

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

Fisiologi Tumbuhan

I

MILIK PERPUSTAKAAN IKIP PADANG
No. Pustaka: *Olet. '84*
No. Seri: *HA*
No. Sub Seri: *K1*
No. Volume: *1842/1/2/84 - 10 (16)*
No. Halaman: *581-876 ArL 10*

O
l
e
h

Drs. Arlis
FPMIPA-IKIP PADANG

Dibiayai dan diterbitkan oleh ;

PROYEK PENGEMBANGAN PROGRAM DIPLOMA KEPENDIDIKAN

IKIP PADANG

1985

MILIK UPT PERPUSTAKAAN
IKIP PADANG

KATA PENGANTAR

Dengan rahmat Tuhan Yang Maha Esa dan dengan izin Nya jua , penulis telah dapat menyelesaikan tulisan ini dengan maksud untuk menyebarluaskan pengetahuan melalui tulisan/karangan yang dikoor- dinir oleh suatu badan tertentu. Mudah-mudahan isi tulisan ini ada manfaatnya bagi teman-teman seprofesi dan juga bagi teman-teman di luar profesi penulis.

Di sini dapat penulis sampaikan bahwa sebagai seorang manu- sia biasa tidak akan luput dari kelemahan dan kekurangan serta ke- salahan-kesalahan. Karena itu penulis mengharapkan bantuan dari para pembaca untuk dapat memberikan saran-saran serta kritik yang bersifat membangun atas tulisan ini demi perbaikan di masa menda- tang. Atas bantuan tersebut penulis sampaikan terima kasih yang se- besar-besarnya.

Di samping itu perlu pula rasanya penulis sampaikan ucapan terima kasih yang sama atas bantuan teman-teman demi selesainya tu- lisan ini terutama sekali Ketua Proyek P₂DK IKIP Padang beserta se- luruh staf yang telah bersedia menerbitkannya. Mudah-mudahan semua bantuan tersebut akan mendapat balasan yang setimpal dari Yang Maha Kuasa, amin.

Padang, 1984

Penulis,

DAFTAR ISI

	Halaman
KATA PENGANTAR	iii
DAFTAR ISI	iv
BAB I UNSUR-UNSUR MAKANAN	1
1.1. Unsur Makanan	1
1.2. Peranan Unsur Makanan Bagi Tumbuhan.....	5
1.3. Penyakit Kekurangan Unsur Makanan (Deficiency Diseases)	9
1.4. Proses Penyerapan Zat Makanan	13
BAB II PENGANGKUTAN AIR	34
2.1. Tekanan air	36
2.2. Hukum kapilaritas	36
2.3. Daya isap daun	36
BAB III A S S I M I L A S I	38
3.1. Assinilasi Karbon (C)	38
3.2. Assimilasi N (zat lemak)	44
BAB IV ELIMINASI AIR	51
4.1. Transpirasi	51
4.2. Guttasi	54
4.3. Bleeding	55
BAB V PERNAPASAN	56
5.1. Pernapasan aerob	56
5.2. Pernapasan anaerob	58
DAFTAR BACAAN	60



BAB I

UNSUR-UNSUR MAKANAN

1.1. Unsur Makanan

Sejak zaman dahulu kala orang telah mulai mempelajari unsur-unsur/zat-zat apa saja yang dibutuhkan oleh tumbuhan untuk hidupnya. Demikianlah buat pertama kalinya seorang fi losof bangsa Yunani Aristoteles telah memberikan satu pernyataan yang mengatakan bahwa :

- Tu_mbuhan menyerap sesuatu, tetapi Aristoteles belum mengetahui apa yang diserap oleh tumbuhan tersebut.
- Tumbuhan adalah makhluk yang berjiwa dan dapat memilih zat-zat makanan yang baik atau yang tak baik bagi kehidupannya.

Berabad-abad kemudian barulah muncul beberapa orang ahli yang mengarahkan penyelidikannya ke arah ini yang berdasarkan kepada metoda-metoda yang ilmiah.

Van Helmont (1630)

Ahli ini menyatakan bahwa, air adalah zat makanan yang utama. Kesimpulan ini diperdapatnya dari hasil eksperimen yang dilakukannya terhadap tumbuhan yang di tanam di dalam pot kaca yang berisi air saja. Setelah beberapa tahun tumbuhan itu ditimbangya dan ternyata berat tumbuhan tersebut bertambah.

Wallerius

Mengemukakan teori humus.

Ia menyatakan bahwa humus adalah zat makanan yang utama.

Lavoisier (seorang ahli kimia), menyatakan bahwa tumbuhan mengeluarkan zat-zat kimia.

Teorinya ini dibuktikan oleh para ahli berikutnya.

Ingen House (1779)

Mengatakan bahwa zat kimia yang dikeluarkan oleh tumbuhan itu adalah oksigen (O_2).

Saussure dan Sneiber (1804)

Menyatakan bahwa tumbuhan menyerap CO_2 dan H_2O untuk keperluan hidupnya.

Kedua ahli inilah yang membantah teori humus dari Wallerius. Mereka menyatakan bahwa humus bukanlah zat makanan tetapi di dalam humus terkandung zat-zat makanan.

Humus adalah sisa-sisa bahan organik yang telah melapuk yang berasal dari tumbuhan.

Sachs (1860) dan Knop (1865)

Mereka telah membuktikan bahwa tumbuhan dapat hidup dengan baik jika ada unsur : C, H, O, N, S, P, K, Mg, Fe, Ca. Unsur yang 10 macam ini disebut dengan unsur Klassik Sachs.

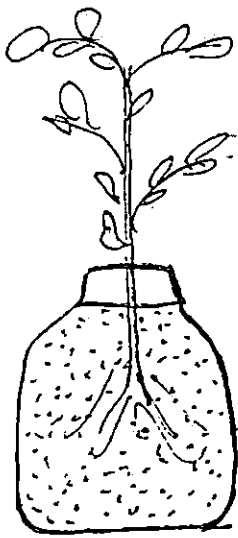
Untuk membuktikan peristiwa ini Sachs mempergunakan suatu cara yaitu Kultur Air (Water Culture) seperti gambar 1.

Ballast

Penyelidikan Ballast merupakan lanjutan dari penyelidikan Sachs, yaitu dengan menambahkan empat macam unsur lagi yaitu :

Na, Cl, Si, Al.

Keempat unsur ini belum jelas kegunaannya, sehingga pada waktu itu dinamakan saja dengan Unsur Ballast.



Gambar 1

Ke dalam sebuah bejana yang berisi air murni dilarutkannya beberapa macam garam mineral yang mengandung ke sepuluh unsur tersebut di atas.

Kemudian pada pot tersebut ditanam suatu tumbuhan tertentu. Dari hasil percobaannya ini ternyata bahwa tumbuhan tersebut dapat hidup dengan baik.

Jika unsur Sachs ditambahkan dengan unsur Ballast, maka dinamai orang dengan unsur makro yaitu unsur yang dibutuhkan dalam jumlah yang cukup besar (C, H, O, N, S, P, K, Mg, Fe, Ca, Na, Cl, Si, Al).

Di samping unsur makro ada lagi unsur mikro yaitu unsur yang dibutuhkan dalam jumlah yang kecil, tetapi kalau tidak ada akan menimbulkan kejelekan pada tumbuhan itu.

Unsur mikro berjumlah 7 buah yaitu :

Mn, Zn, B, C, Me, Cu, V.

Jika unsur Sachs ditambahkan dengan unsur mikro maka dinamai orang dengan unsur Essensial yaitu unsur yang selalu dibutuhkan oleh tumbuhan untuk keperluan hidupnya, yang secara langsung sangat menguasai proses vital dan tak dapat diganti dengan unsur lainnya walaupun unsur yang satu lebih banyak dari unsur lainnya. (C, H, O, N, S, P, K, Mg, Fe, Ca, Mn, Zn, B, Co, Me, Cu, V).

Di samping penanaman secara kultur air, maka untuk menyelidiki unsur apa yang diperlukan oleh tumbuhan dipakai pula sistem analisa abu yang dikerjakan oleh Sachs dan Nell dengan cara sebagai berikut :

Diambil suatu tumbuhan yang dalam keadaan utuh, dikeringkan

selama beberapa waktu dengan temperatur 110°C di dalam oven. Setelah kering tumbuhan itu dibakar dalam sebuah tempat yang tertutup. Gas yang keluar karena pembakaran itu ditampung semuanya. Banyaknya O_2 yang digunakan untuk itu diukur dengan teliti. Abu sisa pembakaran dikumpulkan dengan teliti.

Gas dan abu tersebut diselidiki, untuk mengetahui unsur kimia apa yang terdapat di dalamnya.

Untuk menghilangkan keragu-raguan terhadap hasil pekerjaan ini, maka analisa kimia ini dilakukan orang beberapa kali dan kemudian baru diambil kesimpulan.

Dari hasil pekerjaan ini ternyata bahwa unsur yang selalu terdapat di dalam tubuh tumbuhan adalah : C, H, N, S, P, Ca, Mg, Fe, K, Mn, B, Cu.

Dari semua unsur kimia yang dibutuhkan oleh tumbuhan hanya tiga macam unsur saja yang diserap dalam bentuk persenyawaan yaitu :

1. Carbon diserap dalam bentuk CO_2 dari udara
2. Hidrogen diserap dalam bentuk H_2O dari dalam tanah.
3. Oksigen diserap dalam bentuk O_2 dari udara.

Sedangkan unsur kimia selebihnya diserap dalam bentuk partikel-partikel ion yang terlarut di dalam air, yang berasal dari dalam tanah.

C o n t o h :

N diserap dalam bentuk NO_3^-

P diserap dalam bentuk PO_4^-

S diserap dalam bentuk SO_4^{--}

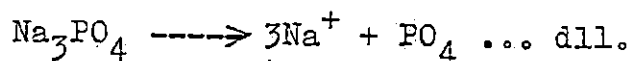
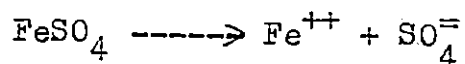
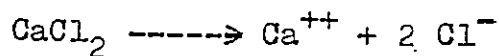
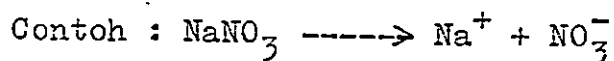
Fe diserap dalam bentuk Fe^{+++}

Ca diserap dalam bentuk Ca^{++}

MILIK UPT PERPUSTAKAAN
IKIP PADANG

K diserap dalam bentuk K^+ dll.

Ion-ion ini berasal dari garam-garam mineral yang terdapat di dalam tanah yang kemudian terlarut dalam air tanah menjadi ion-ion.



Semua NaNO_3 , CaCl_2 , FeSO_4 , Na_3PO_4 adalah beberapa contoh garam mineral yang terdapat di dalam tanah.

Kesemua ion itu tidaklah mempunyai kecepatan yang sama untuk masuk ke dalam sel bulu akar.

kation ... { K^+ , Na^+ , Rb^+ , Cs^+ , NH_4^+ ... lebih cepat
 Ca^{++} , Mg^{++} , Ba^{++} lebih lambat

anion ... { Cl^- Br^- NO_3^- lebih cepat
 SO_4 PO_4 lebih lambat
 HCO_3^- tak diserap

1.2. Peranan Unsur Makanan Bagi Tumbuhan

Carbon, Hidrogen, Oksigen

Berfungsi untuk pembuatan : 1. karbohidrat

2. protein

3. lemak

4. Zat organik lainnya.

- Vitamin

- hormon dan enzim

-Chlorophyl

-zat-zat warna lainnya.

Nitrogen

Berfungsi untuk pembuatan : 1.protein

2.Chlorophyl

3.Vitamin

4.hormon

5.zat-zat warna.

Unsur Nitrogen bersifat mobil artinya unsur yang dapat berpindah tempat ke dalam sel-sel jaringan yang muda, jika jaringan yang ditempatinya itu sudah tua atau akan gugur.

Phosphor

Berfungsi untuk menyusun persenyawaan-persenyawaan vital :

- nucleo protein

- phospholipid

- enzy-m-enzym

Zat-zat ini sangat berguna di dalam proses pertumbuhan dari alat-alat tubuh (biji, buah, jaringan meristem).

Sifat dari phosphor adalah mobil.

Sulfur

Berfungsi sebagai unsur pokok di dalam pembuatan :

- protein

- vitamin

- Chlorophyl.

Sifatnya immobil artinya unsur yang tetap terdapat di dalam jaringan yang tua walaupun organ tubuh dari jaringan tersebut telah tua atau akan gugur.

Kalium

Kalium mempunyai inisiatif dan mengontrol bermacam-macam aktifitas fisiologis.

1. Essensial untuk proses fotosintesa.
2. Mengontrol perpindahan karbohidrat di dalam tubuh tumbuhan.
3. Mengambil bagian di dalam proses sintesa protein.
4. Mengontrol pembelahan sel supaya normal.
5. Sebagai aktifator enzim.

Sifatnya adalah mobil.

Magnesium

Berfungsi :

1. Sebagai aktifator enzim
2. Mempengaruhi proses respirasi
3. Sebagai unsur pembentuk chlorophyl.

Sifatnya adalah mobil

Ferrum

Berfungsi sebagai :

1. Katalisator dalam pembentukan Chlorophyl
 2. Sebagai bahan penyusun berbagai-bagai enzim
- Umpanya; Katalase, peroxydase, Cytochrom, oxydase.

Sifatnya adalah inmobil.

Calcium :

Berfungsi :

1. Sebagai suatu unsur dalam pembentukan middle lamel (yaitu Ca - pectat).
2. Menetralkan asam oxalat yang terdapat di dalam cairan -

sel sehingga sifat keracunannya hilang.

3. Mempengaruhi permeabilitas ion pada plasma sel.
4. Mempengaruhi perubahan zat tepung jadi gula.

Sifatnya inmobil.

Mangan

Fungsinya :

1. Berperan dalam reaksi redoks.
2. Aktif dalam reaksi enzim.
3. Berpengaruh dalam pembuatan chlorophyl.

Sifatnya adalah inmobil.

Zink

Berfungsi :

1. Sebagai katalisator dalam pembentukan chlorophyl.
2. Unsur yang berperan di dalam pembuatan enzim anhidrase.

Sifatnya inmobil.

C u p r u m

Berfungsi sebagai :

1. Unsur penyusun di dalam pembuatan berbagai enzim seperti :
 - tyroxinase
 - ascorbic acid oxydase

2. Unsur yang mempengaruhi respirasi.

Sifatnya inmobil

B o r o n :

Berfungsi sebagai :

1. Unsur yang dapat membentuk persenyawaan kompleks dengan

gula, sehingga gula ini lebih mudah berpenetrasi ke dalam sel hidup.

2. Unsur yang mempengaruhi respirasi.

Molibdenum

Molibdenum sangat mempengaruhi proses asimilasi N, jika Molibdenum tak ada maka proses pembentukan asam amino tak terjadi.

Cobalt dan Vanadium

Sampai sekarang belum diketahui peranannya.

