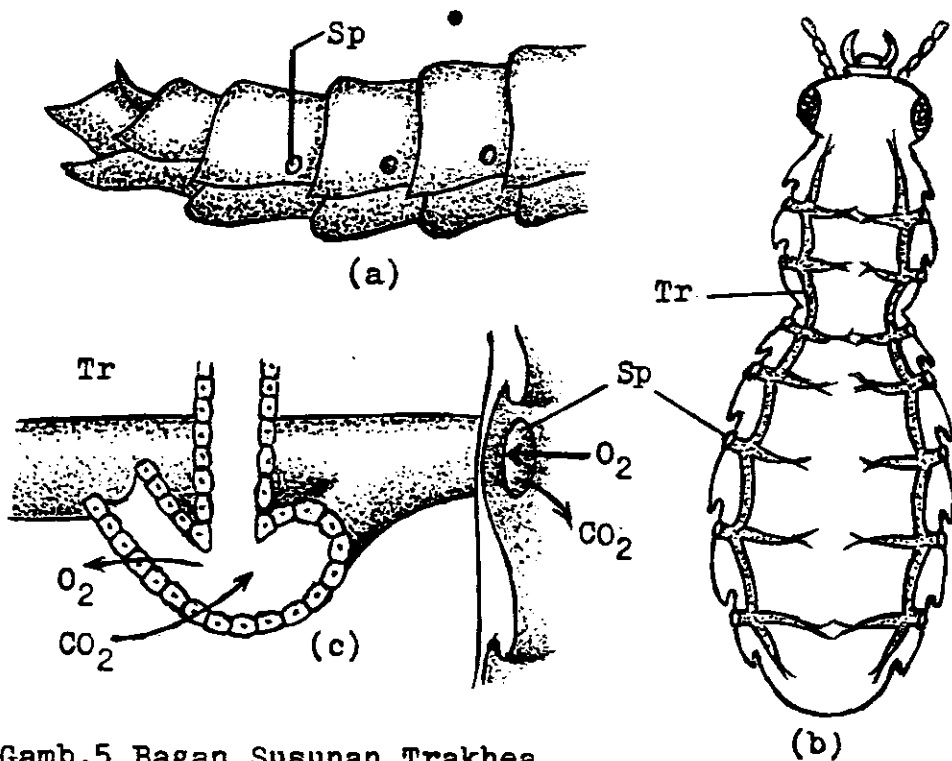
umumnya mempunyai perlengkapan respirasi eksternal berupa paru-paru atau trakhea.

Paru-paru dapat dianggap sebagai pelipatan ke dalam kulit luar tubuh (misalnya pada katak, Gamb.4). Seperti halnya pada insang, pelipatan ini membawa akibat perluasan permukaan untuk pertukaran gas respirasi. Mengenai fakta yang membawa paru-paru masuk ke dalam tubuh hewan tersebut merupakan upaya perlindungan bagi hewan itu agar tetap lembab dan terhindar dari kekeringan. Dalam paru-paru pertukaran gas respirasi dapat terjadi dengan pesat. Kelanjutan peristiwa ini, berupa transportasi gas-gas respirasi, adalah



Gamb.4 Bagan Paru-paru  
Katak (a). Sebuah  
Alveol Dibesarkan (b).

A - Cabang arteri paru-paru  
V - Cabang vena paru-paru



Gamb.5 Bagan Susunan Trakhea  
pada Serangga

Sp - Spirakulum  
(Stigma)  
Tr - Trakhea  
(a)- Sebagian abdomen  
belalang

(b)- Susunan trakhea dalam  
tubuh lebah  
(c)- Sebagian trakhea di-  
besarkan

sistem peredaran darah yang menjembatani sel-sel/jaringan-jaringan tubuh dan udara bebas.

Trakhea merupakan suatu susunan tabung/saluran udara yang menyebar ke seluruh bagian tubuh serangga, laba-laba, dan hewan-hewan artropoda tertentu lainnya (misalnya serangga, Gamb.5). Apabila udara mengalir masuk dan keluar trakhea, udara akan larut ke dalam cairan yang terdapat di ujung-ujung saluran itu. Dalam susunan saluran seperti itu kemungkinan kehilangan adalah dalam tingkat minimal. Dari segi lain, pada umumnya darah sebagai sarana/alat transportasi gas-gas respirasi tidak diperlukan, karena ranting-ranting trakhea menyebar sampai hampir mencapai sel tubuh hewan tersebut.

### 3. Reaksi Respirasi

Energi di dalam molekul glukosa terlepas karena oksidasi. Hal ini merupakan respirasi seluler. Peristiwa utama yang terjadi dalam proses oksidatif ini adalah dehidrogenasi. Dehidrogenasi ini menyebabkan perubahan energi di dalam molekul substansi pemberi hidrogen yang dihasilkan dalam pelepasan energi. Setiap pelepasan hidrogen dibarengi/didampingi oleh pelepasan elektron dari molekul substansi donor. Elektron dan hidrogen, seterusnya, ditangkap oleh molekul oksigen untuk membentuk air, yang merupakan suatu hasil akhir

respirasi seluler. Nampak disini bahwa oksigen berfungsi sebagai akseptor ion, dan bukannya sebagai substansi untuk pembakaran karbohidrat.

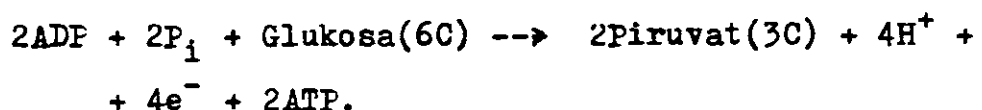
Respirasi seluler sebenarnya merupakan urutan reaksi-reaksi kimia yang ruwet/rumit. Setiap tahap reaksi dikontrol oleh enzim khusus. Orang memperkirakan bahwa di dalam respirasi seluler glukosa terdapat + 100 jenis enzim yang berfungsi.

Untuk mudahnya respirasi seluler itu dibagi menjadi empat tahap, yaitu (Lihat Gamb.6):

- 1) Glikolisis - mengandung arti pemecahan glukosa;
- 2) Peralihan antara glikolisis dan siklus Krebs;
- 3) Siklus Krebs - dikenal juga dengan nama Sklus Asam Sitrat atau Tricarboxylic Acid Cycle (TCA Cycle);
- 4) Sistem Sitokrom - transfer elektron dari atom hidrogen melalui urutan molekul organik kompleks (sitokrom) kepada oksigen.

#### Tahap 1: Glikolisis

Kejadiannya dapat dibagangkan sebagai berikut:

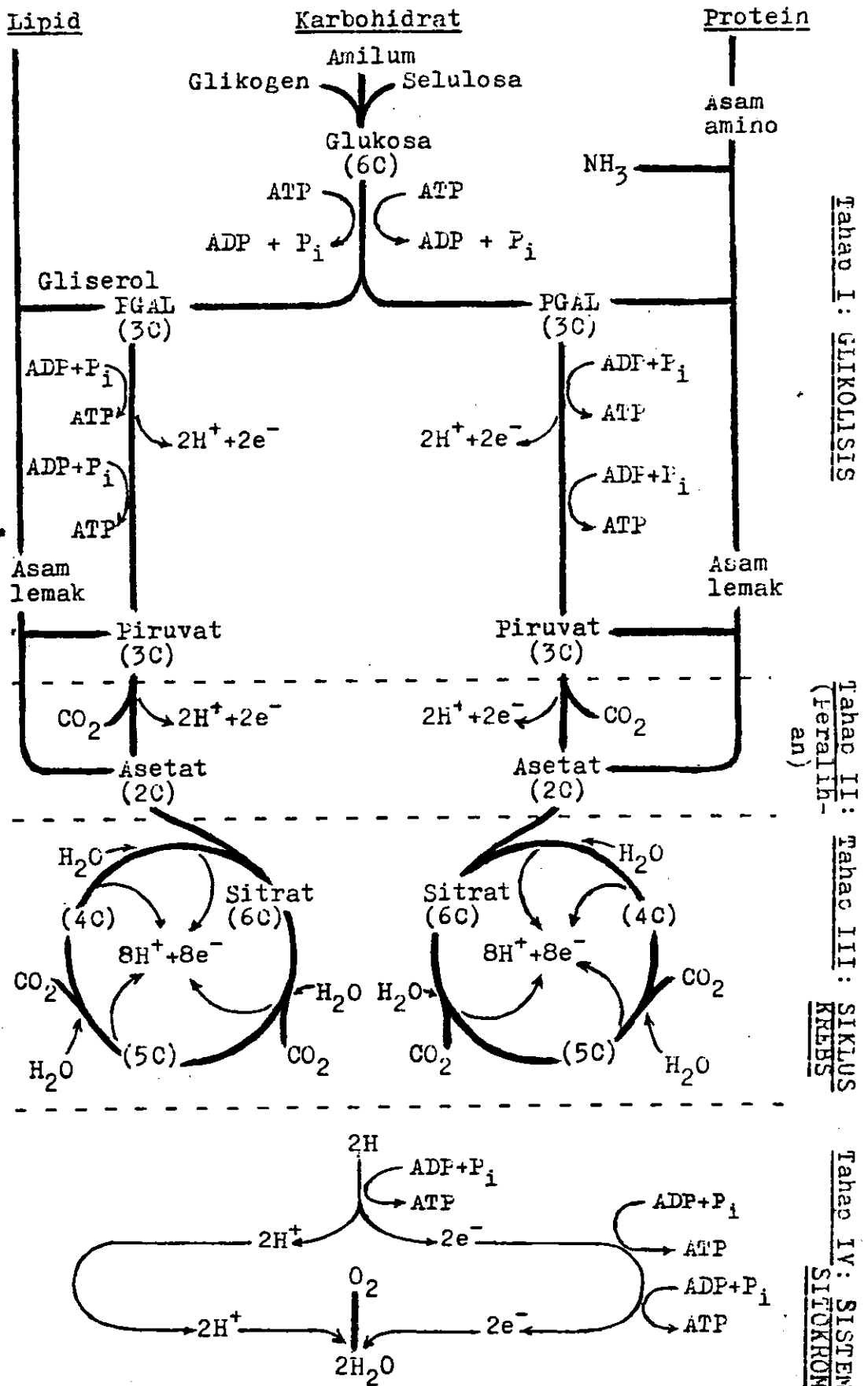


Peristiwa-peristiwa utama yang terjadi adalah:

