

MAKALAH BIOKIMIA

STRUKTUR DAN FUNGSI KARBOHIDRAT



Disusun oleh:

1. Ihwan Noor Kurniawan (15304241038)
2. Siti Mutmainah (15304241042)
3. Deacitara Hanestyka (15304241050)
4. Ratna Dyah Hartanti (15304244011)
5. Afifah Dwi Septiana (15304244012)

Pendidikan Biologi C

JURUSAN PENDIDIKAN BIOLOGI
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA
2016

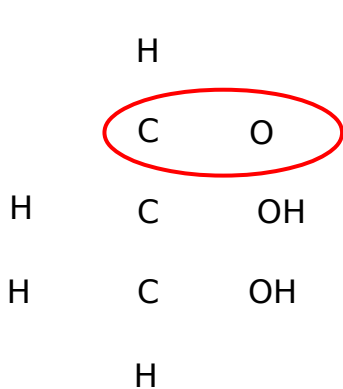
BAB I

PENDAHULUAN

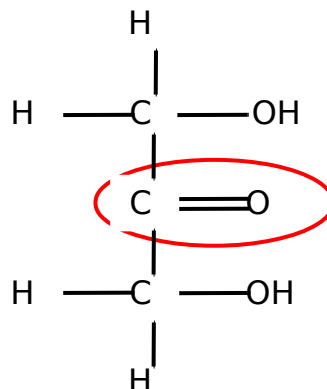
Di Indonesia kita mengenal berbagai macam makanan, pokok yaitu nasi (berasal dari beras), dan singkong. Nasi seakan menjadi sebuah hal yang tak dapat dipisahkan dari kehidupan

sebagian besar masyarakat Indonesia. Umumnya, ketika merasa lapar ataupun kekurangan energi, maka kita akan terpikirkan untuk makan nasi. Kemudian kita akan merasa kenyang setelah makan nasi karena nasi mengandung karbohidrat yang dibutuhkan tubuh untuk dicerna menjadi energi. Namun, sebagian masyarakat kita atau orang awam mengenal karbohidrat itu adalah makanan pokok, seperti nasi atau singkong. Karbohidrat merupakan materi yang berasal dari alam, yaitu dari hasil fotosintesis tumbuhan hijau yang memiliki klorofil, sehingga dihasilkan padi, singkong, atau ketela.

Karbohidrat adalah polihidroksi aldehida atau keton atau senyawa yang menghasilkan senyawa-senyawa ini bila dihidrolisa. Senyawa polihidroksi aldehida adalah suatu makromelokul yg strukturnya ditandai dengan satu diantara atom karbon berikatan ganda dengan atom oksigen ($C=O$), membentuk gugus karbonil yang berada di ujung rantai karbon. Sedangkan, senyawa polihidroksi keton adalah suatu makromelokul yg strukturnya ditandai dengan satu diantara atom karbon berikatan ganda dengan atom oksigen ($C=O$), membentuk gugus karbonil yang berada di tengah rantai karbon.



Gliseraldehida, suatu aldosa



Dihidriksiaseton, suatu ketosa

Karbohidrat juga berasal dari kata “sakarida” dari bahasa Yunani yang berarti gula. Nama karbohidrat beral dari senyawa karbo dan “hidrat” dengan perbandingan rumus empiris karbon, hidrogen dan oksigen. Sebagai contoh rumus kimia glukosa adalah $C_6H_{12}O_6$ yang juga dapat ditulis sebagai $(CH_2O)_6$ atau $C_6(H_2O)_6$, dapat dirumuskan secara umum $(CH_2O)_n$. Karbohidrat digolongkan menjadi tiga, yaitu Monosakarida, Disakarida dan Polisakarida.