Silicon

Berperanan untuk pembuatan asam kersik oleh sel epidermis dari suku gramineae dan dinding sel ganggang Diatomeae. Akan tetapi bagi jenis tumbuhan lainnya unsur ini tak essensial.

1.3. Penyakit Kekurangan Unsur Makanan (Deficiency Diseases)

Deficiency diseases adalah penyakit yang disebabkan oleh kekurangan unsur-unsur yang dibutuhkan oleh tanaman dari kuantitas optimumnya.

Jika misalnya unsur X yang dibutuhkan menurut semestinya oleh tumbuhan = 0,1 gr, sedangkan unsur yang ada hanya 0,09 gr, maka ini berarti kurang dari kuantitas yang optimum.

Andaikata misalnya seluruh unsur-unsur yang dibutuhkan oleh tumbuhan telah tersedia dalam tanah tetapi salah satu unsur mempunyai kuantitas yang minimal, maka akan mengakibatkan juga proses kehidupan dari tumbuhan itu akan terganggu.

Hal ini sesuai dengan hukum yang dikemukakan oleh seorang ahli physiology yang bernama Yustus Von Leibig:

"Kehidupan suatu tanaman sangat dipengaruhi oleh unsur yang berada dalam keadaan minimum".

Hal ini berhubungan pula dengan prinsip lain seperti :

- Mekanika : Kekuatan sesuatu rantai ditentukan oleh mata rantai yang paling lemah.
- Organisasi : Kehancuran suatu organisasi disebabkan oleh anggota yang bersifat curang.
- Sekolah : Jeleknya suatu kelas ditentukan oleh anak yang mempunyai nilai etika yang sangat kurang (nakal).

Selain dari peristiwa di atas maka deficiency diseases dapat juga terjadi jika salah satu unsur makanan tak terdapat didalam tubuh tumbuhan.

Adapun yang menyebabkan peristiwa tersebut adalah :

1. Kemiskinan tanah terhadap unsur itu.
2. Sukar diserap oleh tumbuhan.

Gejala yang dapat terlihat jika tumbuhan kekurangan unsur makanan disamping pertumbuhan terhenti adalah chlorosis, terjadi akibat kekurangan unsur N, Mg, Fe, atau Mn, dll. Chlorosis yang terjadi akibat kekurangan masing-masing unsur itu sering berbeda beda pula macamnya :

- Deficiency diseases dari N, daun tumbuhan pucat merata.
- Deficiency diseases karena kekurangan Fe pucatnya lebih tegas yaitu di antara tulang-tulang daun.

Gejala yang ditimbulkan sebagai akibat dari deficiency diseases disebut dengan physiodiseases. Sedangkan gejala yang ditimbulkan oleh serangan bibit penyakit disebut dengan parasitis diseases.

Antara physiodiseases dan parasitis diseases gejalanya jauh berbeda. Gejala dari physiodiseases biasanya merata diseluruh bagian dari tubuh tumbuhan, tetapi parasitis diseases adalah pada beberapa bagian dari alat tubuh tumbuhan.

Gejala-gejala akibat kekurangan unsur :

Nitrogen

1. Tumbuh kurang sempurna (kerdil)
2. Tangkai kecil-kecil
3. Cabang kurang
4. Daun kecil-kecil berwarna hijau kekuning-kuningan, merah dan akhirnya mati.

Sulfur

1. Daun yang kecil melipat ke atas, daun yang besar melipat ke bawah
2. Warna pucat
3. Tangkai daun banyak yang mati, terdapat pada daun muda.

Gejala seperti ini dapat kita lihat pada teh, sebab tumbuhan ini tumbuh pada tempat yang asam (banyak belerang).

Kekurangan S di Indonesia jarang terjadi.

Phosphor

1. Daun berwarna hijau suram, warna ungu, gejala ini diikuti oleh matinya jaringan daun, terdapat pada daun yang tua.
2. Pertumbuhan tak sempurna
3. Buah kurang atau buah lambat masak
4. Pertumbuhan generatif kurang baik.

Kalium

1. Transpirasi dan respirasi berjalan dengan cepat sehingga ujung dan tepi daun jadi kering
2. Daun tua berwarna coklat.

Magnesium

Bagian antara tulang-tulang daun jadi kekuningan, yang di mulai dari bagian bawah daun.

Ferrum

Daun jadi pucat, bila sangat kekurangan daun jadi kering. Peristiwa ini kerap kali terjadi pada tanah yang alkalis.

Calcium

1. Daun muda berubah bentuknya, yaitu pada ujungnya seperti kait.
2. Terlalu banyaknya pengambilan unsur lain.

Z i n k

1. Ruas cabang jadi pendek
2. Daun kecil pucat antara tulang daun.

Pada daun jeruk gejala ini dikenal dengan mottle leaf.

Terjadi pada tanah yang pH nya tinggi.

B o r o n

Titik tumbuh jadi layu ----- mengakibatkan matinya meristem.

Penyakit ini dikenal dengan nama Top Sickness (penyakit pucuk).

Cuprum

1. Pucuk layu kemudian mati.

Banyak terdapat pada tanah yang baru dibuka, sehingga penyakit ini dikenal dengan nama penyakit pembukaan tanah.

2. Pada padi dapat pula dilihat gejala kekurangan cuprum ini.
 - tumbuh lambat dan pendek
 - dan mungkin pula steril.

Molibdenum.

Menyebabkan matinya jaringan daun, mula-mula tumbuh bintik - bintik coklat dan akhirnya mati.

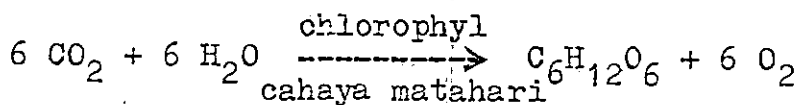
1.4. Proses Penyerapan Zat Makanan

Proses penyerapan zat makanan adalah suatu syarat yang harus dipenuhi terlebih dahulu untuk bermacam-macam aktifitas fisiologi tumbuhan.

Karena banyaknya macam material yang diserap oleh tumbuhan maka banyak pula type penyerapan yang harus terjadi.

1.4.1. Proses masuknya gas CO₂ dan O₂ ke dalam tubuh tumbuhan.

Pada waktu siang hari terjadi peristiwa asimilasi C yang menggunakan gas CO₂ sedangkan sebagai hasil tambahan keluarlah gas O₂ yang jumlah golnya sama dengan gas CO₂ yang diserap.



Karena kejadian ini terus menerus berlangsung selama proses fotosintesa, maka kerapatan dari gas CO₂ di dalam jaringan daun akan berkurang, sedangkan kerapatan gas O₂ akan bertambah.

Sesuai dengan prinsip difusi gas di mana molekul gas akan mengalir dari tempat yang kerapatannya tinggi ketempat yang kerapatannya rendah, maka gas CO₂ yang mempunyai kerapatan tinggi di udara luar akan mengalir ke dalam sel-sel daun melalui stomata (mulut - daun). Sedangkan gas O₂ yang mempunyai kerapatan ting

gi di dalam jaringan daun akan mengalir ke luar jaringan . Di bawah ini diberikan suatu tabel yang memperlihatkan perbandingan prosentase gas yang terdapat di udara dan di dalam jaringan daun.

D a u n		Udara luar	
Gas	Prosentase	Gas	Prosentase
CO ₂	0,01	CO ₂	0,03
N ₂	79,07	N ₂	79,07
O ₂	20,92	O ₂	20,90
H ₂ O	100% (relative-humidity)	H ₂ O	50% (relative-humidity)

1.4.2. Proses masuknya air ke dalam sel

Dari seluruh substansi yang masuk dan yang meninggalkan sel tumbuhan, maka pembicaraan mengenai air merupakan suatu dasar yang penting karena :

1. Sebagai salah satu material mentah yang diubah menjadi makanan.
2. Sebagai bahan pelarut untuk berbagai material yang padat sebelum material itu memasuki atau meninggalkan sel
3. Sebagai media tempat terjadinya reaksi kimia di dalam protoplasma.
4. Sebagai bahan yang terpenting di dalam proses pertumbuhan.
5. Sebagai zat yang ikut menyokong tubuh tumbuhan (Bagaimana akibatnya kalau tumbuhan kekeringan)?.

Ada dua proses yang dialami oleh air agar dapat masuk ke dalam tubuh tumbuhan.

a. Imbibisi

Ialah kesanggupan dari dinding sel dan protoplasma untuk menyerap air dari daerah luarnya.

Jika kita pelajari secara biokimia dari struktur sel tumbuhan maka ternyata bahwa :

- dinding sel tumbuhan dibangun oleh substansia Cellulose dan substansia pectic.
- Protoplasma dibangun oleh protein protoplasma dan beberapa zat organik lainnya.

Kesemua zat-zat yang disebut ini molekulnya berbentuk rantai, serta merupakan molekul yang kompleks (macro molekulair).

Molekul-molekul yang seperti ini disebut dengan micell. Micell micell ini mengandung gugus tertentu seperti OH, NH₂, CO, COOH yang bersifat hidrofil (menarik air). Dengan demikian sel-sel pun bersifat hidrofil.

Apabila micell itu menyerap air maka micell itu akan mengembang sehingga volume dinding sel dan protoplasma pun akan membesar pula.

Lapisan air yang mengelilingi Micell-Micell disebut dengan Water Mantel. Kalau penyerapan sangat kuat maka terdapatlah air bebas diantara micell, air itu disebut dengan air inter micelller.

Setiap sel hidup pada tumbuhan mempunyai kemampuan untuk menyerap air dari daerah luar yang merupakan sifat khusus dari sel hidup tersebut, teristimewa bagi biji tumbuhan yang sempurna keringnya.

Contoh : biji xanthium yang 100% kering mempunyai daya isap 1000 atm, sedangkan 50% kering adalah 36 atm. Di samping sel-sel hidup maka benda-benda mati pun bersifat imbibisi dan hidrofili. Contoh : gum, protein (gelatin, albumin), polisacharida

polisacharida (air kanji yang dimasak).

Penyerapan air oleh padatan dapat terjadi hanya jika ada terdapat kekariban (affinitet) antara padatan dan air itu. Tetapi ada pula sifat-sifat yang menolak air (hidrofob) disebabkan oleh karena adanya gugus bersifat hidrofob itu seperti : CH_3 , C_6H_5 .

Contohnya karet.

Tetapi karet adalah liofil terhadap benzene.

b. O s m o s e

Nollet seorang ahli Fisika bangsa Perancis menemukan bahwa suatu larutan yang dibatasi oleh suatu selaput, akan lebih encer jika kantong selaput itu dimasukan air. Selaput seperti ini dinamainya dengan selaput semipermeabel, artinya selaput yang dapat dilalui oleh molekul-molekul zat pelarut tetapi tak dapat dilalui oleh molekul-molekul zat terlarut.

Rupanya larutan berkeinginan memperbesar volumenya dengan penambahan air yang serupa halnya dengan peristiwa keinginan mendifusi molekul-molekul gas dari tempat yang kerapatannya tinggi ketempat yang kerapatannya rendah. Peristiwa lalunya molekul-molekul zat pelarut melalui selaput semi permeabel disebut dengan osmosis.

Apabila dua larutan dengan konsentrasi yang sama dipisahkan oleh selaput semipermeabel namun tidak akan terjadi osmosis maka kedua larutan itu disebut dengan iso - osmosis. Untuk dua larutan yang tidak isoosmosis akan terjadi osmosis yang akan berlangsung sampai tercapainya keadaan setimbang, artinya jumlah molekul yang masuk per detik sama dengan jumlah molekul pelarut yang keluar.

Proses osmosis dapat dihentikan dengan memberikan tekanan terhadap molekul-molekul pelarut yang mengosmosis sehingga jumlah molekul yang masuk sama dengan jumlah molekul yang keluar.

Dengan demikian tekanan osmosis diartikan dengan jumlah tekanan luar yang diperlukan untuk menghalangi pemasukan zat pelarut murni dari larutan yang mengosmosis ke dalam larutan yang diosmosis melalui selaput semipermeabel.

Mengukur tekanan osmose

1. Larutan

a. Dengan menggunakan rumus Boyle-Gay Lussac :

$$pV = n R T$$

$$p = n/v R T$$

$$p = C R T$$

p = tekanan osmose

n = jumlah grol zat yang terlarut

v = Volume larutan

R = Konstante Universil = 0,082

T = temperatur absolut = 273 + t

C = konsentrasi larutan = jumlah grol zat terlarut per liter.

Dari rumus Boyle - Gay Lussac ini dapat kita simpulkan bahwa, tekanan osmosis tergantung kepada konsentrasi dan temperatur larutan.

Contoh :

Berapakah tekanan osmose glucose ($C_6H_{12}O_6$) yang konsentrasinya 10% pada temperatur kamar ($27^\circ C$).

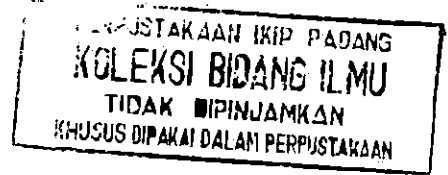
Jawab :

$$BM \text{ glucose} = 92 + 12 + 96 = 180$$

glukosa konsentrasi 10% = 10 gr/100 gr air = 100 gr/liter.

$$n = 100/180 \text{ grol/liter} \quad T = 273 + 27 = 300$$

$$R = 0,082 \text{ (dik.)}$$



$$P = \frac{100}{180} \times 0,082 \times 300 = 82/6 = 13,6 \text{ atm.}$$

C o n t o h :

Berapakah tekanan osmose larutan H_2SO_4 0,1M pada temperatur kamar ; H_2SO_4 terurai seluruhnya.

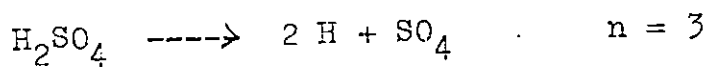
J a w a b :

Larutan H_2SO_4 adalah bersifat elektrolit, maka nilai tekanan osmotiknya dikalikan dengan bilangan (i) ----> =

$$i = (n - 1) \alpha \text{ ----> } p = CRTi$$

n = jumlah molekul yang terurai .