- a) Perubahan molekul 6C menjadi 2 molekul 3C;
- b) Oksidasi (pelepasan ion-ion H dan elektron);

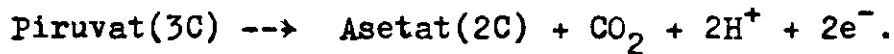


Gamb. 6  
Ikhtisar Peristiwa-peristiwa  
Utama Di Dalam Respirasi



- c) Transfer energi langsung kepada ADP dan  $P_i$  untuk membentuk ATP.

Tahap II: Peralihan antara Glikolisis dan Siklus Krebs  
Kejadiannya dapat dibayangkan sebagai berikut:

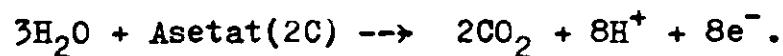


Dalam hal itu, peristiwa-peristiwa utama yang terjadi adalah:

- a) Oksidasi;
- b) Dekarboksilasi (pelepasan  $\text{CO}_2$ ) senyawaan 3C untuk membentuk molekul 2C.

Tahap III: Siklus Krebs

Kejadiannya dapat dibayangkan sebagai berikut:



Peristiwa-peristiwa utama yang terjadi dalam tahap ini adalah:

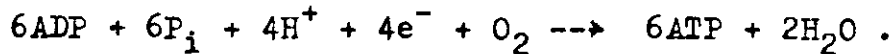
- a) Transfer energi kepada ADP +  $P_i$  untuk membentuk ATP.

- b) Pembentukan air, pelepasan ion-ion H dan elektron.

$\text{H}^+$  dan  $\text{e}^-$  pada Tahap I, II, dan III dilepaskan kepada molekul pembawa yang harus memberikannya kepada molekul-molekul lain, dan akhirnya kepada oksigen untuk membentuk  $\text{H}_2\text{O}$ , yang terjadi dalam Sistem Sitokrom.

#### Tahap IV: Sistem Sitokrom

Kejadiannya dapat dibayangkan sebagai berikut:



Dalam tahap ini, peristiwa-peristiwa utama yang terjadi adalah:

- a) Transfer energi kepada  $\text{ADP} + \text{P}_i$  untuk membentuk ATP;
- b) Pembentukan air.

#### Tempat Kejadian

Kebanyakan Tahap I terjadi di dalam cairan sitoplasma, sedangkan Tahap II, III, dan IV terjadi di dalam mitokondria, dimana diketemukan ensim-ensim untuk reaksi-reaksi di situ (di dinding sebelah dalam mitokondria).

#### Penjelasan-penjelasan

##### Glikolisis (berarti pemecahan glukosa)

Agar glikolisis dapat terjadi, tingkat energi pada glukosa harus ditingkatkan. Tenaga aktivasi yang diperlukan ditransfer dari ATP kepada glukosa melalui pertukaran gabungan fosfat bertenaga tinggi. Hasilnya adalah 2 molekul 3C yang disebut PGAL (Phosphoglyceraldehyde).

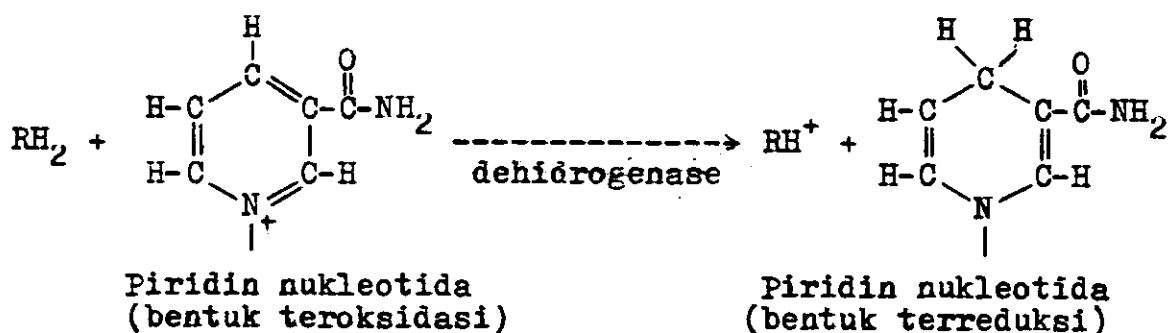
PGAL merupakan persimpangan penting dalam metabolisme sel. Umum sekali zat ini dijumpai dalam jalur reaksi fotosintesis, sintesis-sintesis lain, dan respirasi.

Dalam transformasi PGAL menjadi piruvat terjadi 3 tipe reaksi, yaitu:

- Penyusunan kembali timbunan-timbunan dalam molekul;
- Transfer energi langsung kepada  $ADP + P_i$  untuk membentuk ATP;
- Pelepasan hidrogen dan elektron.

Jumlah ATP yang dihasilkan secara langsung dalam glikolisis adalah dua kali jumlah ATP yang menyediakan energi aktivasi.

Atom-atom hidrogen yang terlepas dalam respirasi tidak muncul dalam bentuk hidrogen bebas, melainkan diberikan kepada molekul-molekul yang membantu sebagai pembawa hidrogen dan elektron. Molekul pembawa ini merupakan molekul organik kompleks yang disebut piridin nukleotida, yang diperlukan dalam respirasi (Gamb.7).



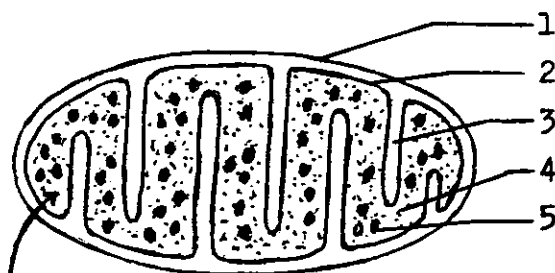
Gamb.7 Piridin Nukleotida Menerima Hidrogen dari Suatu Donor (RH<sub>2</sub>)

Setelah elektron ditransfer dari piridin nukleotida kepada sistem sitokrom, hidrogen terlepas sebagai  $H^+$  ke dalam cairan sitoplasma.

Banyak sel tidak dapat mensintesis beberapa bagian dari molekul-molekul piridin nukleotida, sehingga mereka itu menggunakan bahan tersebut dalam bentuk yang telah siap (dari vitamin-vitamin B) yang mereka peroleh dari makanan. Ternyata bahwa vitamin-vitamin B<sub>2</sub>, K, dan E, serta besi merupakan komponen-komponen yang esensial (penting = diperlukan). Defisiensi zat-zat ini membawa akibat gangguan metabolisme.

#### Tahap Peralihan antara Glikolisis dan Siklus Krebs

Dalam tahap ini, piruvat (molekul 3C) dari cairan sitoplasma memasuki mitokondria (Gamb.8). Satu C-nya akan dilepaskan, dan terbentuklah CO<sub>2</sub>, sehingga yang tertinggal adalah molekul asetat (2C). Banyak atom H ditransfer kepada pembawa hidrogen.