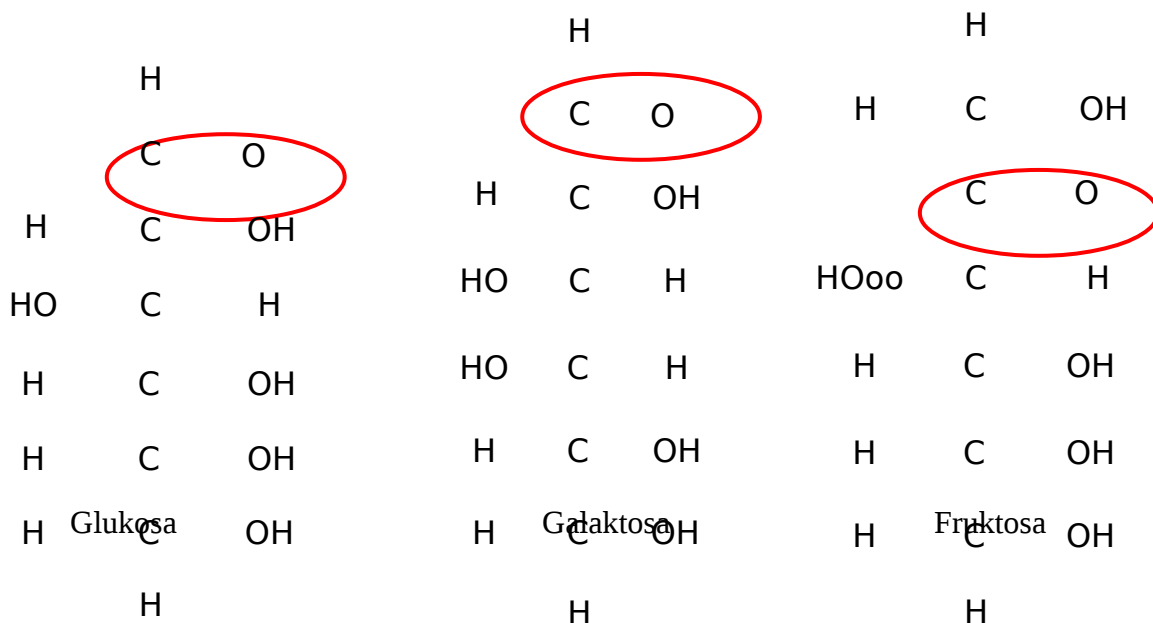
BAB II

STRUKTUR KARBOHIDRAT

- I. Jenis-jenis Karbohidrat**
 - 1. MONOSAKARIDA**

Monosakarida memiliki ciri-ciri yaitu:

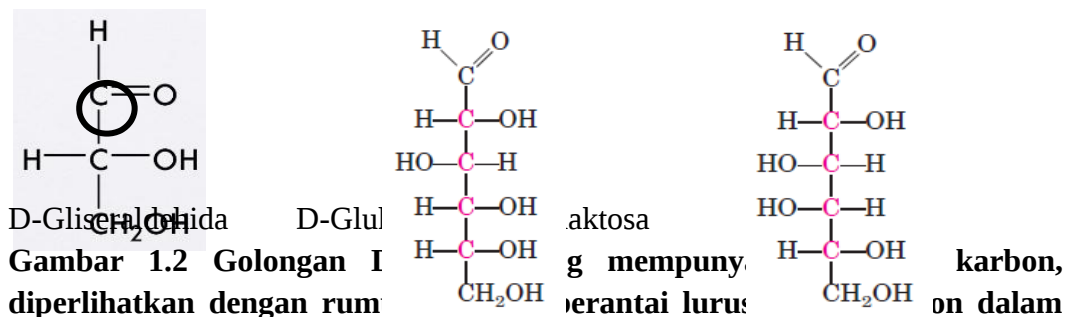
- Monosakarida disebut juga gula sederhana, terdiri dari satu unit gula, yaitu satu unit polihidroksi aldehida atau polihidroksi keton. Monosakarida terdiri dari satu unit gula, maka monosakarida tidak dapat dihidrolisis menjadi bentuk yang sederhana. Contoh monosakarida yaitu glukosa, fruktosa, dan galaktosa. Glukosa dan fruktosa merupakan polihidroksi aldehida karena glukosa dan galaktosa mengandung gugus aldehyd (aldosa). Sedangkan fruktosa mengandung gugus keton (ketosa).