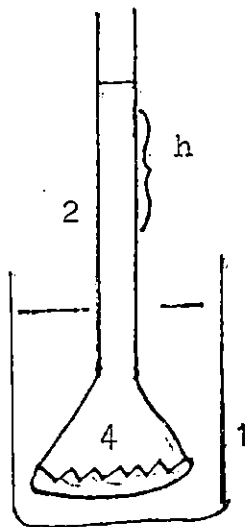
α = bagian grol yang terurai



$$p = 0,1 \times 0,082 \times 300 = 3 \times 8.82 = 2,46$$

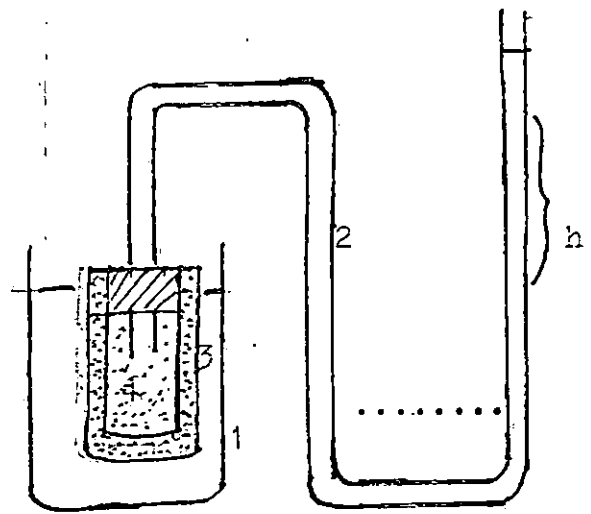
$$i = 1 + (3 - 1) 1 = 1 + 2 = 3$$

$$\text{tekanan osmose} = pi = 3 \times 2,46 \text{ atm} = 7,38 \text{ atm.}$$

b. Dengan menggunakan osmometer

Gambar 2

1. Bejana berisi air
2. Corong kaca
3. Selaput yang menutup corong kaca dan bersifat semipermeabel.
4. Larutan yang akan di ukur tekanan osmosenya.



Gambar 3

1. Bejana berisi air
2. Pipa kaca yang berisi air raksa.
3. Bejana berpori yang bersifat semipermeabel.
4. Larutan yang akan di ukur tekanan osmosenya.

Caranya :

1. Mula-mula tutuplah corong kaca dengan selaput semipermeabel.
 2. Isilah corong tersebut dengan larutan yang akan di ukur tekan osmosenya.
 3. Masukkanlah corong tersebut ke dalam bak air seperti gambar di atas.
 4. Setelah beberapa lama kita lihat bahwa cairan dalam corong naik.
1. Isilah bejana berpori dengan larutan yang akan di ukur tekanan osmosenya.
 2. Isilah pipa (2) dengan air raksa (permukaan air raksa pada kedua kaki sama tinggi).
 3. Pasanglah kaki pipa kaca pada bejana berpori (seperti gambar).
 4. Masukkan bejana berpori ke dalam bejana (1) yang berisi air.

5. Setelah tercapai ke seimbangan, maka dapat kita ukur beberapa tambahan tinggi cairan di dalam corong tersebut (h cm).
6. Berapa atm tekanan air setinggi h cm akan sama dengan tekanan osmosis larutan gula.
5. Perhatikan posisi seperti gambar di atas.
6. Setelah beberapa lama air raksa antara ke dua kaki pipa berselisih.
7. Setelah tercapai kesetimbangan maka ukurlah berapa selisih tinggi permukaan air raksa pada kedua kaki pipa (h cm).
8. Tekanan air raksa setinggi h cm = tekanan osmotik larutan yang di ukur tadi.

2. Sel tumbuhan :

Ini dilakukan dengan menggunakan suatu metode yang disebut plasmolyse methode.

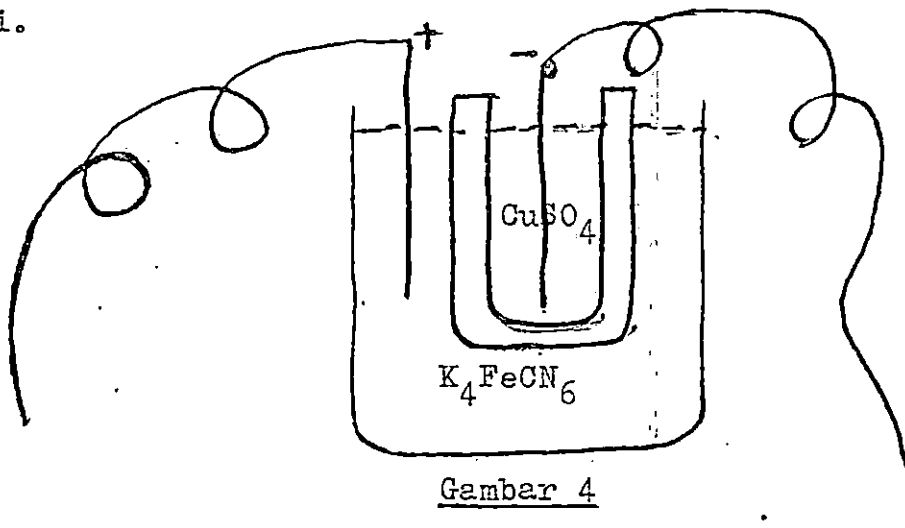
Caranya ialah dengan mencari suatu larutan yang dapat menyebabkan terjadinya ambang plasmolyse pada suatu sel tumbuhan (saat akan terjadinya plasmolisa). Konsentrasi larutan yang menyebabkan terjadinya ambang plasmolisa pada sel tumbuhan disebut threshold concentration. Tekanan osmose larutan tersebut sama dengan tekanan osmose isi sel. Tekanan osmose larutan ini dapat dicari.

Pembuatan dinding Semipermeabel oleh Pfeffer

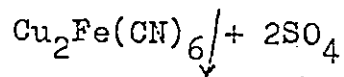
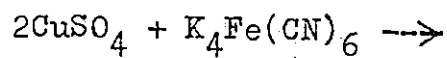
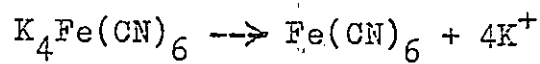
Dinding Semipermeabel yang dibuat ini dinamai dengan Cell Pfeffer. Sel Pfeffer mempunyai sifat yang hampir bersamaan dengan sel tumbuhan. Untuk membuat dinding yang bersifat semipermeabel ini, Pfeffer menyediakan beberapa bahan / zat :

1. Sebuah pot berpori
2. Larutan CuSO_4
3. Larutan $\text{K}_4\text{Fe}(\text{CN})_6$
4. Sebuah bak
5. Elektroda
6. Aki.

Mengenai bagaimana susunan alat-alatnya lihatlah gambar di bawah ini.



Reaksi yang terjadi : $2\text{CuSO}_4 \rightarrow 2\text{Cu}^{++} + 2\text{SO}_4^-$



$\text{Cu}_2\text{Fe}(\text{CN})_6$ mengendap pada dinding bejana berpori sehingga bejana bersifat semipermeabel

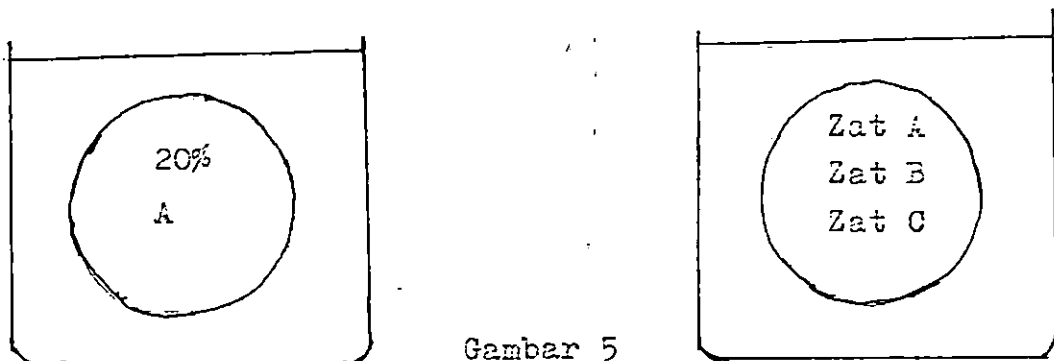
Cell Pfefer di gunakan untuk mengukur tekanan osmotik larutan.

Tonis - Tonus

Di samping selaput semipermeabel yang dikemukakan di atas, ada lagi selaput semipermeabel yang bersifat tidak sempurna, artinya selaput itu dapat pula dilalui oleh molekul-molekul atau ion-

ion tertentu yang larut di dalam zat pelarut.

Apabila kantong selaput semipermeabel sempurna yang berisi larutan dimasukkan ke dalam zat pelarutnya maka besarnya tekanan osmosis larutan itu adalah sama dengan besarnya tekanan yang diberikan oleh zat terlarut terhadap dinding semipermeabel atau sama juga dengan tekanan yang diberikan oleh zat pelarut untuk memasuki kantong semipermeabel tersebut. Tetapi apabila kantong selaput semipermeabel tak sempurna yang berisi bermacam-macam larutan dimasukkan ke dalam zat pelarutnya maka yang mengadakan tekanan adalah zat-zat yang dapat melalui kantong. Besarnya tekanan yang diberikan oleh zat-zat yang tak dapat melalui kantong selaput dinamai dengan Tonus larutan itu.



Gambar 5

Selaput semipermeabel sempurna.
Tekanan osmosis ialah tekanan yang diberikan oleh zat A.

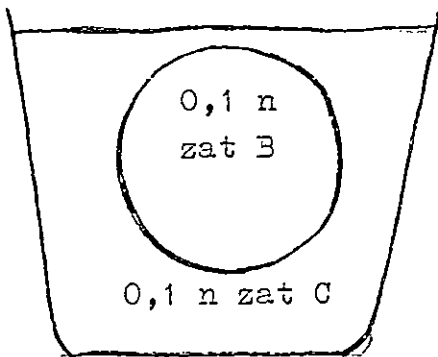
Selaput semipermeabel yang tak sempurna.

Tonus ialah tekanan yang diberikan oleh zat B yang tak dapat melintasi dinding.

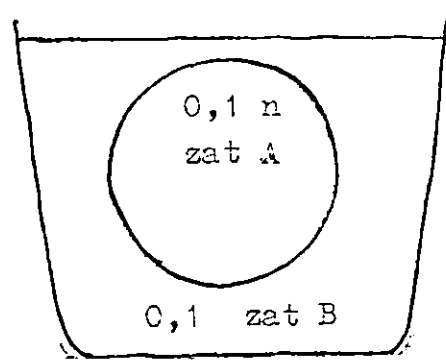
Apabila tonus dua larutan sama besarnya maka dikatakan larutan itu isotonus. Kalau tonus larutan lebih rendah dari pada yang lainnya dikatakan larutan itu hypotonus. Sebaliknya jika Tonus suatu larutan lebih tinggi dari larutan yang lainnya dikatakan larutan itu hypertonus.

Perbedaan antara tekanan osmosis dengan tonus dapat diper-

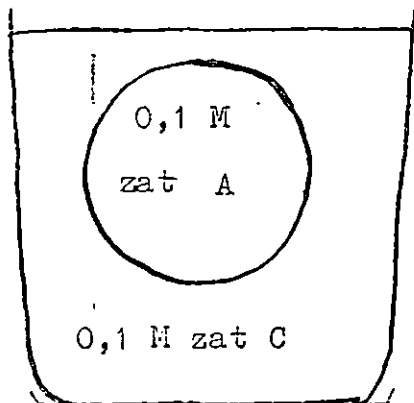
lihatkan seperti keadaan di bawah ini. Selaput yang dipakai bersifat permeabel untuk zat pelarut dan zat A, tetapi tak permeabel untuk zat B dan C.



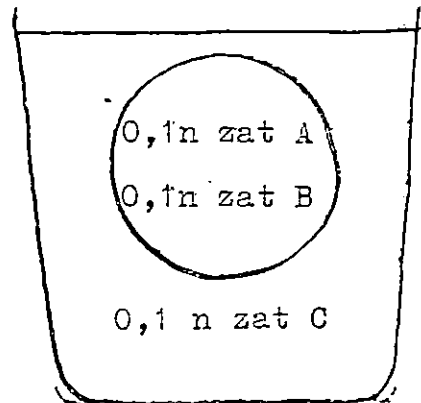
iso osmosis
isi kantong hipertonus



iso osmosis
isi kantong isotonus



iso osmosis
isi kantong hipertonus



tak iso osmosis
isi kantong isotonus

Gambar 6

Osmose di dalam sel

Sel tak obahnya seperti kantong selaput kenyal yang memuat larutan bermacam-macam zat. Tetapi dalam hal ini yang penting bagi kita ialah :

1. Dinding sel yang bersifat permeabel.
2. Cytoplasma yang bersifat semipermeabel.

3. Vacuola yang berisi larutan bermacam-macam zat.

Walaupun demikian dinding sel dan cytoplasma itu bukanlah bersifat sebagai selaput semipermeabel sempurna. Cairan dari luar sel akan masuk ke dalam sel jika cairan di luar sel itu hipotonis terhadap isi sel. Hal ini terjadi dalam keadaan normal dari sel-sel bulu akar. Tetapi sebaliknya jika berada dalam lingkungan yang hipertonus terhadap isi vacuola maka keluarlah cairan dari isi sel tumbuhan itu sampai terjadinya keadaan setimbangan antara cairan yang di luar dan di dalam. Dengan kata lain sampai terjadinya keadaan yang isotonus.

Plasmolysa :

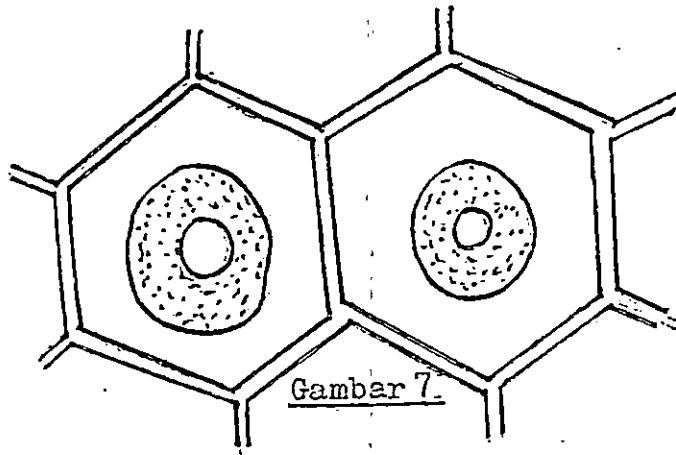
Itulah peristiwa terlepasnya dinding sel dari cytoplasma karena sel berada di dalam larutan yang hipertonus.

Jika sel tumbuhan kita masukkan ke dalam larutan yang hipertonus, maka mengalirlah cairan dari dalam cell keluar, sehingga isi sel makin lama makin sedikit dan volume sel akan mengecil. Pengecilan ini terus di ikuti oleh dinding sel sampai ke batas elastisitet dari dinding sel tersebut. Kalau sudah sampai ke batas elastisitetnya maka dinding sel itu tak dapat lagi mengikuti pengecilan dari isi selnya, maka lepaslah cytoplasma dari dinding sel. Peristiwa inilah yang dinamai dengan Plasmolysa. Sebaliknya sel yang telah mengalami plasmolisa kita masukkan ke dalam larutan yang hypotonus. Maka kembalilah cytoplasmanya melekat pada dinding sel. Peristiwa ini disebut dengan deplasmolysa.