Piruvat

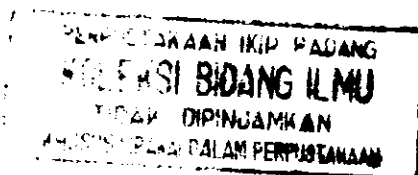
Gamb.8 Bagan Mitokondrion  
(Ukuran sebenarnya 0,5x7 μm)

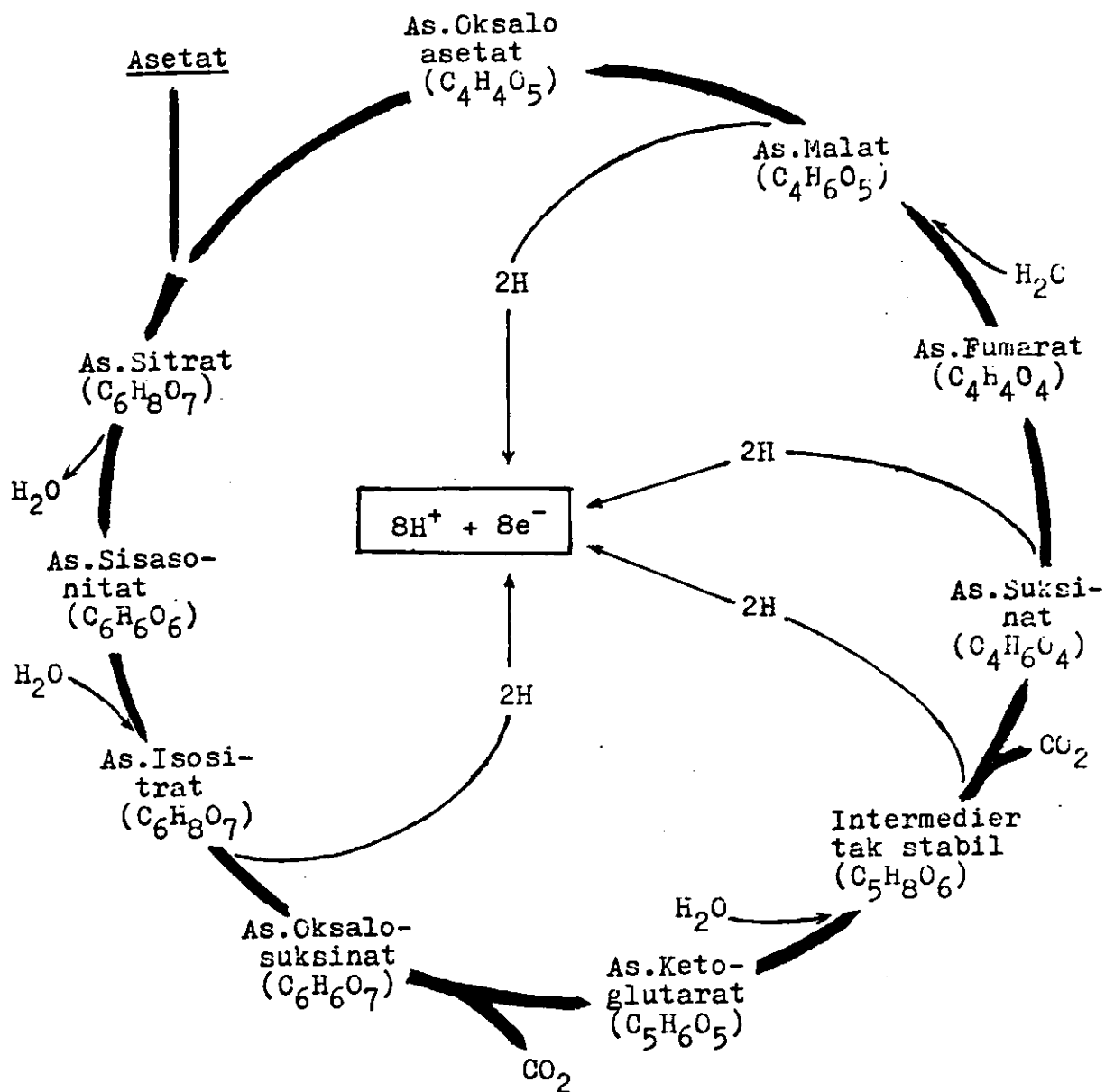
#### Keterangan gambar:

- 1 - Membran luar
- 2 - Membran dalam
- 3 - Krista (lipatan membran dalam)
- 4 - Rongga berisi matriks
- 5 - Ribosom

#### Siklus Krebs

Tahap ini ditemukan oleh Hans Krebs (ahli biokimia Inggris). Dalam tahap ini asetat memasuki urutan reaksi yang dikenal sebagai Siklus Krebs (Lihat Gamb.9)





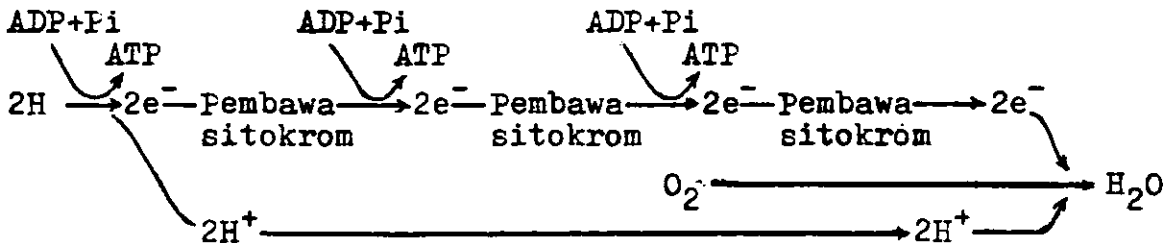
**Gamb.9**

**BAGAN SIKLUS KREBS.** Bagian Utama dari Oksidasi Ditunjukkan oleh Pelepasan Hidrogen dan Elektron.

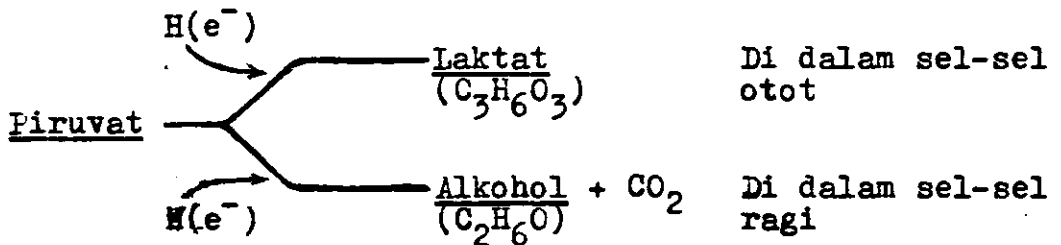
Asetat digabungkan dengan molekul 4C untuk membentuk sitrat (molekul 6C), sehingga terjadi siklus tersendiri yang disebut Siklus Asam Sitrat. Dengan berturut-turut mengalami dekarboksilasi (pelepasan CO<sub>2</sub>), mula-mula sitrat dirubah menjadi molekul 5C, kemudian menjadi molekul 4C.

Sistem Sitokrom

Atom-atom hidrogen dan elektron-elektron yang dilepaskan dari siklus Krebs ditransfer secara berurutan melalui deretan molekul kompleks (sitokrom) kepada oksigen, sehingga terjadilah sistem sitokrom (Gamb.10).



Gamb.10 Bagan Sistem Sitokrom, bertanggung-jawab atas pembentukan sebagian besar ATP.



Gamb.11 Bagan Jalur Alternatif Respirasi Anaerob pada Otot dan Ragi

Sebagian besar energi yang tersedia untuk sel dan berasal dari respirasi diperoleh dari transfer elektron

kontrol di dalam sel.

### 1. Hukum Kegiatan Massa

Suatu jenis kontrol di dalam sel-sel yang umum terjadi berdasarkan atas sejumlah zat yang berinteraksi dan berada di situ pada saat tertentu. Kontrol tersebut bersesuaian dengan Hukum Kegiatan Massa, yakni: Nilai reaksi kimiawi sebanding dengan hasil konsentrasi zat-zat yang berreaksi.

Hal ini berarti bahwa penambahan konsentrasi zat-zat yang berreaksi menaikkan nilai reaksi. Ini juga berarti bahwa penambahan konsentrasi hasil akhir reaksi akan memperlambat nilai reaksi. Contoh jenis kontrol ini ditemukan di dalam reaksi respirasi seluler, dimana PGAL diubah menjadi asam piruvat. Jika asam piruvat tertimbun di dalam sel reaksi menjadi lambat. Sedangkan apabila nilai reaksi berkurang PGAL cenderung akan tertimbun. Hal ini akan mempercepat reaksi. Jika tidak demikian, sebagaimana sering terjadi, sebagian PGAL akan memasuki jenis reaksi lainnya, seperti misalnya sintesis menjadi glukosa atau konversi menjadi gliserol. Reaksi-reaksi ini juga mengikuti atau terpengaruh oleh kontrol kegiatan massa.

Di dalam sel, kontrol kegiatan massa mengandung maksud bahwa akumulasi hasil-hasil akhir reaksi yang sa-



tu menyokong terjadinya reaksi-reaksi lainnya.

Fermasalahan lain menyangkut sejumlah energi yang berada dalam molekul sebelum dan sesudah reaksi. Setiap reaksi menyokong pembentukan substansi yang kandungan energinya makin sedikit dari pada zat-zat yang berreaksi. Jika tidak demikian maka suatu daya tertentu menyediakan energi yang akan mendorong reaksi itu ke arah yang berlawanan.

## 2. Kontrol Genetik

Tidak semua sel menampilkan reaksi-reaksi transfer energi yang sama. Misalnya saja perbedaan antara respirasi anaerob di dalam sel ragi dan sel-sel otot. Hal ini disebabkan tidak semua sel mempunyai enzim yang sama, sehingga reaksi-reaksi yang dilaksanakan tentulah tidak sama. Peristiwa ini disebabkan adanya jenis kontrol seluler utama lainnya, yakni interaksi antara materi genetik dan bagian sel lainnya.