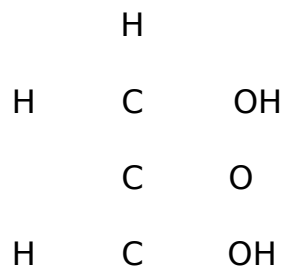
Gambar 1.1 Glukosa, Fruktosa, Galaktosa. Gugus C=O yang dilingkari menunjukkan gugus aldehyd (pada glukosa dan galaktosa), gugus keton (pada fruktosa).

b. Monosakarida dapat memutar bidang polarisasi

Semua monosakarida, kecuali dihidroksiaseton, mengandung satu atau lebih atom karbon khiral (karbon asimetri atau tidak simetri) yaitu atom karbon yang mengikat empat atom atau gugus yang berlainan karena pada molekul tersebut tidak terdapat bidang simetri, terdapat dalam bentuk isomer optik. Isomer optik adalah rumus molekul sama tetapi berbeda arah putar cahaya terpolarisasi, ada yang memutar ke kanan ada yang memutar ke kiri. Molekul monosakarida yang memutar ke kanan diberi awalan D (dekstro), sedangkan monosakarida yang memutar ke kiri diberi awalan L (levo). Adanya atom karbon khiral menyebabkan monosakarida dapat memutar bidang polarisasi. Contoh aldosa yang paling sederhana, yaitu gliserinaldehida yang mengandung hanya satu pusat kiral.



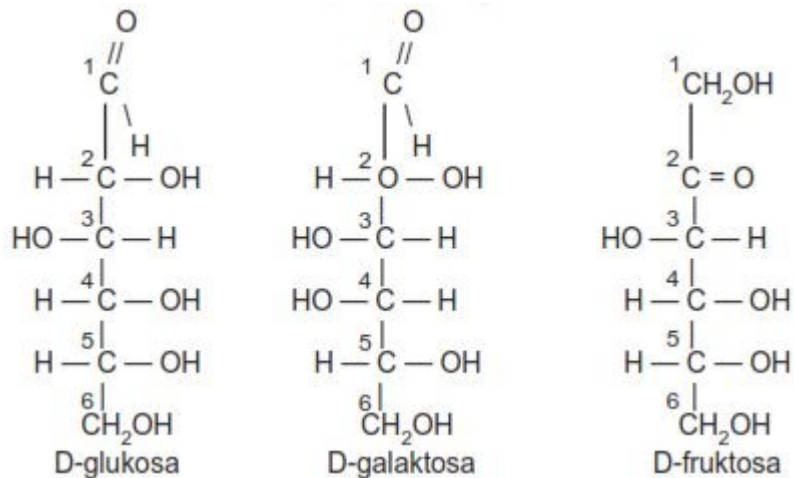
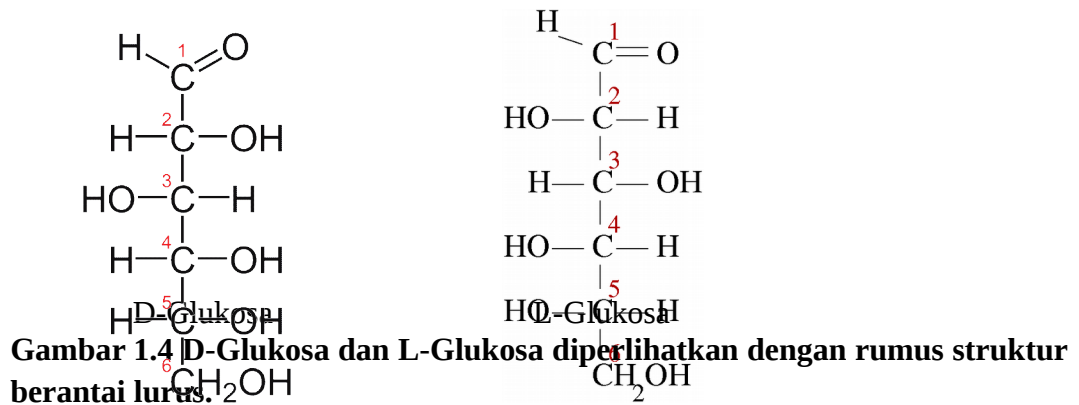
Gambar 1.2 Golongan I diperlihatkan dengan rumus rantai lurus. D-Glucose mempunyai 4 karbon, D-Fructose mempunyai 3 karbon, dan D-Galactose mempunyai 4 karbon.