Bentuk, tempat dan waktu plasmolysa

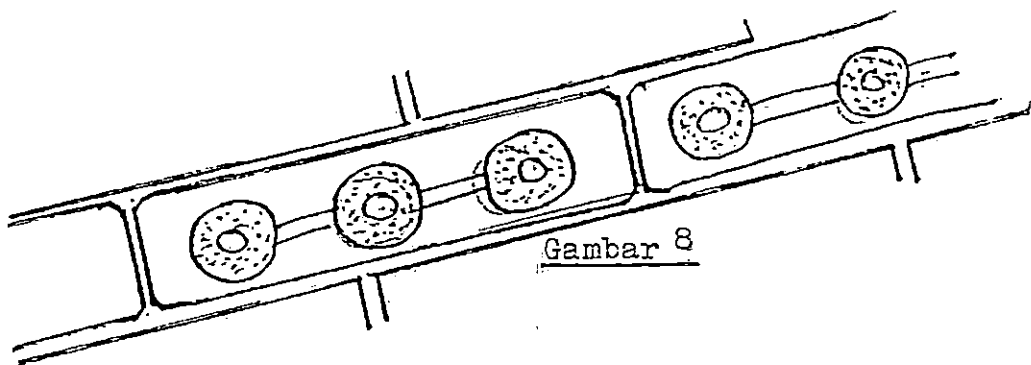
Karena plasma sel merupakan cairan yang agak kental dan bentuknya yang discus, mempunyai tegangan permukaan, maka cytoplasma akan membuat seperti bola sewaktu terjadinya plasmolysa. Plas-

molyssa yang cytoplasmanya langsung membulat dan lepas dari dinding sel dinamai dengan plasmolysa convex. Kejadian seperti ini terjadi pada sel-sel yang berbentuk isodiametrix.



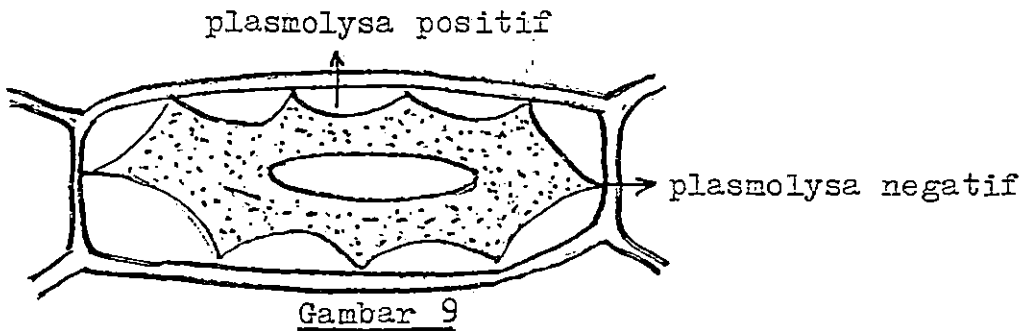
Gambar 7.

Tetapi pada sel-sel tak isodiametrix misalnya sel-sel parenchym, dimana sel-selnya agak memanjang, maka cytoplasma itu seakan-akan terbagi-bagi.



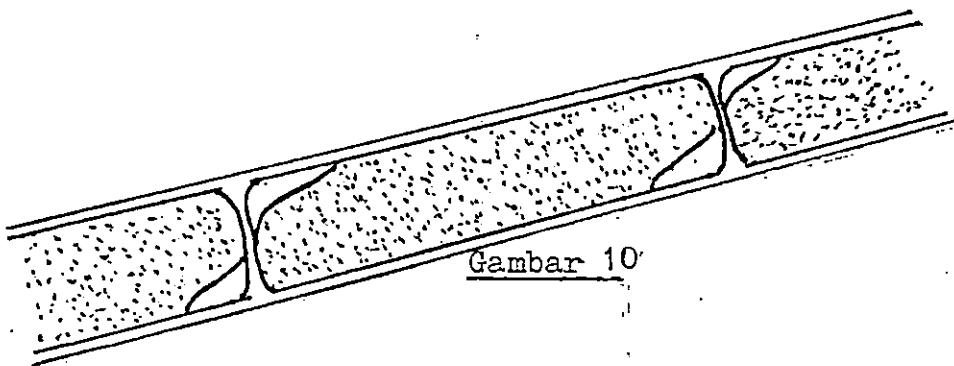
Gambar 8

Pada keadaan lain di mana adhesi antara cytoplasma dan dinding sel sangat besar atau viscositas plasma sangat besar, maka terlepasnya cytoplasma tadi dari dinding sel sangat sukar, sehingga masih ada cytoplasma yang tersangkut pada dinding sel. Bentuk plasmolysa seperti ini dinamai dengan Plasmolysa Concave.



Tempat di mana Cytoplasma masih tersangkut pada dinding sel dinamai dengan plasmolysa negatif. Sedangkan tempat di mana cytoplasma terlepas dari dinding sel dinamai dengan plasmolysa positif.

Pada beberapa sel tumbuhan seperti sel ganggang Spirogyra plasmolysa itu dimulai dari sudut dinding sel dan biasanya diteruskan menjadi plasmolysa convex. Keadaan plasmolysa seperti ini dinamai dengan plasmolysa sudut. Hal ini disebabkan nilai osmotis cairan yang berada di luar sel sedikit berbeda dari nilai osmotis sel dan cytoplasmanya pun sangat kokoh.



Jika kita ingin memperhitungkan waktu yang dipergunakan untuk proses plasmolysa ini, maka perhitungannya dimulai sejak sel dimasukkan ke dalam larutan sampai terjadinya kesetimbangan dari perubahan vacuola. Waktu plasmolysa dapat berkisar antara 0 detik sampai tak terhingga. Apabila waktu plasmolysa tak terhingga berarti sel tak mengalami plasmolysa convex dan berhenti sampai plasmolysa concave saja.

Turgor :

Pada waktu sel berada dalam larutan yang hypotonus maka dari luar akan masuk cairan ke dalam sel, sehingga mengakibatkan isi vacuola bertambah besar. Dengan bertambahnya isi vacuola ini, maka cytoplasma akan menekan dinding sel. Karena dinding sel bersifat elastis maka pembesaran ini terus di ikuti sampai kepada suatu batas keseimbangan. Keadaan ketegangan antara dinding sel dan cytoplasma ketika sel mengisap air disebut dengan turgor, yang selalu terjadi dalam keadaan normal, tetapi tak lagi terjadi jika sel itu dalam keadaan plasmolysa (layu). Tekanan yang diberikan oleh cytoplasma kepada dinding sel dalam keadaan setimbang akan sama dengan tekanan yang diberikan oleh dinding sel kepada cytoplasma. Tekanan itu disebut dengan tekanan turgor. Tekanan turgor akan bertambah jika sel mengisap air. Sebaliknya jika air keluar dari sel maka tekanan turgor menurun. Pada waktu plasmolysa tekanan turgor sama dengan nol.

Lain halnya dengan tekanan osmostis. Jika sel dalam keadaan mengisap air maka tekanan osmostis akan terus menurun. Sebaliknya jika air keluar dari sel maka tekanan osmostis akan terus naik.

Jika dibandingkan antara tekanan osmostis dan tekanan turgor, maka tekanan osmostis itu lebih tinggi dari tekanan turgor. Tekanan osmostis berbagai tumbuhan ada yang sampai 100 atm, dan kebanyakan tumbuhan berkisar antara 10 - 15 atm. Tetapi walaupun demikian pada suatu saat tekanan turgor itu akan sama dengan tekanan osmose yaitu pada saat tekanan turgor maksimal atau pada saat daya isap sel tak ada lagi.

Jika dinding sel menekan cytoplasma ketika sel mengisap air maka tekanan osmose itu adalah merupakan daya isap sel. Tetapi karena adanya tekanan turgor, maka tekanan itu akan diteruskan

kepada cairan di dalam vacuola. Maka dengan demikian daya dari air yang masuk tadi telah dihalangi sedikit oleh perasan dinding sel, sehingga daya masuknya berkurang dari keadaan semula. Dengan ringkas dapat disimpulkan bahwa daya isap sel adalah tekanan osmose dikurangi tekanan turgor.

Dengan rumus dituliskan sebagai berikut :

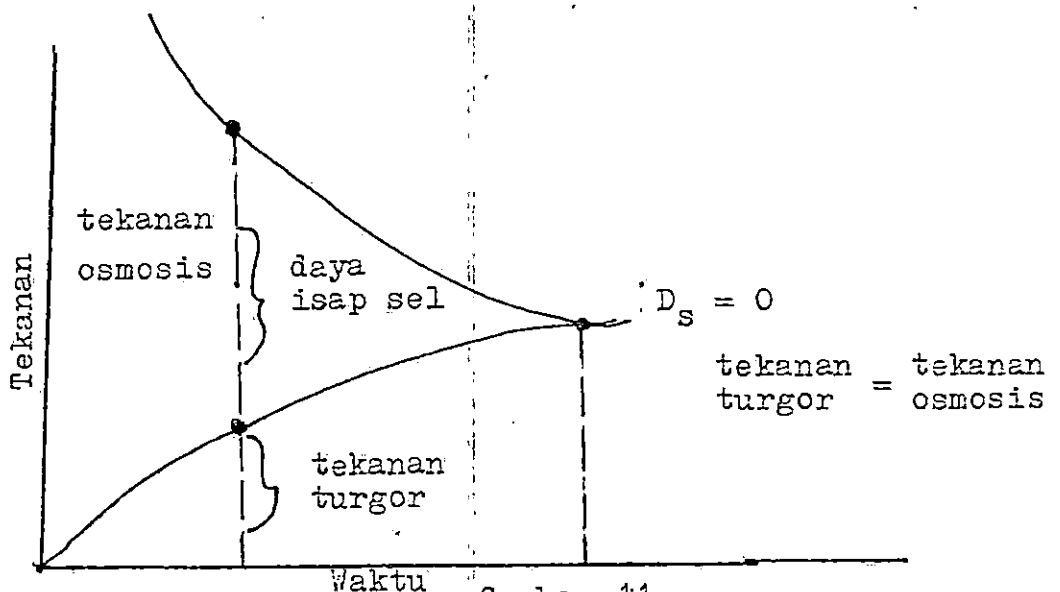
$$D_s = P - T$$

D_s = daya isap sel
 P = tekanan osmosis
 T = tekanan turgor.

Pada waktu sel mengisap air sampai tercapai keseimbangan tekanan turgor akan bertambah terus dan akhirnya akan maksimal, artinya air yang masuk sama dengan air yang keluar. Maka berarti pula tekanan turgor sama dengan tekanan yang diperlukan untuk menahan air agar tak masuk lagi ke dalam sel.

Dengan perkataan lain tekanan turgor sama dengan tekanan osmose, jadi $P = T$, maka $D_s = 0$.

Grafik di bagian bawah ini menunjukkan hubungan antara tekanan osmosis dan tekanan turgor ketika sel mengisap air sampai terjadinya kesetimbangan.



Gambar 11

Teori Permeabelitas Ion

Beberapa ion dapat dengan mudah masuk ke dalam cytoplasma dan beberapa ion agak sukar. Mudah atau sukarnya ion masuk ke dalam cytoplasma disebut dengan permeabelitas ion. Jika ion itu masuk hanya sampai ke dalam cytoplasma saja, maka dinamai dengan intrabilitas ion.

Untuk menjelaskan bagaimana cara masuknya ion ke dalam sel akan dikemukakan beberapa teori permeabelitas ion.

A. Teori Pori dari Traube = Teori Ultra Filter Ruhland

Menurut teori ini, membran plasma itu merupakan suatu saringan (filter). Jadi berdasarkan saringan ini, maka molekul-molekul yang penampangnya kecil dari penampang lobang saringan yang dapat masuk ke dalam plasma. Jika dibandingkan besar molekul dari deretan zat di bawah ini :

- methanol
- glycosal
- erythrine

dari atas ke bawah molekulnya bertambah besar dengan demikian kecepatan masuknya melalui lobang saringan akan makin berkurang. Teori ini mempunyai kelemahan, karena tak dapat menerangkan kecepatan masuk zat-zat yang gugus hidrofilya berbeda. Hal ini dapat dicobakan pada ganggang chara dengan dua macam zat yang jauh berbeda sifat hidrofilya.

Contohnya :

Trimetil sitrat dan ureum.

**MILIK UPT PERPUSTAKAAN
IKIP PADANG**

Trimetil sitrat mempunyai sifat hydrofil yang lebih besar dari ureum, sedangkan molekulnya lebih besar dari ureum. Dari hasil percobaan ternyata trimetil sitrat lebih cepat masuk ke dalam sel

dari ureum.

Dari penyelidikan ternyata bahwa teori Pori ini hanya berlaku untuk zat-zat yang mempunyai gugus OH saja.

B. Teori Micell dari Nageli-Pfeffer

Teori ini berdasarkan kepada teori imbibisi.

Menurut teori ini Cytoplasma serta derivatnya terdiri dari meta dan paraplasma yang dibangun oleh Micell (butir). Micell ini akan terlepas sesamanya ketika terjadinya proses imbibisi dan diantara micell-micell itu terdapat air yaitu air imbibisi dan air intermiceller, sehingga zat yang dapat larut di dalam air lah yang dapat masuk ke dalam cytoplasma sedangkan zat-zat yang tak larut dalam air tak dapat masuk ke dalam cytoplasma.

C. Teori Lipoid dari Overton

Menurut teori ini membran plasma itu terdiri dari zat lipoid sehingga zat-zat yang mudah larut dalam lipoid lah yang mudah masuk ke dalam cytoplasma dan zat-zat yang sukar larut dalam lipoid akan sukar pula masuk ke dalam cytoplasma.

Contoh : zat yang larut dalam lipoid :

- alkohol bervalensi rendah
 - zat hidrokarbon
 - asam / basa lemah
- } → zat ini mudah masuk ke dalam sel karena mudah larut dalam minyak olyf.

Zat yang tak larut dalam lipoid :

- alkohol bervalensi tinggi
 - asam amino
 - garam netral
- } → zat ini sukar masuk ke dalam sel karena sukar larut di dalam minyak olyf.

Teori ini mempunyai kelemahan terhadap air yang sukar larut dalam minyak olyf, tetapi dalam kenyataannya mudah masuk ke dalam sel.

D. Teori Adsorpsi dari Traube

Menurut teori ini zat-zat yang dapat memasuki sel tumbuhan itu tidak saja ditentukan oleh mudah dan sukarnya zat-zat tersebut larut dalam lipoid dan besar kecilnya volume dari zat tersebut. Tetapi ditentukan juga oleh aktifitas kapiler dari zat itu. Zat yang aktifitas kapilernya besar ialah zat yang dapat merubah tegangan permukaan antara air dan udara atau tegangan permukaan antara air dan protoplasma. Zat yang aktifitas kapilernya besar dengan kadar sedikit saja sudah dapat merubah tegangan permukaan antara air dan protoplasma.

Hal ini berarti zat tersebut dengan mudah masuk ke dalam sel. Contohnya adalah : alkohol primer.

Tetapi zat-zat yang inaktif kapiler sedikit sekali dapat merubah tegangan permukaan antara air dan udara, atau antara air dan protoplasma. Maka zat ini sukar sekali masuk ke dalam sel.

Contoh : alkohol, hexosa, disaccharida, asam amino, garam organik.