Materi genetik di dalam sel menyusun input informasi yang menentukan aktivitas sel. Materi tersebut adalah ADN (Asam Deoksiribonukleat = DNA = Deoxyribonucleic Acid), yang terdapat di dalam nukleus. Informasi yang mengotrol sel terletak pada struktur ADN. Dalam hal itu, jelaslah bahwa urutan basa yang berbeda pada ADN, dalam proses sintesis protein, akan menghasilkan je-

nis protein yang berbeda. Hal ini memperlihatkan sebagian alasan mengapa semua sel tidak menghasilkan enzim (sejenis protein) yang sama, atau menunjukkan aktivitas kimia yang sama.

Di dalam sel, protein menunjukkan tiga fungsi yang berbeda, yaitu:

- a) Sebagian sebagai enzim, merupakan biokatalisator dalam semua reaksi seluler yang bersesuaian.
- b) Sebagian sebagai protein struktural, merupakan konstituen/unsur pembangun yang utama pada sel dan jaringan.
- c) Sebagian sebagai antibodi, merupakan substansi yang membangun sistem pertahanan tubuh organisme terhadap serangan suatu antigen yang bersesuaian.

#### a. Protein Sebagai Enzim

Dalam semua reaksi seluler, enzim merupakan katalisator, sehingga enzim menjadi sangat penting dalam segala aktivitas sel. Mengingat fungsi katalitik enzim itu berlangsung dalam suasana sel hidup, maka ia dikenal sebagai biokatalisator.

Semua enzim (sekurang-kurangnya sebagiannya) adalah protein. Bagian protein ini sering merupakan bagian penentu mengenai apakah enzim tersebut akan mempengaruhi suatu reaksi kimia tertentu. Sebagai contoh misalnya enzim "lisozim" (lysozyme) yang kerjanya melala-

rutkan sel-sel bakteri dengan jalan mencernakan sejenis gula kompleks yang terdapat dalam dinding sel bakteri itu. Enzim ini mengandung subunit asam amino 129 buah, tersusun dalam rantai dengan bentuk tiga-dimensi. Struktur seperti itu bersesuaian benar dengan bangun gula yang akan dicernakan itu.

#### b. Protein Struktural

Protein struktural merupakan konstituen (unsur pembangun) utama bagi jaringan otot dan kerangka. Semua susunan atau struktur membran juga mengandung komponen protein struktural.

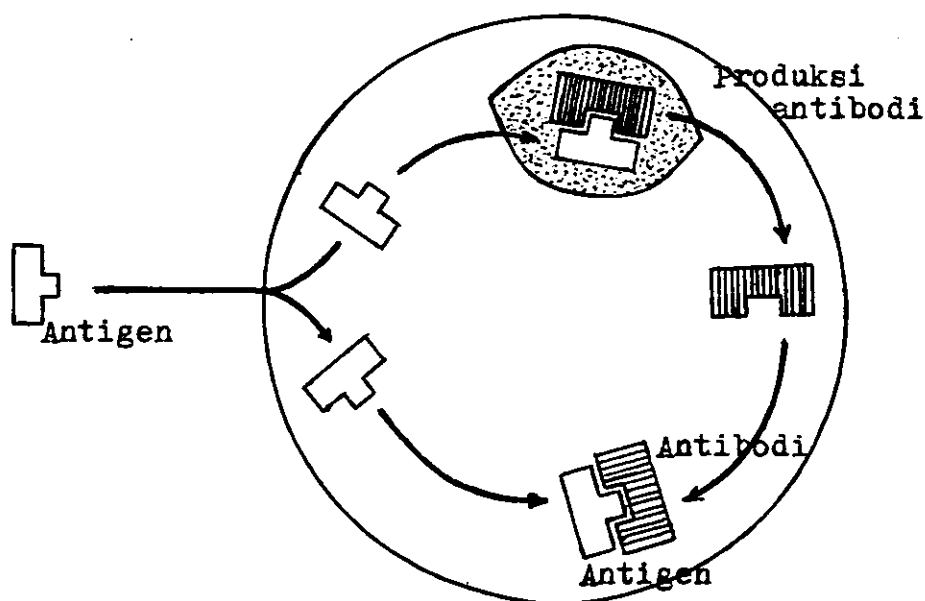
Bagaimana protein struktural ini mempengaruhi aktivitas sel dapat digambarkan sebagai berikut. Misalnya sel otot mengandung protein khusus yakni aktin dan mio-sin. Apabila sel itu tercegah dari pembentukan salah satu jenis protein itu, maka sel itu tidak dapat berkontraksi. Begitu juga halnya, modifikasi suatu jenis protein yang memegang peranan dalam struktur sel akan mengubah aktivitas sel tersebut.

#### c. Antigen dan Antibodi

Jika sejenis protein yang baru/asing, atau suatu bakteri yang mengandung zat-zat asing seperti itu masuk ke dalam tubuh sejenis organisme, maka sel-sel organisme tersebut akan mengadakan reaksi. Cara sel-sel organisme tersebut mengadakan perlawanan terhadap ben-

da-benda asing itu (biasanya disebut sebagai antigen) adalah dengan jalan membentuk/menghasilkan suatu antibodi (zat atau benda penawar).

Fenomenon yang merupakan reaksi antigen-antibodi itu memegang peranan penting dalam membina mekanisme pertahanan tubuh terhadap gangguan penyakit (Perhatikan Gamb.12). Adanya antibodi di dalam tubuh suatu orga-



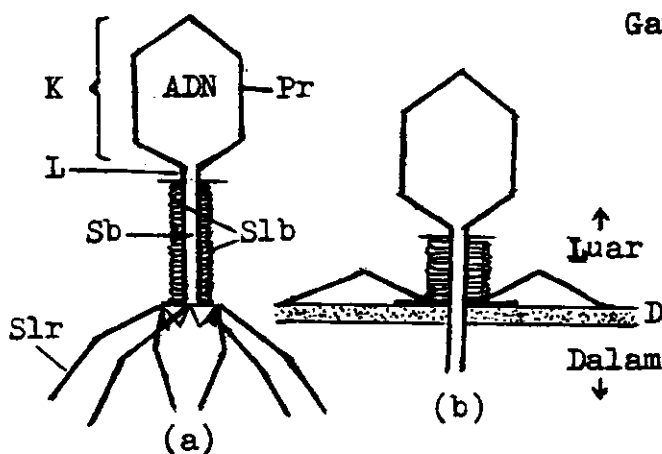
Gamb.12 Bagan Stimulasi Antigen untuk Produksi Antibodi

nisme yang bersesuaian dengan antigen dapat menonaktifkan secara sempurna benda-benda asing itu. Kejadian ini dapat mencegah perkembangan suatu penyakit. Dalam peristiwa ini antibodi bersifat sangat spesifik terhadap antigen yang terkena deaktivasi (sehingga menjadi nonaktif) itu.

Reaksi antigen-antibodi secara khusus dapat merupakan akibat dari salah-fungsi dalam kaitan sitogenetik. Pada seorang penderita sejenis leukemia, misalnya, sedikit perubahan pada DNA dalam kaitan dengan pembentukan sel-sel darah putih mengakibatkan sel-sel itu membentuk antibodi terhadap sel-sel darah merah (eritrosit) sendiri. Peristiwa ini menyebabkan destruksi/pembinaan massal terhadap eritrosit sendiri, sehingga konsekuensinya adalah anemia berat. Anemia seperti ini biasanya merupakan salah satu gejala kebanyakan leukemia.

#### d. Efek Virus

Perubahan aktivitas sel yang disebabkan oleh penyakit virus dapat difahami melalui seluk-beluk pengontrolan dalam hubungan ADN - ARN - sintesis protein. Suatu virus sebenarnya adalah sebongkah molekul ADN atau ARN dengan pembungkus/cangkuk protein. (Lihat Gamb.13).