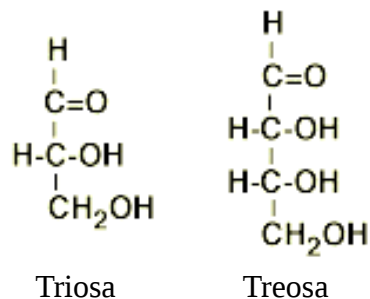
Gambar 1.3 Dihidroksiaseton, tidak memiliki pusat khiral

Akan tetapi, karena banyak dari aldosa yang mempunyai dua atau lebih pusat khiral, muncul awalan -D (dekstro) dan -L (levo), digunakan untuk menunjukkan konfigurasi dari karbon khiral yang paling jauh dari atom karbon karbonil (C=O).

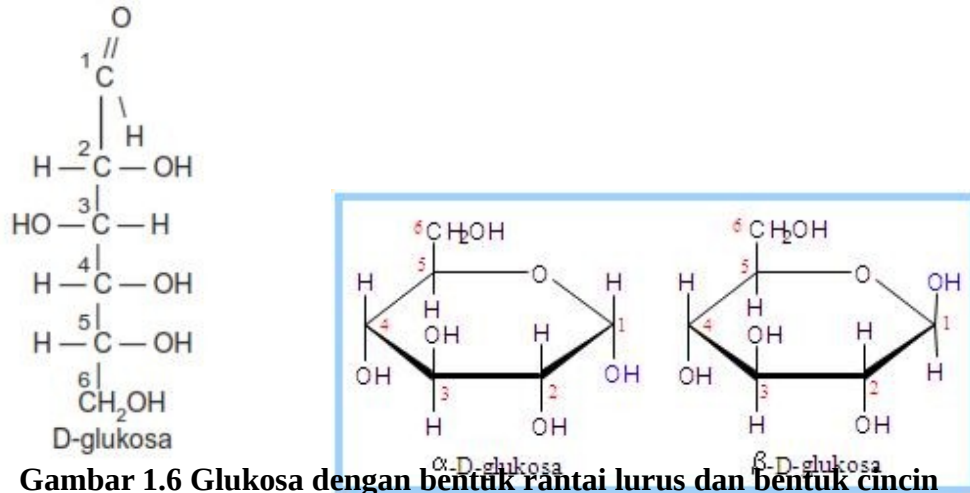
Sementara untuk dihidroksiaseton tidak memiliki struktur D dan L karena tidak terdapat atom C khiral.



- c. Monosakarida dapat berbentuk terbuka (linier) atau berbentuk cincin (siklik)
Struktur berbagai aldosa dan ketosa di tulis dalam bentuk rantai lurus, contohnya triosa dan treosa yang memiliki 3 atom dan 4 atom karbon pada kerangkanya.