E. Teori Mozaik dari Nathanson.

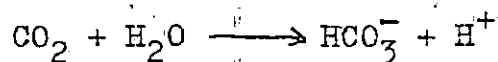
Jika ditinjau dari satu segi maka teori yang dikemukakan di atas selalu ada kelemahan, maka terpaksa diadakan modifikasi terhadap teori itu sehingga didapatkan suatu teori yang sudah dimodernisir yang merupakan campuran dari teori-teori di atas, yaitu teori mozaik. "Teori ini menyatakan bahwa plasma sel adalah mozaik sehingga permukaan plasma sebagian bersifat lipoid dan sebagian lagi bersifat pori, sehingga timbullah teori baru yang diberi nama "Lipoid Filter Theory".

Berdasarkan uraian di atas tidaklah mudah suatu zat masuk ke dalam sel. Peristiwa penyerapan ion tidak mudah diterangkan j

ka hanya ditinjau dari segi kimia Fisika saja, tetapi dipengaruhi pula oleh beberapa proses fisiologi seperti proses respirasi. Proses penyerapan akan terganggu, jika proses pernapasan terganggu, contoh ketika tumbuhan digenangi oleh air (kacang, jagung akan mati). Pada tanah yang digenangi oleh air, pori tanah yang berisi udara akan diisi oleh air, sehingga udara minimal sekali di dalam tanah tersebut.

Fungsi proses respirasi adalah untuk menghasilkan tenaga. Tenaga diperlukan oleh akar tumbuhan untuk proses penyerapan. Disamping itu untuk proses penyerapan tersebut perlu pula suhu (panas). Jika suhu naik, maka proses penyerapan berlangsung dengan baik. Tetapi jika suhu turun maka proses penyerapan berlangsung dengan lambat dan dalam tubuh terjadi peracunan. Peracunan dapat disebabkan karena tak seimbangny penyerapan ion K dan ion Ca. Ion K bersifat meniadakan sifat racun ion Ca.

Proses fisiologi lain yang mempengaruhi penyerapan ialah base exchange yaitu proses penggantian ion-ion yang diserap tumbuhan dengan ion-ion yang terdapat di dalam tubuh tumbuhan itu sendiri. Proses ini berhubungan erat dengan proses pernapasan yang terjadi di dalam akar tumbuhan. Ingatlah pada waktu proses pernapasan dilepaskan gas asam arang dan air. Sebahagian gas asam arang ini akan bereaksi dengan air sehingga teorinisasi.



Setiap ion positif (kation) yang diserap oleh akar tumbuhan akan diganti oleh ion hidrogen (H^+) dan setiap penyerapan ion negatif (anion) akan diganti oleh HCO_3^- . Jika yang diserap ion positif yang bermuatan satu, maka diperlukan penggantian dengan satu ion H^+ . Seterusnya untuk penyerapan ion positif bermuatan dua diperlukan penggantian dengan dua ion H^+ tersebut. Begitu juga ion

negatif bermuatan satu diganti dengan satu ion bicarbonat (HCO_3^-),
ion negatif bermuatan dua diganti dengan dua ion bicarbonat.

Contoh :

Untuk penyerapan 1 Na^+ diganti dengan 1 H^+

Untuk penyerapan 1 Ca^{++} diganti dengan 2 H^+

Untuk penyerapan 1 Fe^{+++} diganti dengan 3 H^+

Untuk penyerapan 1 NO_3^- diganti dengan 3 HCO_3^-

Untuk penyerapan 1 SO_4^{--} diganti dengan 2 HCO_3^-

Untuk penyerapan 1 PO_4^{--} diganti dengan 3 HCO_3^-

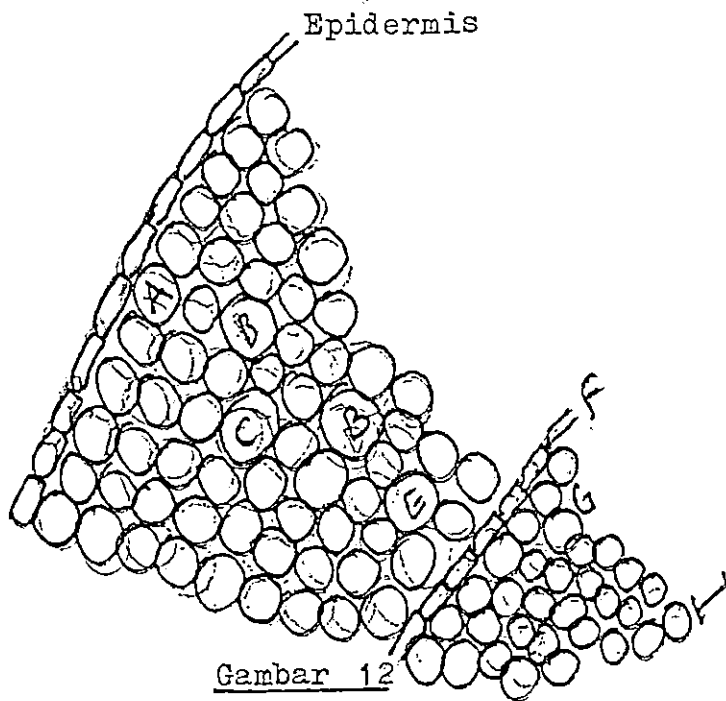
BAB II

PENGANGKUTAN AIR

Tumbuhan menyerap air dari dalam tanah diangkut terus ke batang dan sampai di daun. Yang menjadi pertanyaan bagi kita adalah bagaimana caranya.

Mula-mula air masuk dari dalam tanah ke dalam sel akar secara difusi, osmosa dan imbibisi. Apa yang dimaksud dengan difusi, osmosa dan imbibisi ini barangkali dapat kita lihat pada bagian proses penyerapan zat-zat makanan. Kalau kita bayangkan anatomi akar tersebut, maka dapat dikatakan bahwa air itu berjalan dari epidermis akar (termasuk bulu akar) terus ke sel-sel cortex, sel-sel endodermis, sel-sel pericycle dan akhirnya sampai ke pembuluh kayu (Xylem). Di sini seakan-akan air itu berjalan horizontal. (intra cellulair). Dalam hal ini perjalanannya adalah secara osmose berantai mulai dari epidermis sampai cortex. Tetapi dari cortex ke endodermis tidak dapat lagi berjalan secara osmosa karena konsentrasi isi sel endodermis lebih kecil dari konsentrasi isi sel cortex. Di sini tidak berlaku hukum osmosa. Karena itu perjalanan air tersebut dinamakan suatu peristiwa hidup atau sering juga disebut loncatan endodermis.

Untuk lebih jelasnya baiklah kita lihat penampang melintang dari akar muda (gambar 12) dihalaman sebelah.



Gambar 12

Keterangan gambar :

- A, B, C, D, E = cortex
 F = endodermis
 G = pericambium
 H = pembuluh pengangkut (xylem)

Dari hasil percobaan Ursprung pada tumbuhan Ficia fiba di -
 dapat bahwa nilai osmosis pada sel-selnya sebagai berikut :

epidermis	= 0,7 atm
cortex A	= 1,4 atm
cortex B	= 1,5 atm
cortex C	= 2,1 atm
cortex D	= 2,8 atm
cortex E	= 3,0 atm
endodermis (F)	= 1,7 atm
pericambium(G)	= 0,8 atm.

Jadi jelaslah bahwa dari cortex (E) ke endodermis (F) , tak mungkin secara osmose tetapi itu adalah yang disebut peristiwa hi

dup (loncatan endodermis).

Setelah sampai air di xylem perjalanannya tidak lagi horizontal tetapi vertikal (intra vasculair). Karena itu orang bertanya karena apa air itu dapat naik sampai bermeter meter, bahkan berpuluh-puluh meter tingginya. Untuk menjawab pertanyaan ini dikemukakanlah beberapa teori.

2.1. Tekanan akar.

Dari hasil pengamatan yang dilakukan terlihat bahwa air keluar dari bagian atas batang yang dipotong. Jadi di sini seakan-akan ada tekanan dari akar yang memaksa air ini untuk naik (lakukan percobaannya).

2.2. Hukum kapilaritas

Pembuluh xylem itu amatlah kecil sehingga dapat kita samakan dengan pembuluh kapiler. Dengan demikian menurut hukum kapilaritas, zat-zat yang membasahi dinding pipa kapiler permukaannya dalam pipa akan lebih tinggi dari permukaan diluarnya.

Ini adalah sebagai akibat dari adhesi antara air dengan dinding kapiler. Tetapi tenaga ini tidaklah begitu besar.

2.3. Daya isap daun

Mengenai daya isap daun ini adalah sebagai akibat dari proses yang lain, umpamanya peristiwa osmose, tetapi bukan pulalah semuanya peristiwa osmose. Karena itu ada yang mengatak^an teori kohesi, atau teori benang air.

Mengenai hal ini dapat dijelaskan sebagai berikut :

- Karena sinar matahari, air yang ada pada daun menguap. Karena itu untuk mengisi tempat air yang menguap ini bergeraklah air yang di bawahnya ke sel permukaan-

an daun itu. Selanjutnya tentu hal yang serupa akan berlangsung terus sampai ke akar, sehingga ada pula tempat yang kosong pada sel epidermis bulu akar. Tempat ini tentu akan di isi pula oleh air yang masih berada di tanah, sehingga dengan demikian masuklah air dari tanah ke bulu akar.

- Bergeraknya air dari bawah ke sel permukaan daun tadi dapat juga diterangkan dengan peristiwa osmosa, yaitu karena air pada sel permukaan daun menguap maka konsentrasi isi selnya menjadi tinggi dibandingkan dengan sel yang di sebelahnya. Karena itu air merembes dari sel yang disebelahnya itu ke sel epidermis daun tadi. Hal ini akan berlangsung terus terhadap sel-sel yang berikutnya. Jadi seolah-olah perjalanan air itu berupa peristiwa osmosa yang berantai.

Demikianlah beberapa teori yang menjelaskan karena apa air dapat naik dari akar ke daun.

Yang naik ini bukanlah semata-mata air saja tetapi ikut pula zat-zat yang terlarut di dalamnya.

3.1. Assimilasi Karbon (C)

Assimilasi karbon (C) adalah sebagian dari pengetahuan an fisiologi di mana terjadi suatu proses pembentukan yang memakai cahaya sebagai sumber energi.

Proses ini pada umumnya berlangsung pada makhluk yang

berchlorophyl yang sebagian besar adalah tumbuhan. Karena un-

tuk berlangsungnya assimilasi ini memerlukan cahaya maka di-

sebut juga dengan photosynthesis. Di sini terjadi perubahan-

an energi yaitu energy sinar menjadi energi kimia yang ke-

mudian akan berubah menjadi energi kerja di dalam peristiwa

pernafasan yang merupakan rentetan proses bagi makhluk hidup.

Menurut penyelidikan syarat-syarat untuk berlangsung-

nya assimilasi C adalah :

1. harus ada CO₂ dalam jaringan yang hidup,

2. harus ada chlorophyl yang hidup pada jaringan ter-

sebut,

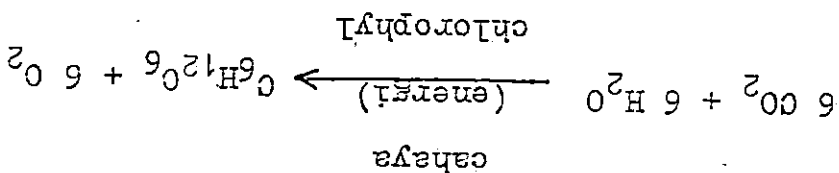
3. harus ada air dalam jaringan tersebut bersama de-

ngan chlorophyl dan CO₂.

4. harus mendapat cahaya yang cukup intensiténys.

lazimnya peristiwa assimilasi C dinyatakan dengan persamaan

sebagai berikut :



Di halaman sebelah ini akan dikemukakan lebih lanjut Di halaman sebelah ini akan dikemukakan lebih lanjut serta pekerjaan yang dilakukannya.

a. Ingenhause (1779)

Ia telah membuktikan bahwa waktu terjadinya asimilasi C di -
keluarkan O_2 . Dalam percobaannya ia memakai Hydrilla verticillata
lata yang ditarok di dalam corong yang terbalik. Hal ini akan
lebih jelas pada pelaksanaan praktikum.

b. Engelmann (1822)

Dalam percobaan Engelmann memakai Spirogyra. Ia membuktikan ,
bahwa O_2 itu hanya keluar pada tempat di mana pita chlorophyll
Spirogyra di sinari. Adanya O_2 ditunjukkan oleh bakteri-bakte
ri yang suka pada O_2 , yaitu bakteri tersebut hanya berkumpul
di tempat Spirogyra yang disinari.

c. Sachs (1860)

Sachs membuktikan bahwa pada asimilasi C terbentuk amyllum(hyd
rat arang). Adanya amyllum dapat ditest dengan larutan Yodium.
Ini dapat kita lihat nanti pada pelaksanaan praktikum.

d. Blackman (1905)

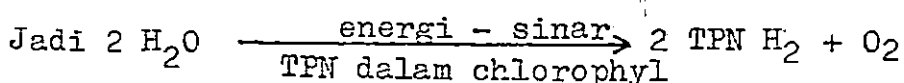
Blackman mengemukakan bahwa reduksi CO_2 menjadi CH_2O tidak me
merlukan sinar. Jadi proses ini dapat berlangsung dalam ke -
adaan gelap. Ada juga yang menyebut dark reaction yang menu -
rut Emerson diperlukan 0,02 detik.

e. Hill (1937)

Hill mengatakan bahwa sinar hanya diperlukan untuk memecah air
(photolysis) yang dapat ditulis seperti di bawah ini :



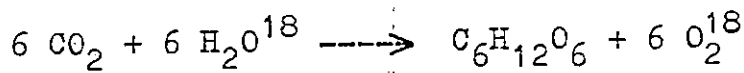
H_2 ini akan diikat oleh TPN yang berada dalam chlorophyll.



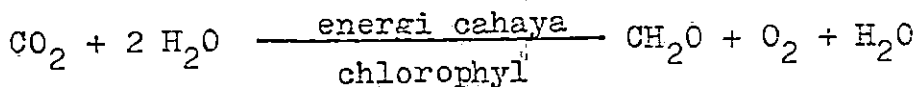
Kalau dilihat hasil akhir dari asimilasi C maka chlorophyl(TPN) hanya berfungsi sementara sebagai pengikat H₂ yang nanti akan berikatan dengan CO --> CH₂O.

f. Ruben dan Kamen (1941)

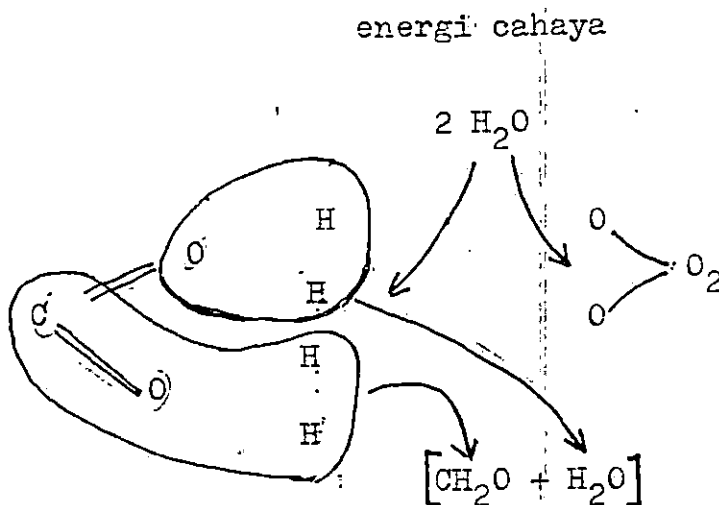
Ia membuktikan bahwa O₂ yang keluar waktu proses asimilasi ber langsung berasal dari air (H₂O). Ini ditentukan dengan memakai air yang oxygennya radioaktif (O¹⁸), Oxygen biasa O¹⁶.