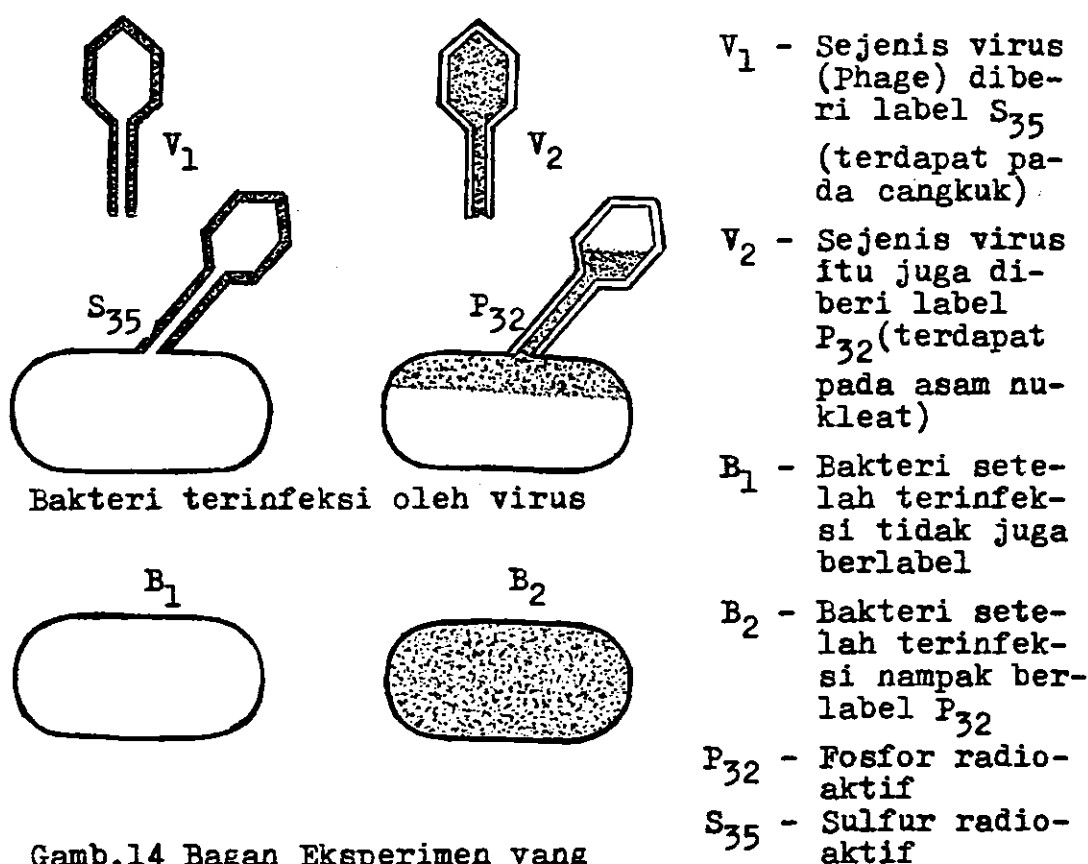


Gamb.13 Bagan Sejenis Virus

(b) Virus menginfeksi bakteri

- D - Dinding sel bakteri
- K - Bagian kepala virus
- L - Bagian leher
- Sb - Sumbu
- Slb - Selubung
- Slr - Sulur
- Pr - Protein cangkuk

Jika virus menginfeksi sel bakteri hanya ADN-nya (atau ARN) saja yang memasuki sel bakteri tersebut (Perhatikan Gamb.14).



Gamb.14 Bagan Eksperimen yang memperlihatkan bahwa hanya asam nukleat saja yang memasuki bakteri

Keterangan: Protein cangkuk virus mengandung sulfur tetapi tidak mengandung fosfor, sedangkan asam nukleat virus mengandung fosfor tetapi tidak mengandung sulfur. Apabila virus itu diberi label  $S_{35}$  dan dibiarkan menginfeksi bakteri, kemudian ternyata bahwa bakteri tersebut tetap tidak memperlihatkan radioaktivitas. Sedangkan apabila jenis virus tersebut dibe-

ri label  $P_{32}$ , maka bakteri yang terinfeksi ternyata memperlihatkan radioaktivitas. Jelas disini bahwa bagian virus yang memasuki bakteri pada saat infeksi hanyalah asam nukleat saja.

Asam nukleat tambahan itu selanjutnya bertindak sebagai informasi genetik baru, dan menyebabkan sel bakteri itu menghasilkan virus baru. Setelah sejumlah besar virus baru terbentuk di dalam sel bakteri, sel ini lalu pecah, sehingga terlepaslah partikel-partikel virus itu dan menyerang sel-sel lain. Dalam kaitannya dengan manusia, kenyataan menunjukkan bahwa penyakit virus pada manusia juga mengikuti fenomena sebagaimana dialami oleh bakteri.

e. Kanker (Cancer)

Pada kanker, sel-sel tubuh tumbuh dan membelah seolah tanpa kontrol, sehingga membawa pertikaian tajam dengan sel-sel sisanya yang terkontrol secara normal. Meskipun berbeda dengan pola infeksi virus, namun penyebab berbagai macam kanker adalah virus. Bahkan jenis-jenis leukemia dapat digolongkan ke dalam kategori ini. Efek kanker yang terkenal adalah peningkatan sintesis protein yang mengakibatkan pertumbuhan dan pembelahan sel menjadi lebih cepat, tingkat metabolisme menjadi lebih tinggi, dan tiadanya koordinasi dengan sel-sel

sekitarnya.

Telah diketahui juga bahwa hampir semua respirasi di dalam sel-sel tersebut berlangsung secara anaerob, tanpa mengindahkan adanya oksigen di situ. Studi berikutnya menunjukkan bahwa di situ terjadi perubahan yang menyolok dalam aktivitas enzim yang terbentuk. Dalam hal itu, perubahan seluk-beluk pengontrolan terhadap produksi protein mengakibatkan modifikasi aktivitas enzim dan abnormalitas metabolisme di dalam sel.

Sebagai ikhtisar dapat dikemukakan bahwa: Ada dua tipe kontrol yang berlangsung di dalam sel, dan sangat berbeda. Tipe kesatu adalah kontrol genetik yang menentukan apa kerja sel. Tipe kontrol lainnya adalah fenomena kegiatan massa. Regulasi ini terjadi di semua sel.

### 3. Kontrol oleh Agensia Kimiawi

Jenis kontrol lain yang dapat kita jumpai adalah persoalan massa sel, yang meliputi tumbuhan dan hewan multiseluler, dan kegiatannya harus terkoordinasi. Koordinasi ini dapat dicapai melalui dua cara, yaitu:

- a) Melalui agensia kimiawi, berupa hormon dan kemikalia yang bertalian dengan kegiatan itu;
- b) Melalui impuls saraf.

Agensia kimiawi yang berperanan dalam koordinasi memperlihatkan keragaman yang menakjubkan, yakni dalam hal



sifat-sifat kimiawinya dan ragam aktivitasnya. Beberapa di antaranya adalah hormon, yaitu senyawaan yang dihasilkan oleh sel atau kelompok sel khusus yang melaksanakan koordinasi berbagai bagian atau seluruh bagian tubuh.

Namun, kita kenal juga banyak koordinator yang tidak mengikuti definisi hormon, karena mereka ini memang bukan hormon. Sedangkan sebagian lagi mendekati kelompok hormon. Misalnya,  $\text{CO}_2$  dihasilkan oleh setiap sel, mempunyai fungsi regulasi di dalam kontrol tingkat pernafasan pada hewan. Ada juga berbagai organisme yang melepaskan substansi seperti hormon ke lingkungan atau alam sekitarnya, dan mempengaruhi tingkahlaku organisme-organisme lain.

Fungsi hormon dapat dikhtisarkan sebagai berikut:

- a) Regulasi lingkungan internal organisme, termasuk juga aspek-aspek tentang perlakuan dan transpor material, respirasi seluler, regulasi cairan internal, dan juga sekresi hormon-hormon lain.
- b) Regulasi pertumbuhan, perkembangan, dan spesialisasi jaringan pada tumbuhan maupun hewan.
- c) Regulasi siklus reproduktif.
- d) Regulasi tingkahlaku.

#### 4. Hormon pada Hewan

Sampai dewasa ini, hormon pada hewan mamalia lebih

banyak dikenal dari pada hewan lain, karena kebanyakan ahli lebih tertarik pada fungsi hormon-hormon pada manusia.

Istilah "hormon" diusulkan oleh E.H.Starling (1905 ; cit. Nelson, 1970) bagi kemikalia yang menstimulasi pankreas mamalia untuk sekresi cairan degestif.

Kelompok vertebrata lainnya, antara lain burung dan ikan, dikenal juga mempunyai sistem hormonal seperti pada manusia. Secara umum kita dapat menegaskan bahwa kelompok vertebrata lebih rendah (seperti misalnya ikan) mempunyai organ-organ endokrin yang belum dapat ditentukan secara sempurna, apabila hal itu dibandingkan dengan organ sejenis pada burung atau mamalia. Meskipun demikian kepentingan fungsional hormon-hormon yang dihasilkan itu dalam semua kelompok hewan sama tingginya.

Telah lama kiranya, para ahli biologi mempunyai kesan bahwa berbagai aktivitas hewan (seperti misalnya berganti kulit, pewarnaan/berganti warna, dan tingkah laku reproduktif pada invertebrata) terkontrol oleh hormon. Baru dalam tahun-tahun akhir inilah mereka membenarkan/membuktikan tentang adanya hormon tersebut serta tempat asalnya. Berbagai penelitian telah dapat mengidentifikasi jaringan-jaringan endokrin dan hormon-hormon pada sejumlah serangga dan krustasea, dan

telah juga mengamati aktivitas hormonal pada anelida, moluska, ekinodermata, dan sefalopoda.

Masalah mengesankan dalam hal sistem endokrin pada invertebrata adalah bahwa sebagian besar sel-sel penghasil hormon ditemukan pada sistem sarafnya. Sedangkan pada vertebrata, hanya beberapa hormon saja yang dihasilkan oleh sel-sel saraf, kebanyakan hormon berasal dari kelenjar-kelenjar bukan saraf.

Sebagai contoh misalnya peristiwa hormonal pada ketam (Crustacea). Pada ketam, pertumbuhan larva menjadi dewasa dapat terjadi karena eksoskeleton secara periodik ditanggalkan dan diganti dengan yang baru. Peristiwa ganti-kulit atau ekdisis (ecdysis) itu dikontrol oleh dua hormon, yaitu:

- a) Ekdison (ecdysone), hormon yang dihasilkan oleh kelenjar yang disebut organ-Y. Hormon ini membawa akibat sekelompok kejadian kompleks yang menyertai kejadian ganti-kulit sebenarnya.
- b) Hormon penghalang ekdisis (HPE), yang dihasilkan oleh kelenjar disebut organ-X. Kerja hormon ini adalah mencegah produksi hormon ekdison. Jadi, dalam hal ini, HPE tidak melawan secara langsung aktivitas ekdison.