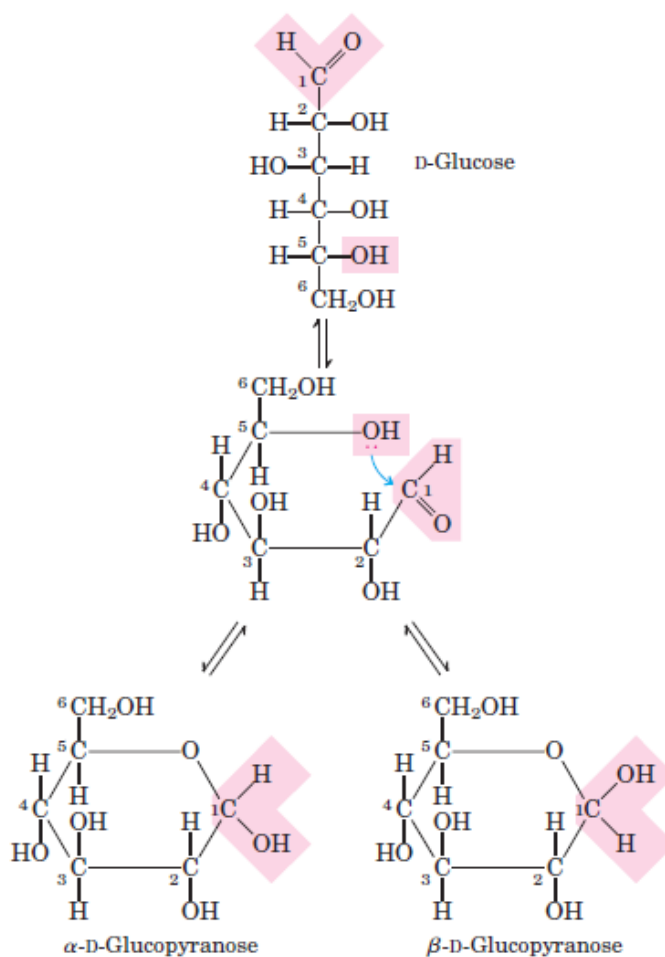


Sedangkan monosakarida yang memiliki 5 atom karbon (pentosa) atau 6 atom karbon (heksosa) pada kerangkanya, maka berbentuk siklik atau cincin.

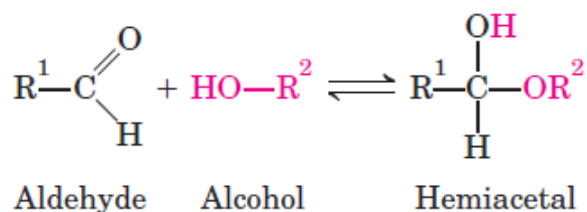


Gambar 1.6 Glukosa dengan bentuk rantai lurus dan bentuk cincin

Pembentukan cincin piranosa pada D-Glukosa akibat reaksi antara aldehida dan alkohol membentuk senyawa turunan yang disebut **hemiasetal** (Gambar 1.8), yang mengandung suatu atom karbon asimetri, C-1 atom karbon pada aldehid glukosa bentuk rantai terbuka bereaksi dengan gugus hidroksil pada C-5 yang membentuk suatu ikatan kovalen. Senyawa cincin yang beranggotakan 6 karbon ini disebut piranosa karena senyawa ini menyerupai senyawa cincin dengan 6 anggota yang disebut piran.

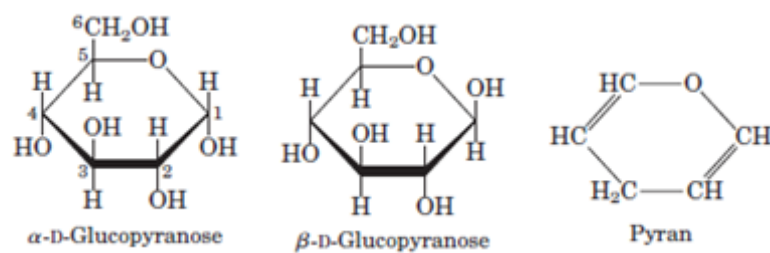


Gambar 1.7 Pembentukan kedua bentuk D-glukopiranos. Jika gugus aldehida pada C1 dan gugus hidroksil pada C5 menghasilkan α -D-Glukopiranos dan β -D-Glukopiranos.