Hal ini dapat juga kita tuliskan :



Ini juga dapat diperjelas sebagai di bawah ini :

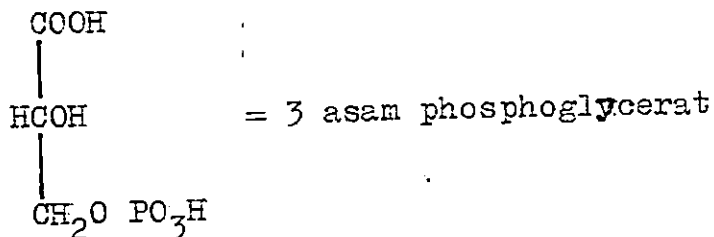


CH₂O inilah yang akan menjadi C₆H₁₂O₆

g. Benson dan Caloni (1950)

Ia menyelidiki urutan dari hasil asimilasi dengan memakai C¹⁴ sebagai penunjuk (radioaktif).

Setelah dua detik asimilasi berjalan maka hasil yang utama adalah asam phosphoglycerat (3 atom C).



Kemudian asam phosphoglycerat ini mengalami berbagai proses bertingkat yang akhirnya terjadi hexose (gula).

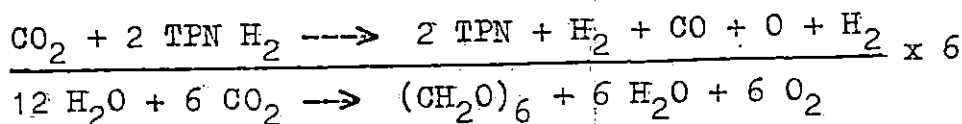
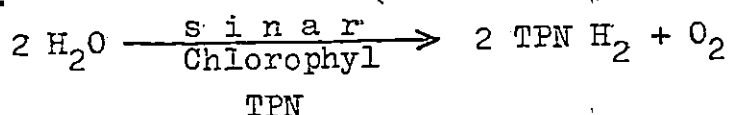
Selanjutnya ia telah membuktikan secara invitro di dalam test-tube di laboratorium, bahwa chlorophyll yang sudah terlepas dari sel hidup tak sanggup lagi untuk melangsungkan asimilasi C (photosynthese).

Dari keterangan di atas dapatlah kita buat ikhtisar dari urutan proses asimilasi sebagai berikut :

Pertama sekali sinar mengaktifkan chlorophyll untuk memecah H_2O menjadi $\text{H}_2 + \text{O}$.

H_2 diterima oleh TPN yang ada dalam chlorophyll yang selanjutnya akan mereduksi CO_2 .

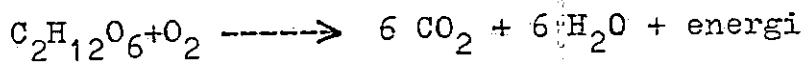
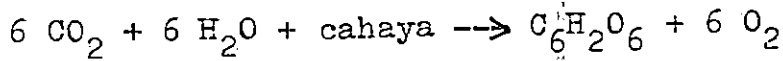
Jadi :



TPN (triphosphopyridine nucleotida).

Nama lain dari TPN ialah NADP = Nikotinamide adenin dinukleotidposfat.

Di atas kita telah membicarakan bahwa chlorophyll (TPN) hanya berfungsi dalam pemecahan H_2O menjadi H_2 dan O . Di dalam hal ini cahaya (sinar) mengaktifkan chlorophyll tersebut sehingga ia merupakan sumber tenaga. Hal ini dapat kita lihat dari persamaan antara asimilasi C dan pernafasan seperti halaman berikut.



Cahaya  energi

(sinar)

Di dalam pelajaran fisika kita mengetahui bahwa sinar matahari dapat diuraikan atas 7 sinar yang gelombangnya dapat ditangkap dengan mata yaitu :

Ungu	nila	biru	hijau	kuning	Orange	merah
------	------	------	-------	--------	--------	-------

390 mu 430 mu 470 mu 500 mu 560 mu 600 mu 650 mu

1 mu = 10 Angstrom

Energi yang diberikan oleh sinar bergantung pada quantitas (berapa panjang gelombang), intensitas (banyaknya sinar per 1 cm² perdetik) dan waktu (lamanya penyinaran). Diantara ketujuh sinar di atas telah dilakukan penyelidikan yang hasilnya menyatakan bahwa yang terbaik adalah sinar merah, dan nomor dua adalah sinar nila. Dan juga telah diselidiki orang bahwa temperatur juga mempengaruhi terhadap berlangsungnya asimilasi C dan ini telah diketahui yaitu optimal antara 10°C dan 35°C.

Dari persamaan reaksi pada asimilasi C terlihat bahwa jumlah molekul CO₂ yang dipakai sama dengan jumlah molekul O₂ yang keluar. Maka dapat dikatakan :

$$\frac{\text{CO}_2 \text{ yang dipakai}}{\text{O}_2 \text{ yang keluar}} = 1$$

Ini (angka satu) disebut kuosien photosynthesis. Kalau dilihat pada pernafasan ternyata CO₂ dikeluarkan, sedang pada asimilasi C, CO₂ dipakai. Untuk menentukan berapa CO₂ yang terpakai untuk asimilasi C dan berapa CO₂ yang dihasilkan oleh pernafasan tumbuhan tertentu telah dilakukan orang penelitiannya.

Di muka sudah dijelaskan bahwa untuk berlangsungnya assimilasi C chlorophyl sangat diperlukan. Pada tahun 1913 Willstatter telah berhasil memisahkan macam-macam chlorophyl diantaranya chlorophyl - a ($C_{55}H_{72}O_5N_4Mg$) berwarna hijau tua, chlorophyl - b ($C_{55}H_{70}O_6N_4Mg$) berwarna hijau muda.

Pembentukan chlorophyl dipengaruhi oleh beberapa faktor diantaranya :

a. Faktor pembawaan

Sifat untuk membentuk chlorophyl dibawakan oleh suatu gen tertentu. Tumbuhan yang tidak mempunyai gen tersebut tidak dapat membentuk chlorophyl. Hal ini sering terlihat pada jagung.

b. C a h a y a

Pada tumbuhan terdapat apa yang disebut protochlorophyl yang mirip dengan chlorophyl di mana ia kekurangan 2 atom H. Protochlorophyl ini memerlukan cahaya (diserapnya) untuk merubah dirinya sendiri menjadi chlorophyl-a. Peristiwa ini disebut autotranspormasi. Kalau tak ada cahaya maka daun tumbuhan tersebut kelihatan kuning atau pucat, umpamanya sering terlihat pada rumput yang kebetulan tersungkup oleh tempurung kelapa.

c. O x y g e n

Oxygen juga mempengaruhi pembentukan chlorophyl. Tanpa adanya oxygen chlorophyl tak dapat dibentuk walaupun syarat-syarat lain dipenuhi.

d. Hydrat arang

Hydrat arang terutama dalam bentuk gula sangat menolong pembentukan chlorophyl.

e. Unsur-unsur N, Mg, Fe, Mn, Cu, Zn.

N dan Mg merupakan bahan dalam pembentukan chlorophyl, sedangkan Fe berfungsi sebagai katalisator dalam proses ini. Sedangkan Mn, Cu dan Zn berfungsi sebagai pembantu dalam proses tersebut. Tanpa adanya unsur-unsur ini maka tumbuhan akan chlorosis.

f. Faktor lain yang tak dapat dilupakan yaitu air dan temperatur. Dalam hal ini temperatur yang paling baik adalah $26^{\circ} - 30^{\circ}\text{C}$.

Di samping chlorophyl-a dan chlorophyl-b orang telah menemukan chlorophyl-c yang terdapat pada Diatomea, ganggang perang, chlorophyl-d pada ganggang merah. Pada bakteri ungu ada bakterio chlorophyl dan bakteri hijau ada bakterio-cviridin.

Pada chlorophyl-a dan chlorophyl-b, jika diperhatikan hanya terdapat sedikit saja perbedaan yaitu pada chlorophyl - a terdapat CH_3 sedang pada chlorophyl-b terdapat $\text{HC} = \text{O}$.

3.2. Assimilasi N (zat lemas)

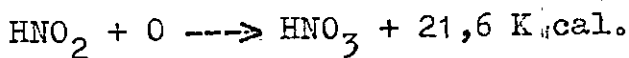
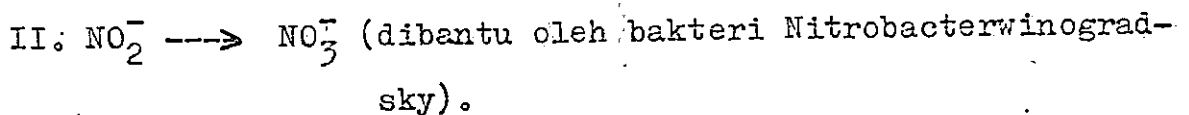
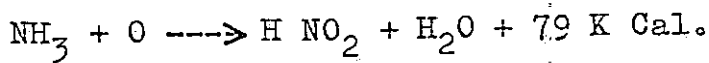
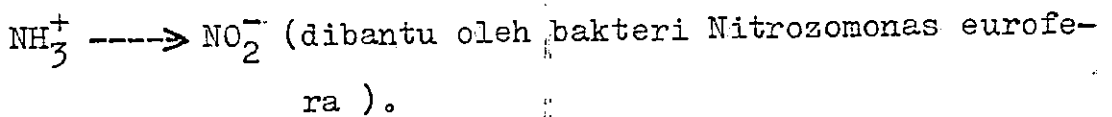
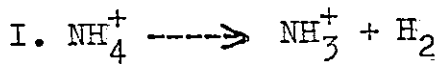
Zat lemas (N) adalah unsur yang sangat penting bagi tumbuhan. Sumbernya adalah dari dalam tanah, berbentuk nitrat NO_3^- , dan amonium NH_4^+ sedang dari udara berupa N_2 bebas.

Berdasarkan kebutuhannya terhadap N maka tumbuhan itu dibagi dua atas :

1. Tumbuhan N autotroph yaitu tumbuhan yang dapat hidup dengan N anorganik.
2. Tumbuhan N heterotroph yaitu tumbuhan yang dapat hidup dengan N organik.
3. Tumbuhan N phototrop yaitu tumbuhan yang dapat mengassimilir N dalam bentuk gas.
4. Tumbuhan N mesotroph yaitu tumbuhan yang dapat hidup baik de

ngan N anorganik maupun N organik.

Hasil pelapukan zat putih telur dalam tanah ialah NH_4^+ , tetapi kalau diperiksa sedikit sekali yang ketemu. Ini disebabkan karena NH_4^+ ini dirobah oleh micro organisme menjadi NO_3^- , lebih - lebih lagi pada tanah yang aerasinya baik. Terjadinya proses ini melalui dua tingkat yaitu :



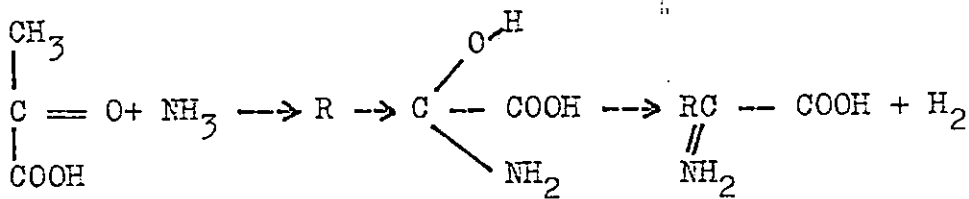
Kedua proses di atas disebut dengan nitrifikasi sedangkan yang no.I disebut nitritasi dan yang no.II disebut nitratasi. Pada kedua proses di atas dikeluarkan tenaga yang oleh bakteri tersebut dipergunakan untuk mengassimilasi CO_2 dari udara. Proses yang dilakukan bakteri ini karena memakai tenaga / energi kimia disebut chemosynthesa, dan dapat berjalan baik jika :

- a. aerasi tanah baik,
- b. tak ada carbohydrat dalam tanah,
- c. pH tanah netral sampai alkalis.

Kebutuhan tumbuhan terhadap N diserap dari dalam tanah berupa NO_3^- dan ini sesampainya di daun diassimilir menjadi NH_4^+ dan selanjutnya menjadi NH_3 .

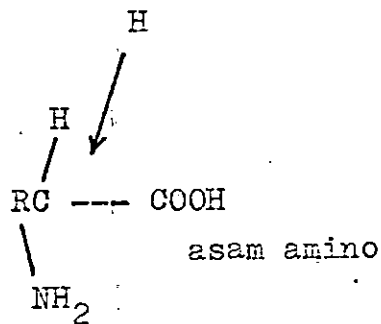
Proses ini berjalan dengan memakai tenaga kimia hasil dari pernafasan. Karena itu disebut Chemodinamis. Jalannya adalah balikan dari peristiwa nitrifikasi yang merupakan hidroke

Dengan keterangan di atas dapat dikatakan bahwa kalau mengisap NH_4^+ maka tidak perlu lagi adanya hidrogenasi tetapi kalau yang diisap itu berupa NO_3^- barulah diperlukan hidrogenasi. NH_3 yang terjadi dari hidrogenasi di atas adalah merupakan bahan dasar untuk pembentukan asam amino dengan asam keto dari hasil asimilasi C. Jadi kalau asimilasi C terganggu maka asam keto (Ketozum) terganggu pula dan akibat selanjutnya pembentukan zat putih telur terganggu yang secara langsung mempengaruhi pertumbuhan dari tumbuhan. Asam Keto yang penting adalah asam anggur piro ($\text{CH}_3\text{-CO-COOH}$) yang berasal dari pemecahan glucosa yang berasal dari asimilasi C.



asam keto

asam oxyami
no + asam Imino

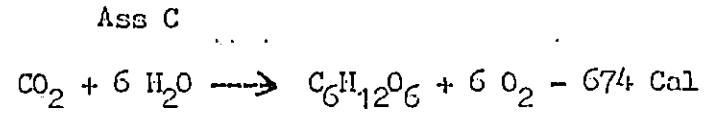
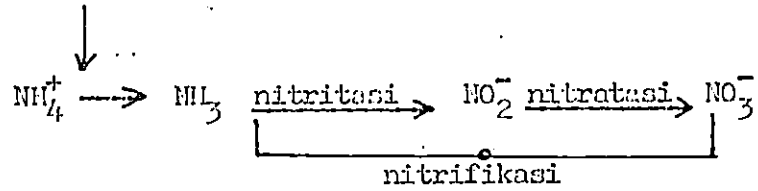


Dari asam amino inilah nanti secara polymerisasi akan terbentuk zat putih telur.