Kegiatan HPE dalam pengontrolan ekdisis pada ketam

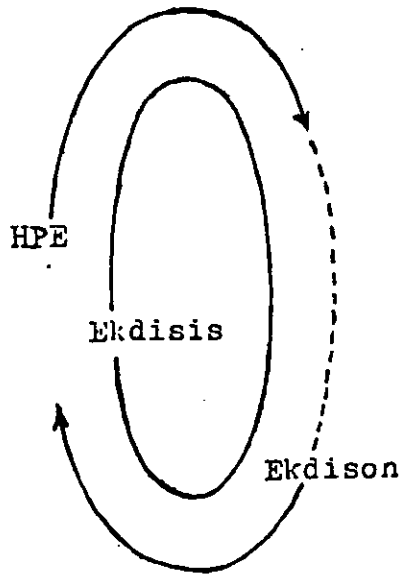
(Lihat Gamb.15) menampilkan satu faktor lagi mengenai sistem koordinasi kimiawi. Banyak juga koordinator kimiawi seperti HPE yang mencegah agar suatu aktivitas tidak berlangsung, di samping koordinator yang bersifat stimulatif. Jadi, suatu koordinasi dapat dicapai melalui inhibisi (inhibition = penghalangan/pencegahan) maupun stimulasi (stimulation = dorongan/perangsangan).

Ada dan tidak adanya hormon di dalam cairan tubuh (darah) biasanya sulit dicapai/diketahui melalui analisis kimiawi, karena kadarnya pada umumnya sangat sedikit. Karena itu studi tentang hormon pada umumnya dicapai melalui "bio-assay".

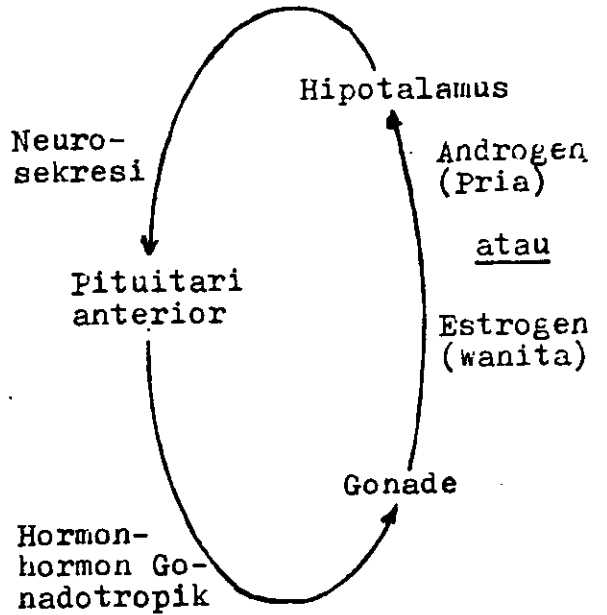
##### 5. Hormon Vertebrata

Struktur kimia hormon vertebrata sangat berragam. Mengingat strukturnya, secara umum dapat dikemukakan tiga kelompok hormon, yaitu:

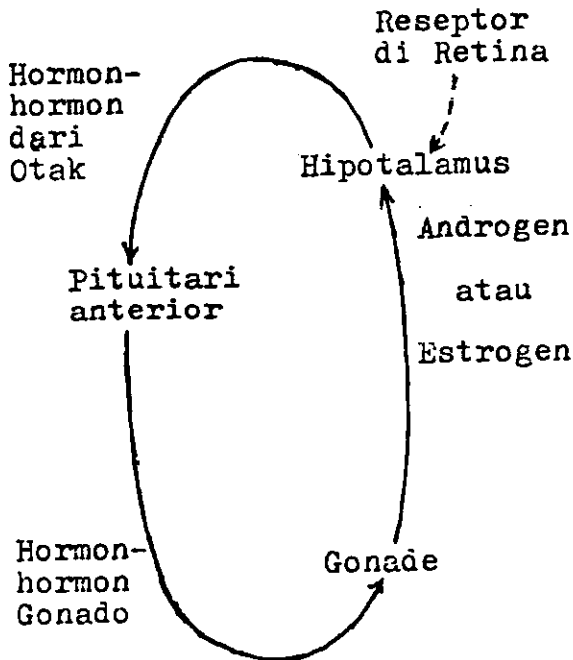
- 1) Kelompok hormon paling sederhana (Gamb.19), terdiri dari modifikasi asam amino atau sekelompok kecil asam amino. Contoh antara lain: adrenalin, tiroksin (thyroxin), dan hormon yang dikeluarkan oleh kelenjar pituitari (hypophysis cerebri) posterior.
- 2) Kelompok hormon yang lebih besar dari pada hormon-



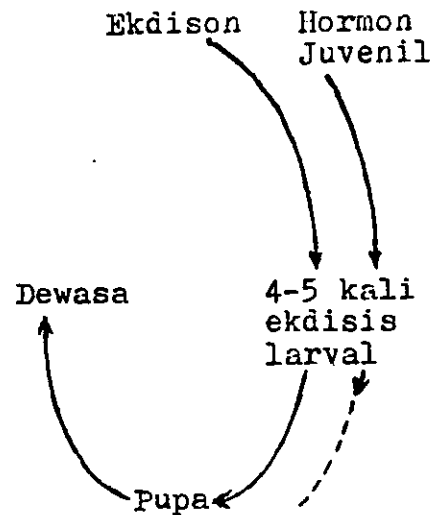
Gamb.15 Bagan Siklus Ek-  
disis pada Ketam



Gamb.16 Bagan Relasi antara Ke-  
lenjar dan Hormon yang  
terbawaserta dalam Kon-  
trol Reproduksi pada  
Vertebrata



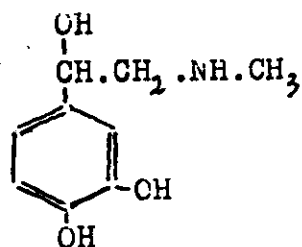
Gamb.17 Bagan Kontrol Si-  
klus Reproduksi  
pada Kebanyakan  
Aves



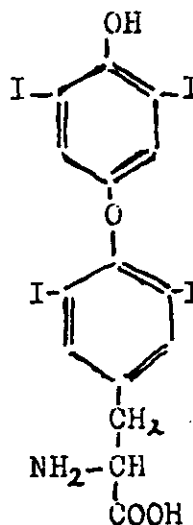
Gamb.18 Bagan Kontrol Hormonal  
dalam Siklus Hidup  
Kupu-kupu

PERPUSTAKAAN IKIP PADANG  
KOLEKSI BIDANG ILMU  
TIDAK DIPINJAMKAN  
KHUSUS BELAJAR DALAM PERPUSTAKAAN

Gamb.19  
Contoh Hormon Vertebrata Kelompok I:

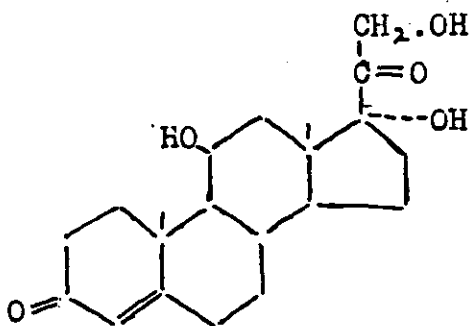


Epinefrin

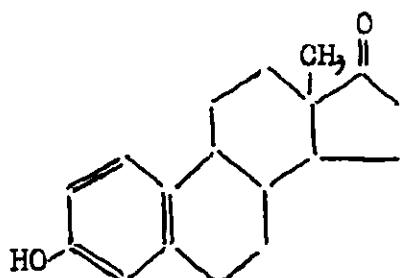


L.Tirosin

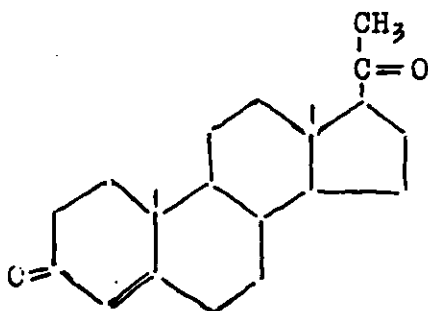
Gamb.20  
Contoh Hormon Vertebrata Kelompok II:



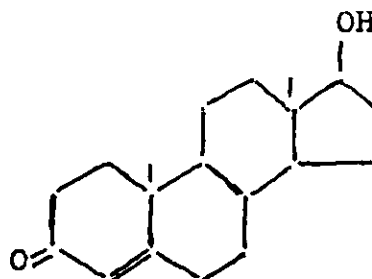
17-Hidroksi-11-dehidro-  
 kortikosteron  
 (suatu Kortison)



Estron  
 (suatu Estrogen)



Progesteron



Testosteron

hormon asam amino, yaitu hormon-hormon steroid. Hormon-hormon ini merupakan keluarga lemak (Gamb.20, Halm.36). Contoh antara lain: kortison, estrogen, testosteron.

- 3) Kelompok hormon terbesar, merupakan hormon-hormon yang tergolong protein. Hormon-hormon ini bervariasi dari bermolekul kecil (antara lain insulin) sampai dengan bermolekul sangat besar (antara lain hormon-hormon penstimulasi gonade dan hormon-hormon pertumbuhan). Sebagai contoh adalah hormon yang dikeluarkan oleh kelenjar pituitari anterior.

Pada mamalia, hormon-hormon mengkoordinasi banyak aktivitas. Salah satu contoh adalah bagian dimana insulin berperan di dalam metabolisme karbohidrat (Lihat Tabel 1, Halm.38).

Jenis-jenis aktivitas lainnya yang terkoordinasi oleh hormon-hormon membawa-serta berbagai organ dan mekanisme yang saling terpisah (Lihat Tabel 1, Halm.38). Sebagai contoh adalah reproduksi yang membawa-serta tiga organ yang berjauhan tempatnya, yaitu gonade, pituitari, dan otak. Kesemuanya mengeluarkan hormon yang terbawa-serta dalam kontrol ini.

Pada sistem hormonal terdapat jenis regulasi yang disebut "mekanisme umpan-balik", yakni suatu mekanisme dimana elemen yang mengontrol akan dengan sendirinya

Tabel 1 JARINGAN ENDOKRIN DAN HORMON  
UTAMA PADA MANUSIA

Kelenjar (Jaringan)	Hormon	Fungsi Utama Hormon
1. Thyroid	Thyroxin	-Menstimulasi tingkat metabolisme oksidatif dan mengatur pertumbuhan dan perkembangan umum.
	Thyrocalcitonin	-Memperkecil kadar kalsium di dalam darah.
2. Parathyroid	Parathormon	-Mengatur kadar kalsium dan fosfor di dalam darah.
3. Pancreas (Pulau-pulau Langerhans)	Insulin	-Menurunkan kadar glukosa darah dengan menaikkan penimbunan di hati.
	Glukagon	-Menaikkan kadar glukosa darah.
4. Medulla adrenales	Epinephrin (Adrenalin)	-Berbagai efek keadaan darurat pada darah, otot, suhu.
5. Cortex adrenales	Kortison dan hormon-hormon yg. berkaitan	-Mengontrol metabolisme karbohidrat, protein, mineral, garam, dan air.
6. Pituitari anterior	1. Thyrotropik	-Menstimulasi fungsi kelenjar Thyroid.
	2. Adrenokortikotropik	-Menstimulasi perkembangan dan sekresi kelenjar Cortex adrenales.
	3. Hormon pertumbuhan	-Menstimulasi berat tubuh dan tingkat pertumbuhan skeleton.
	4. Gonadotropik	-Menstimulasi Gonade.
	5. Prolaktin	-Menstimulasi laktasi.
7. Pituitari posterior	1. Oksitosin	-Menyebabkan kontraksi sebagian otot polos.
	2. Vasopresin	-Menahan ekskresi air dari tubuh melalui urine.
8. Ovarium (Folikel)	Eströgen	-Mempengaruhi perkembangan organ-organ seks dan karakteristik wanita.



Lanjutan Tabel 1:

Kelenjar (Jaringan)	Hormon	Fungsi Utama Hormon
9.Ovarium (Korpus luteum)	Progesteron	-Mempengaruhi siklus menstruasi, menyiapkan uterus untuk kehamilan, merawat kehamilan.
10.Uterus(Plasenta)	Estrogen dan Progesteron	-Berfungsi memelihara kehamilan.
11.Testis	Androgen(Testosteron)	-Bertanggungjawab bagi perkembangan dan pemeliharaan organ-organ seks dan karakteristik sekunder pria.
12.Sistem Digestif	Berbagai hormon gastrointestinal	-Integrasi proses-proses digestif.

Tabel ini merupakan adaptasi dari karya G.E.Nelson dkk., Fundamental Concepts of Biology, John Wiley & Sons, Inc., N.Y.

terkontrol oleh elemen yang dikontrolnya.

Kita jumpai dua mekanisme yang bertanggungjawab atas pengontrolan dari hormon-hormon yang mengkoordinasi aktivitas reproduktif, yaitu:

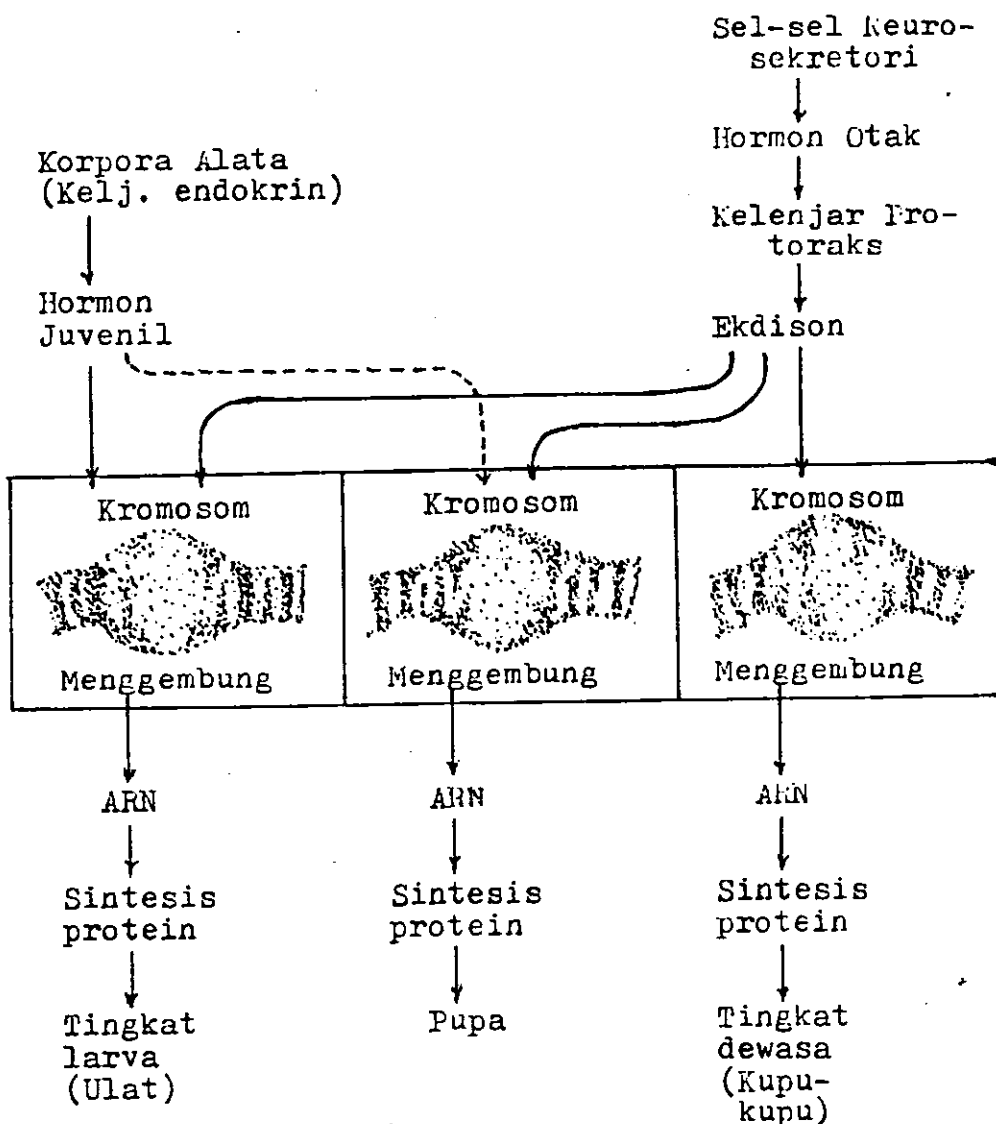
- a) Mekanisme umpan-balik (Feedback mechanisms), yang membantu memelihara hormon-hormon dari gonade, hipotalamus, dan pituitari anterior agar konstan.
- b) Mekanisme kedua, sistem saraf, mengontrol pembangkitan (initiation), perubahan = modifikasi (modification), dan penghentian = terminasi (termination) proses-proses hormonal itu melalui sekresi hormon oleh sel-sel saraf tertentu. Kontrol yang dilaksanakan oleh sistem saraf menyelaraskan aktivitas sistem koordinasi kimiawi dengan perubahan lingkungan.

#### 6. Hormon-hormon pada Serangga

Di antara invertebrata, hormon yang paling kita kenal adalah hormon-hormon serangga, yaitu ecdison dan hormon juvenil (Lihat Gamb.15 dan 18, Halm.35; dan Gamb.21, Halm.41).

##### a) Ecdison

Hormon ini berfungsi di dalam pertumbuhan vital dan proses ganti-kulit pada serangga, lebih-kurang seperti apa yang terjadi pada ketam. Analisis kimiawi terhadap substansi ini menunjukkan bahwa ia adalah ste-



**Gamb.21** Hormon Juvenil dan Ekdison Mempengaruhi Pengembangan Kromosom

(Banyaknya hormon juvenil menentukan bentuk/tingkat individu yang mengalami ekdisis)

roid, sekeluarga dengan kelompok hormon vertebrata yang penting.