Maka sekarang jelaslah bagi kita hubungan antara asimilasi C dan asimilasi N dan secara sket dapat dituliskan sebagai berikut :

HUBUNGAN ASSIMILASI N DAN ASSIMILASI C

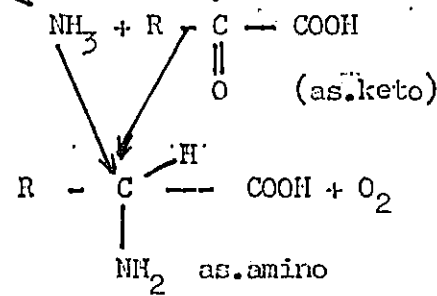
Zat putih telur (tt + h)



hexosa
dipecah dua, masing-masing
dengan 3 C

Dalam tanah oleh bakteri :

- nitrozomonas
- nitrozobacter



Zat putih telur sederhana.

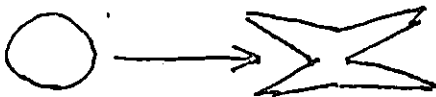
PERPUSTAKAAN IKIP PADANG
 KOLEKSI BIDANG ILMU
 TIDAK DIPINJAMKAN
 KHUSUS DIPAKAI DALAM PERPUSTAKAAN

Tumbuhan tingkat tinggi tak dapat mengambil N_2 bebas dari udara tetapi ada beberapa tumbuhan rendah yang dapat melakukan pekerjaan tersebut, di antaranya adalah :

1. Clostridium pasteurianum yang hidupnya an aerob.
2. Azotobacter chroococcum yang hidup aerob.

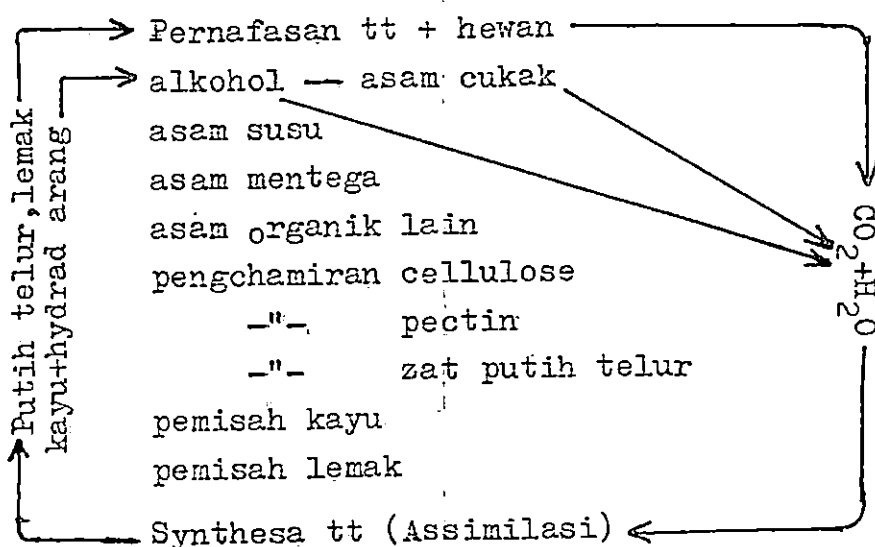
Dalam pengambilan ini N_2 tersebut bersama H_2 akan terjadi NH_3 . Bacteri ini dapat bersimbyose dengan ganggang biru (Cyanophyceae) yaitu jenis Anabaena.

3. Bacillus radiclecola yang dapat hidup bersimbyose dengan tumbuhan tingkat genus Leguminosae (polong-polongan) di mana ia masuk pada ujung-ujung akar dan tidak mengganggu lalunya zat makanan. Di dalam bintil-bintil akar ia berubah bentuk dari bulat menjadi bercabang-cabang yang disebut bacteroid.

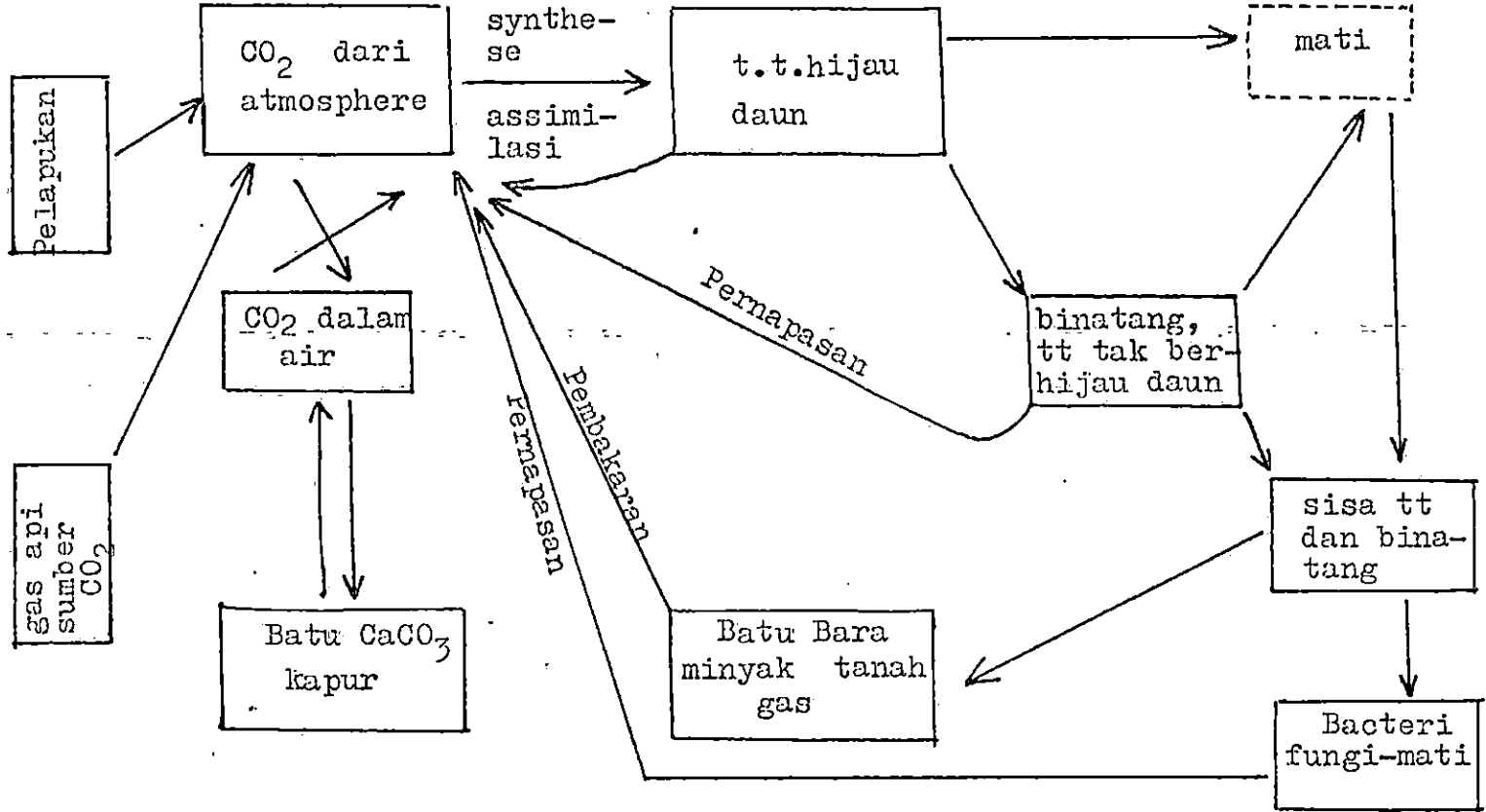


Setelah diperhatikan asimilasi C dan asimilasi N di atas terlihat adanya suatu peredaran atau siklus. Hal ini dapat kita lihat pada bagan di bawah ini.

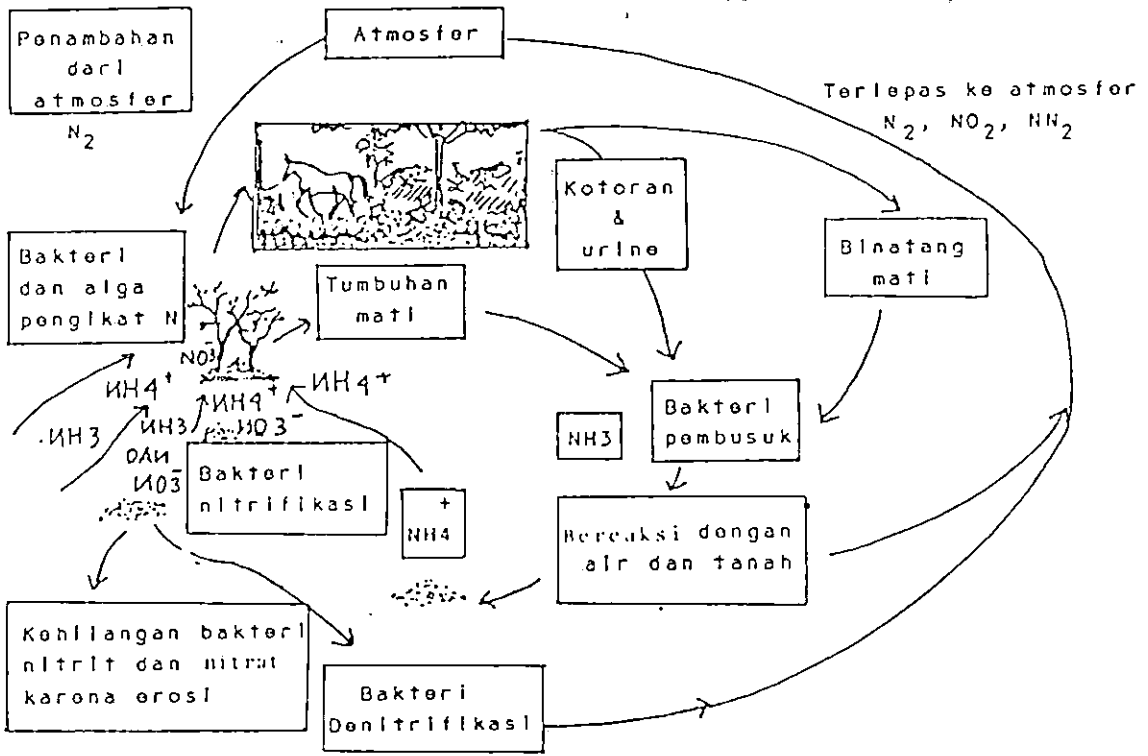
PEREDARAN CARBON (C)



PEREDARAN CO₂



SIKLUS NITROGEN



Gambar 15

BAB IV

ELIMINASI AIR

Tumbuhan memerlukan air, tetapi juga kehilangan air. Peristiwa menghilangnya air dari tubuh tumbuhan disebut dengan Eliminasi air.

Pengeluaran air ini dapat terjadi di seluruh tubuh tumbuhan terutama pada tempat-tempat yang tak bergabus epidermisnya.

- mulut daun,
- lenti sel,
- ujung-ujung ikatan pembuluh (ujung, tepi daun),
- tempat di mana ada luka.

Ada tiga peristiwa yang menyebabkan terjadinya eliminasi air :

1. Transpirasi (penguapan)
2. Guttasi (penetesan)
3. Bleeding (perdarahan)

4.1. Transpirasi

Dalam proses transpirasi air menghilang dalam bentuk uap yang berlangsung secara difusi di mana tekanan uap air di dalam tubuh tumbuhan lebih tinggi dari tekanan uap air pada udara luar, maka mengalirlah uap tersebut ke udara luar. Penguapan dapat terjadi pada mulut kulit, lenti sel, tempat-tempat yang tak bergabus epidermisnya.

Cepat atau lambatnya penguapan dipengaruhi sekali oleh beberapa faktor.

4.1.1. Faktor luar

- a. Kelembaban udara.
- b. Aliran udara.
- c. Cahaya/temperatur
- d. Air Tanah.

4.1.2. Faktor dalam

- a. Daun.
- b. Cuticula.
- c. Stomata (lenti sel)
- d. Bulu/rambut
- e. Nilai osmotik sel tumbuhan itu.

Jika penguapan bertambah cepat maka pengaliran air di dalam tubuh tumbuhan akan bertambah cepat pula, akibatnya metabolisme akan bertambah baik/cepat, karena material-material yang dibawa oleh air tadi harus segera di sintesa. Gunanya proses penguapan dilakukan oleh tumbuhan ialah untuk menjaga perubahan suhu yang menjolok dan melindungi tubuh terhadap cahaya yang kuat(apa sebab?).

Bagi tumbuhan yang hidup di daerah yang udaranya kering(tumbuhan xerophyta) seperti savana, stepa, agave, aloevera, terpaksa mengadakan adaptasi agar proses penguapan tidak berlangsung terlalu hebat, Umpamanya dengan jalan :

- a. Membentuk jaringan khusus untuk menyimpan air (jaringan succulent).
- b. Biji-biji diistirahatkan pada waktu musim kering yang panjang.
- c. Cuticula dipertebal.
- d. Buku-buku diperbanyak.
- e. Ukuran daun diperkecil.
- f. Tekanan osmose sel tinggi/tekanan turgor turun.
- h. Pertumbuhan akar lebih hebat.

Tetapi bagi tumbuhan yang hidup di daerah yang udaranya lembab (tumbuhan Hygrophyta) seperti tumbuhan di hutan-hutan tropika dan lain-lain, akan mengadakan adaptasi sebaliknya dari tumbuhan-xerophyta.

Di samping itu ada pula tumbuhan yang hidup di daerah yang kadang-kadang kering (kemarau) dan kadang-kadang musim hujan. Untuk mengatasi penguapan, tumbuhan itu mengadakan adaptasi pula ;

- pengguguran daun di musim kemarau dan berdaun kembali di musim hujan. Contoh kapok, jati dan sebagainya,
- mematikan bagian yang di atas tanah pada musim kemarau, dan tumbuh kembali di musim hujan. Contoh tanaman umbi lapis.

Cara untuk menentukan proses penguapan

- a. Secara kualitatif, ialah suatu cara yang dipergunakan untuk menentukan apakah proses penguapan itu ada, atau tidak.

- Dengan indikator kertas cobalt chlorida

Kertas cobalt chlorida diperdapat dengan mencelupkan kertas saring ke dalam larutan cobalt chlorida. Sifat dari kertas ini adalah biru jika kering dan merah apabila basah/lembag. Kita ambil

dua helai kertas cobalt chlorida lalu ditempelkan pada permukaan sebelah atas dan bawah dari sehelai daun. Kemudian dijepit dengan kaca, agar jangan sampai dipengaruhi oleh udara luar. Setelah beberapa lama lalu di amati.

* kertas cobalt chlorida yang terletak sebelah bawah permukaan daun akan berwarna merah.

* kertas cobalt chlorida yang terletak sebelah atas mengikuti pula perubahan warna itu.

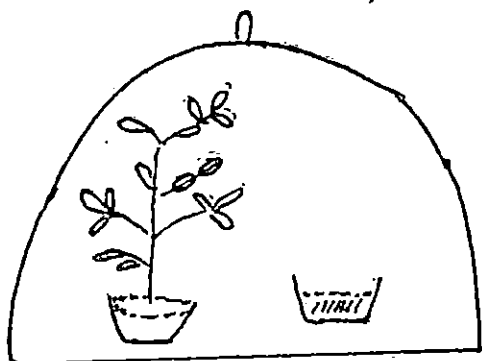
Dari percobaan ini dapat diambil kesimpulan :

1. pada tumbuhan terjadi penguapan,
2. penguapan yang terjadi pada permukaan sebelah atas lebih sedikit jika dibandingkan dengan penguapan pada permukaan sebelah bawah (apa sebabnya ?)

- Menutup sekelompok daun dengan kantong plastik dan setelah itu beberapa menit akan kelihatan bahwa pada kantong plastik terdapat titik-titik air yang mengembun.

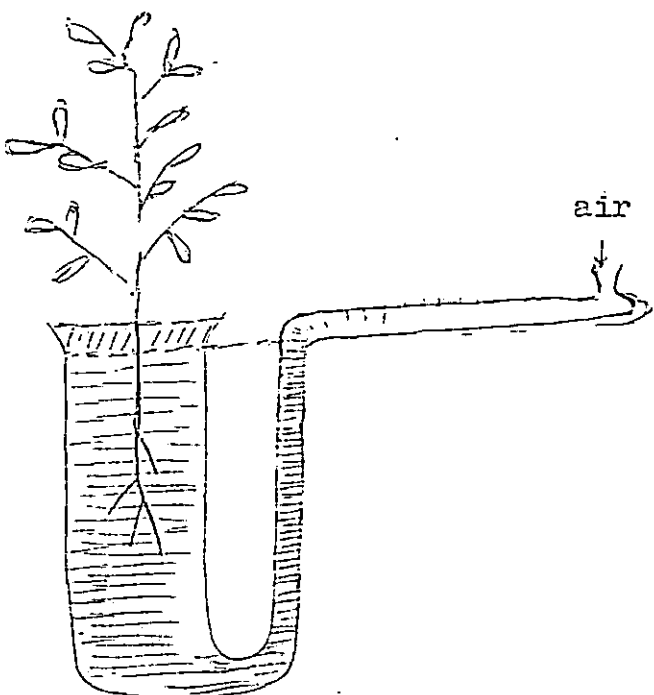
a. Secara kuantitatif,

- Dengan menggunakan zat higroskopis umpamanya P_2O_5 . Caranya adalah dengan menggunakan penyungkup kaca: Di dalam penyungkup diletakkan tanaman pot beserta zat yang higroskopis yang telah ditimbang terlebih dulu. Setelah 1 jam lalu sungkup kita buka, timbang lagi zat higroskopis tersebut. Ternyata beratnya bertambah. Tambahan berat dari zat higroskopis itu adalah uap air yang keluar dari tubuh tumbuhan.



Gambar 13

-Dengan menggunakan Pirometer. Alat ini terdiri dari :



Gambar 14

1. Sebuah bejana yang salah satu kakinya berskala dan bersifat kapiler.
2. Tumbuhan di tanam pada kaki yang besar.
3. Permukaan air harus sama tinggi antara kedua kakinya.
4. Volume air antara dua skala harus diketahui.

Dari hasil pengamatan ternyata air pada pipa kapiler akan bergerak ke kiri. Dengan demikian kita dapat menghitung berapa jumlah air yang di ambil oleh tumbuhan dalam satu satuan waktu.

Berdasarkan di mana terjadinya penguapan pada tubuh tumbuhan maka kita dapat membedakan tiga macam proses penguapan itu.

- Transpirasi cuticular yaitu penguapan yang berlangsung melalui cuticula.
- Transpirasi Stomater yaitu penguapan yang berlangsung melalui stomata (waktu stomata terbuka).
- Transpirasi substomater yaitu penguapan yang berlangsung melalui stomata waktu stomata tertutup.

4.2. Guttasi :

Dalam proses guttasi ini air menghilang dalam bentuk tetesan, yang mungkin berbentuk air murni atau ikut pula zat-zat yang terlarut di dalamnya.

Sebagai bukti bahwa air yang keluar dari tubuh tumbuhan kadang-kadang tidak murni adalah dengan terjadinya pengendapan CaCO_3 pada air yang keluar dari tubuh tumbuhan tersebut.

Tempat terjadinya guttasi :

- pada ujung daun,

- pada tepi daun,
- pada ujung rambut di permukaan daun.

Tempat keluarnya air pada ujung pembuluh dinamai emmissari = Cutta toda = hydatoda. Sebelum air keluar dari lobang air itu disaring terlebih dahulu oleh sel-sel penyaring yang disebut dengan epithema.

Terjadinya guttasi dapat dibuktikan yaitu waktu pagi hari pada ujung dan tepi daun kelihatan tetesan air, umpamanya pada daun talas.

Pada siang hari tak terjadi guttasi karena air langsung menguap secara transpirasi.

Faktor-faktor yang mempengaruhi guttasi :

- suhu udara,
- aktifitas akar,
- suhu tanah.

4.3. Blooding

Talah peristiwa keluarnya air dari tubuh tumbuhan karena tubuh tumbuhan tersebut terluka/dilukai.

4.3.1. Kalau yang terluka xylem maka yang berpengaruh adalah tekanan akar, sehingga air keluar dari tempat terluka itu.

Contoh : pada waktu orang mengambil nira yaitu dengan memotong tangkai bunga.

4.3.2. Kalau yang terluka phloem maka yang berpengaruh adalah tekanan osmose/tekanan turgor. Nilai osmotis pada tempat luka akan naik, sehingga terus menerus mengisap air dari bagian yang di sampingnya dan air pun pada tempat luka terus menerus keluar.

Contoh : pada waktu orang menyadap karet. Luka dapat sembuh kembali dan diulang menyadapnya lagi.

BAB V

P E R N A P A S A N

Pada fasal mengenai asimilasi C kita melihat ada pengambilan tenaga dari luar. Pada pernapasan bukan lagi mengambil/memerlukan tenaga dari luar tetapi menghasilkan tenaga/energi, yang dibutuhkan untuk menjalankan kehidupan. Dengan kata lain pada pernapasan terjadi pemecahan yang menghasilkan tenaga.

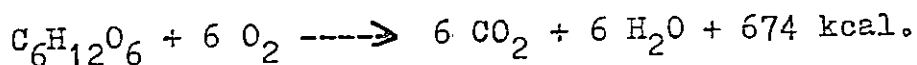
Ditinjau dari segi kebutuhannya terhadap oksigen maka ada yang dikatakan pernapasan aerob dan pernapasan anaerob. Malah ada yang mengatakan bahwa makhluk itu ada yang hidup secara aerob dan ada secara anaerob.

Yang dimaksud dengan pernapasan/kehidupan secara aerob, adalah pernapasan/kehidupan yang membutuhkan oksigen bebas dari udara tetapi pada anaerob tidak membutuhkan oksigen dari luar.

5.1. Pernapasan aerob

Sebagai contoh, umpamanya pada pernapasan hexose.

- pati sebagai bahan substrat, reaksinya ialah :



di sini terlihat bagi kita bahwa jumlah mol O_2 yang dipakai, sama banyaknya dengan jumlah molekul CO_2 yang dikeluarkan. Jadi peristiwa pernapasan pada contoh ini persis kebalikan dari peristiwa asimilasi C.

Karena jumlah molekul O_2 dan CO_2 sama maka volumenya juga harus sama di ukur pada keadaan yang bersamaan pula, atau dengan kata lain Qoefisien Respirasi (QR) yaitu :

$$\frac{CO_2}{O_2} = 1$$

Pada tumbuhan tingkat tinggi yang mula-mula sebagai substrat pernapasan adalah hexose. Kalau hexose sudah habis, dipakai lagi lemak. Tetapi kalau lemak sebagai substrat ia dirobah dahulu menjadi asam-lemak dan glycerol. Jika persediaan hidrat-arang maupun lemak sudah habis, maka barulah dipakai protein

G
S
P
Sa
Ja

Di ata
sebetu
ngaruh
Karena
annya k

- 1. Daun
- 2. Daun
- 3. Daun

- 4. Daun anggur 1,01
- 5. Daun tembakau 1,03
- 8. Daun gandum 1,03

Bahan ini dikutip dari Dwidjoseputro, Pengantar Fisiologi Tumbuhan, Malang 1970. Faktor yang mempengaruhi harga Q.R itu di antaranya, adalah :

a. Macam substrat

Bergantung kepada banyaknya atom C dan atom O yang ada di dalam sub
strat tersebut.

b. Temperatur

Temperatur sangat mempengaruhi terhadap kegiatan pemapasan. Ke -
giatan ini mencapai klimaknya pada temperatur 30° - 40°C. Di bawah
0°C sangatlah sukar dilakukan, demikian juga pada temperatur yang
terlalu tinggi.

c. Kadar O₂ di udara.

Pada keadaan normal kadar O₂ di udara ± 20%. Tetapi kalau kadar ini bergeser sedikit tidaklah begitu berpengaruh terhadap tumbuhan dan juga bergantung pada jenis tumbuhannya. Kalau O₂ di udara jauh dari keadaan normal, maka kegiatan terlihat menurun.

d. Konsentrasi CO₂ dalam udara:

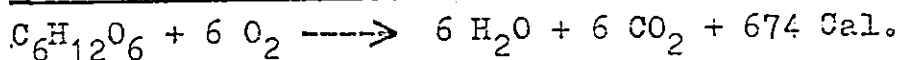
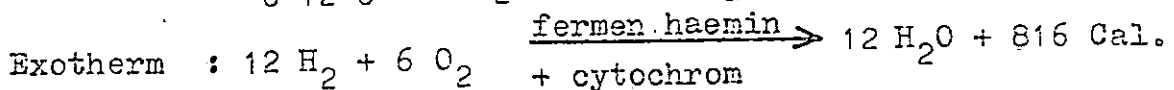
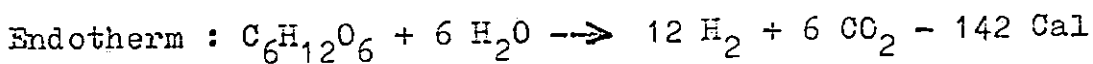
Penyimpangan yang sedikit dari keadaan normal tidaklah begitu mempengaruhi kegiatan pernapasan.

Pada umumnya peningkatan CO₂ di udara mengakibatkan kegiatan pernapasan naik, tetapi ada beberapa tumbuhan yang mengalami kekecualian.

e. Cahaya

Untuk mengetahui bahwa sinar itu berpengaruh langsung pada pernapasan belumlah dapat kita pastikan. Yang nyata bagi kita adalah kalau cahaya itu kuat akibatnya photosynthesis bertambah giat yang akibatnya substrat pernapasan meningkat (bertambah) sedangkan pertambahan substrat mengakibatkan giatnya respirasi, jika faktor-faktornya dianggap normal.

Di samping itu cahaya itu mempunyai efek untuk bertambahnya panas dan panas menambah kegiatan pernapasan. Untuk lebih jelasnya mengenai pernapasan ini baiklah dituliskan reaksinya sebagai di bawah ini.



(Reaksi pernapasan menurut Wieland)

2. Pernapasan anaerob

Sebagaimana sudah dijelaskan di muka bahwa pernapasan anaerob tidak membutuhkan O₂ bebas dari udara. Ini bukanlah berarti bahwa pernapasan anaerob tidak dapat berlangsung di udara bebas tetapi hanya tidak menggunakan O₂ dari udara bebas.

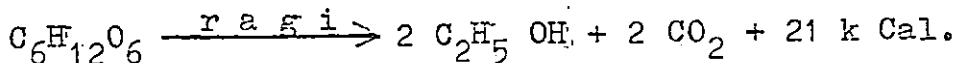
Pernapasan anaerob sering juga disebut Fermentasi tetapi bukanlah semua fermentasi itu anaerob.

Fermentasi yang sering dijumpai adalah peragian alkohol atau alko-

holisasi. Ini adalah pekerjaan dari micro-organismes bersel satu , yang disebut ragi (saccharomyces) yang baru diketahui oleh Buchner 1896.

Proses ini bukan saja dapat berlangsung dengan micro organismes yang hidup tetapi zat yang terkandung di dalamnya yang disebut zymose , dapat juga melangsungkannya.

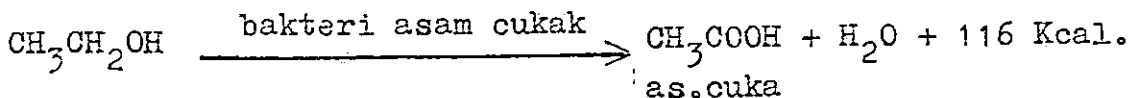
Sebagai substrat juga hexose tetapi dalam pemecahannya, tidaklah menjadi CO_2 dan H_2O tetapi berupa alkohol (C_2H_5OH) dan CO_2 , seperti di tulis di bawah ini :



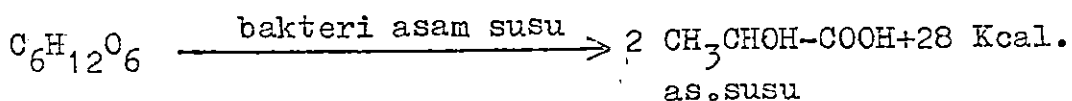
Masih banyak lagi yang dapat di alkoholisasi oleh ragi, umpamanya fruktose, galaktose, manose dan juga disacharida.

Kalau kita perhatikan pada fermentasi ini, perobahan dari zat organis menjadi organis yang lain. Jadi hanyalah merupakan pergeseran molekul saja. Karena itu disebut juga respirasi intra molekul. Di samping ragi masih ada lagi micro organismes lain yang dapat melaksanakan fermentasi, umpamanya bakteri Asam Cukak, bakteri Asam-Susu.

Bakteri asam cukak memakai O_2 dari udara.



Bakteri asam susu tidak memakai O_2 dari udara.



Pernapasan anaerob ini ada juga terjadi pada jaringan tumbuhan tinggi pada saat kekurangan O_2 (O_2 berada di bawah minimum).

DAFTAR BACAAN

1. Curtis, O.F., and D.G.Clark, An Introduction to Plant Physiology, 1950, Mc Graw Hill Book Company, Ltd, New York, Toronto, London.
2. Dwijoseputro, D.Prof.Dr., Pengantar Fisiologi Tumbuhan, 1978, PT. Gramedia, Jakarta.
3. Tuller, H.I.O.Tippo, College Botany, 1963, Holt Rinehart and -
Winston, New York.
4. Galston, W.Arthur, The Green Plant, 1968, Prentice-Hall, Inc.,
Englewood Cliffs, New Jersey.
5. Miller, E.C., Plant Physiology, 1959, Mc Graw Hill Book Company,
Inc, New York and London.