Ragam kegiatan ekdison dalam aplikasi terhadap kromosom raksasa (pada kebanyakan larva lalat) adalah sebagai berikut:

- a) Menyebabkan timbulnya penggembungan pada kromosom tersebut sesaat kemudian; besarnya seimbang (proporsional) dengan dosis ekdison.
- b) Menyebabkan sintesis ARN (Asam Ribonukleat = RNA = Ribonucleic Acid) dan sintesis protein berlangsung jauh lebih cepat pada bagian kromosom yang menggembung itu.

Kesimpulan dari eksperimen seperti itu memberikan hipotesis: Ekdison bekerja langsung terhadap kromosom untuk menggiatkan suatu gen (sekelompok gen), yang selanjutnya akan mengarahkan sintesis enzim-enzim yang terbawa-serta dalam pergantian kulit (ekdisis).

Seandainya peristiwa ini merupakan mekanisme yang sebenarnya, maka jelaslah sudah masalah apakah yang mengontrol kerja gen.

### 7. Hormon Juvenil (Hormon remaja)

Hormon dihasilkan oleh sepasang benda kecil dekat "otak" serangga. Fungsinya terbawa-serta dalam kontrol pertumbuhan (seperti halnya ekdison). Sedangkan

fungainya yang spesifik adalah memelihara serangga dalam bentuk larva sampai beberapa kali ekdisis (Perhatikan Gamb.21, Halm.41).

Secara kimiawi, hormon juvenil sekeluarga dengan steroid yang dapat ditemukan di mana-mana. Substansi yang menyamai kerja hormon juvenil terdapat pada banyak organisme (Penelitian melalui "bio-assay"; substansi itu diperoleh dengan jalan ekstraksi jaringan): berbagai jenis invertebrata, vertebrata, mikroorganisme, dan tumbuhan.

Mimik (tiruan) hormon ini bekerja sebagai insektisida alamiah. Dalam hal ini, penemuan Carroll Williams (seorang ahli hormon insekta) adalah:

- a) Mengetahui/menyadari selama perjalanannya bahwa salah satu anak sungai utama dari Sungai Amazon ternyata bebas dari kehidupan serangga secara menakjubkan;
- b) Penelitian terhadap air anak sungai tersebut menunjukkan adanya substansi yang menghalangi perkembangan serangga. Kemungkinan sekali, peristiwa itu disebabkan oleh adanya mimik (tiruan) hormon juvenil berasal dari vegetasi di sepanjang tepi anak sungai yang terendam air. Peristiwa ini merupakan kesempatan yang baik sekali untuk pengembangan produk komersial tentang bahan pembasmi serangga yang ti-

dak begitu fatal terhadap kehidupan lain (tidak seperti DDT dll.).

### 8. Hormon-hormon pada Tumbuhan

Pertumbuhan tumbuhan dan spesialisasi strukturnya terkontrol oleh zat kimia yang disebut hormon tumbuhan.

Dalam berbagai hal hormon tumbuhan jelas sekali bedanya dari hormon hewan, antara lain adalah:

- a) Hormon tumbuhan dihasilkan oleh sel-sel tumbuhan biasa yang masih hidup;
- b) Hormon tumbuhan tersebar ke bagian-bagian lain dengan jalan merembas dari sel ke sel;
- c) Pengaruh dari substansi ini lebih bersifat umum.

Hormon-hormon tumbuhan yang umumnya dikenal ada tiga golongan (Lihat Gamb.22, Halm.45), yaitu:

- a) Auksin;
- b) Giberelin;
- c) Sitokinin.

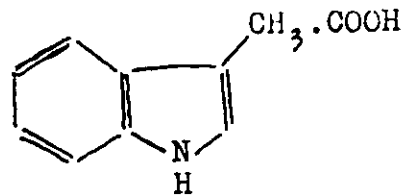
Masing-masing hormon itu dapat dengan mudah dibedakan atas dasar sifat-sifat kimianya. Fungsi ketiga hormon tumbuhan itu ada kalanya tampil pada:

- a) Beberapa kasus; mereka itu menunjukkan pengaruh yang "overlap" (tumpang-tindih);
- b) Kasus-kasus lain; mereka menunjukkan pengaruh yang kooperatif;

Gamb.22

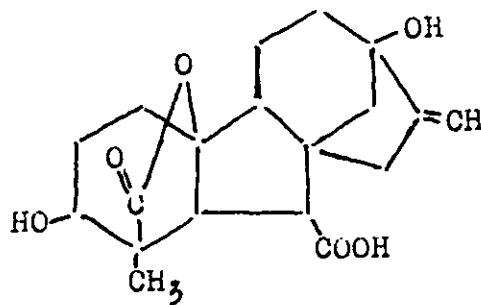
Contoh Hormon Tumbuhan

Kelompok Auksin:



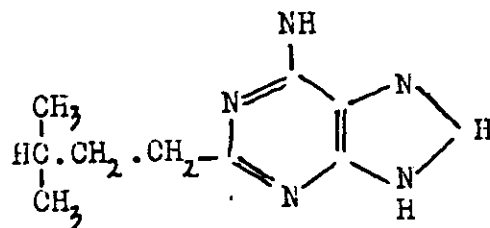
Asam Indolasetat

Kelompok Giberelin:



Giberelin

Kelompok Sitokinin



Isopentiladenin

c) Kasus-kasus lainnya lagi; mereka menunjukkan pengaruh yang antagonistik.

a. Auksin

Kelompok hormon ini lebih banyak diketahui dari pada hormon-hormon tumbuhan yang lain. Ia berasal dari sel-sel puncak (apeks = ujung) tumbuhan, dan mengatur pertumbuhan dan perkembangan sel-sel ujung tersebut.

Jika puncak tumbuhan dipotong, maka pertumbuhan bagian puncak itu akan terhenti. Dari percobaan-percobaan dapat diketahui mengapa pertumbuhan puncak tumbuhan itu terhenti. Peristiwa itu disebabkan oleh hal-hal berikut ini:

- a) Pengrusakan sel-sel penghasil auksin dengan jalan memotong itu;
- b) Memutuskan hubungan antara sel-sel penghasil auksin itu dengan bagian-bagian lainnya;
- c) Membuang sumber zat kimia yang menjadi penggiat pertumbuhan;
- d) Mencegah terjadinya difusi zat penggiat pertumbuhan itu.

Auksin secara normal berfungsi mengontrol pemanjangan sel-sel tumbuhan. Dalam hal interaksi dengan hormon lain, ia dapat mengkoordinasi pertumbuhan umum tumbuhan.



### b. Giberelin

Kelompok hormon ini ditemukan pada fungus, yang bila menginfeksi tanaman padi ia akan menyebabkan pertumbuhan abnormal, yaitu pertumbuhan kurus tinggi.

Aplikasi ekstrak yang mengandung hormon tersebut pada tanaman lain menyebabkan terjadinya pertumbuhan luar biasa.

Misalnya:

Aplikasi pada tanaman lobak, substansi ini menyebabkan tanaman lobak tumbuh sampai setinggi 2 meter. Sedangkan pada tanaman jenis kerdil, giberelin menyebabkan tanaman ini tumbuh menjadi jenis besar.

Semua pertumbuhan luar biasa ini ternyata karena ada penambahan panjang batang di luar kebiasaannya.

Orang memperkirakan bahwa giberelin secara normal ditemukan juga pada tumbuhan hijau. Berbagai pertanda menunjukkan bahwa:

- a) Hormon ini membantu mempercepat perkecambahan biji;
- b) Ia merangsang sintesis auksin;
- c) Ia menginduksi pertumbuhan akar pada kecambah;
- d) Ia berinteraksi dengan hormon lain untuk regulasi pertumbuhan umum tumbuhan.

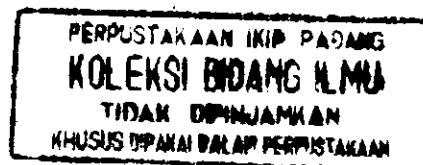
### c. Sitokinin (Cytokinin)

Kelompok hormon ini mempercepat pembelahan sel dan di-

THE UNIVERSITY OF CHICAGO  
LIBRARY  
540 EAST 57TH STREET  
CHICAGO, ILL. 60637

ferensiasi pembentukan jaringan tumbuhan. Ternyata, hormon pertumbuhan yang potensial ini merupakan derivat dari purin atau pirimidin, antara lain adalah IPA = Isopentiladenin.

Hormon ini ditemukan dalam biji, santan kelapa, serta sari tanaman. Kemungkinan sekali hormon ini terjadi sebagai hasil pembongkaran asam nukleat.



DAFTAR REFERENSI

Abercrombie , M., et al ; A Dictionary of Biology;

Edisi ke-6; Penguin Books Ltd., Harmondsworth,  
Middlesex , England; 1975.

Harrow , B., dan Mazur , A.; Textbook of Biochemistry;

Edisi ke-9; W.B. Saunders Co., Philadelphia;  
1967.

Nelson , G.E., et al ; Fundamental Concepts of Biolo-

gy; Edisi ke-2; John Wiley & Sons, Inc., New  
York; 1970.

Otto , J.H., dan Towle , A.; Modern Biology; Holt,

Rinehart & Winston, Inc., New York; 1965.