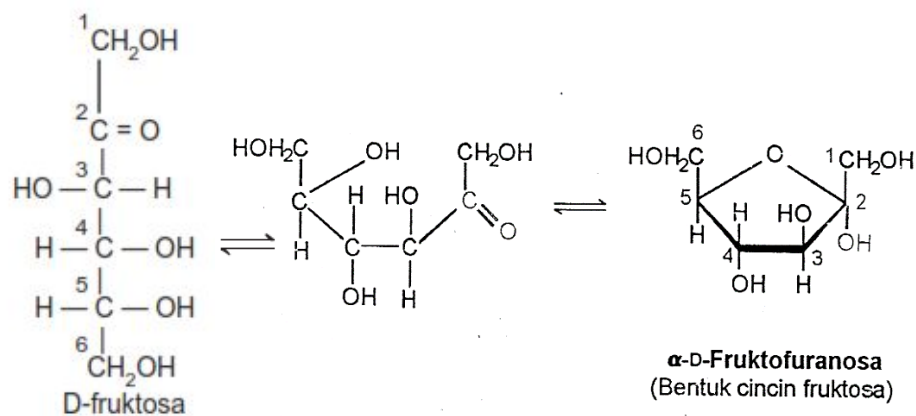
Gambar 1.8 Aldehida dapat bereaksi dengan alkohol membentuk hemiasetal. Karbon karbonil menjadi atom khiral pada reaksi ini.

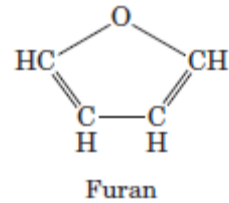
Pusat asimetrik tambahan timbul sewaktu glukosa membentuk cincin, C-1 atom karbon karbonil pada bentuk rantai terbuka menjadi pusat asimetrik pada bentuk cincin, sehingga didapatkan bentuk α -D-glikopiranosida dan β -D-glikopiranosida. α -D-glikopiranosida anomer dengan β -D-glikopiranosida, **anomer** adalah bentuk isomer dari monosakarida yang berbeda satu dengan lainnya hanya dalam konfigurasi di sekitar atom karbon hemiasetal. Tanda α (alfa) berarti bahwa gugus hidroksil terikat pada C-1 berada di bawah bidang cincin, sedangkan β (beta) berarti gugus hidroksil di atas bidang cincin.



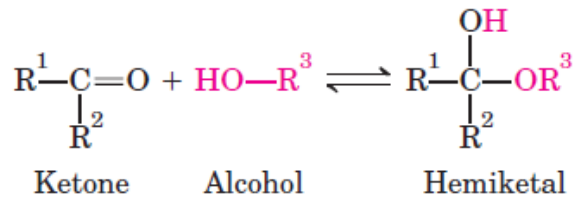
Gambar 1.9 Bentuk piranosa D-Glukosa (α -D-Glukopiranosida dan β -D-Glukopiranosida)

Pada monosakarida dengan gugus keton, atom karbon C-2 fruktosa bentuk rantai terbuka dapat bereaksi dengan gugus hidroksil pada atom karbon C-5, membentuk senyawa cincin yang beranggotakan 5 karbon, yang menyerupai senyawa beranggotakan-lima furan, senyawa tersebut disebut furanosa. Pembentukan cincin furanosa pada D-Fruktosa akibat reaksi antara keton dan alkohol membentuk senyawa turunan yang disebut **hemiketal** (Gambar 2.1),



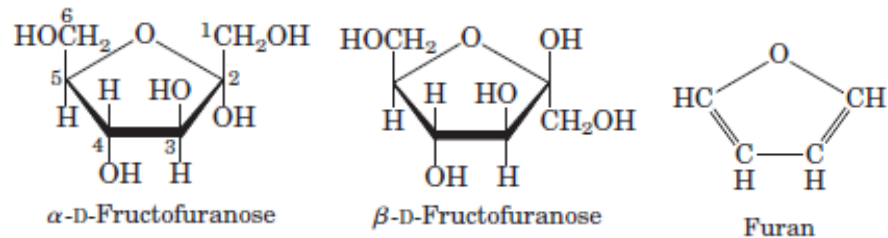


Gambar 2.0 Bentuk rantai lurus D-Fruktosa dan bentuk cincin α -D-fruktofuranosa dan β -D-fruktofuranosa



Gambar 2.1 Keton dapat bereaksi dengan alkohol membentuk hemiketal. Karbon karbonil menjadi atom khiral pada reaksi ini.

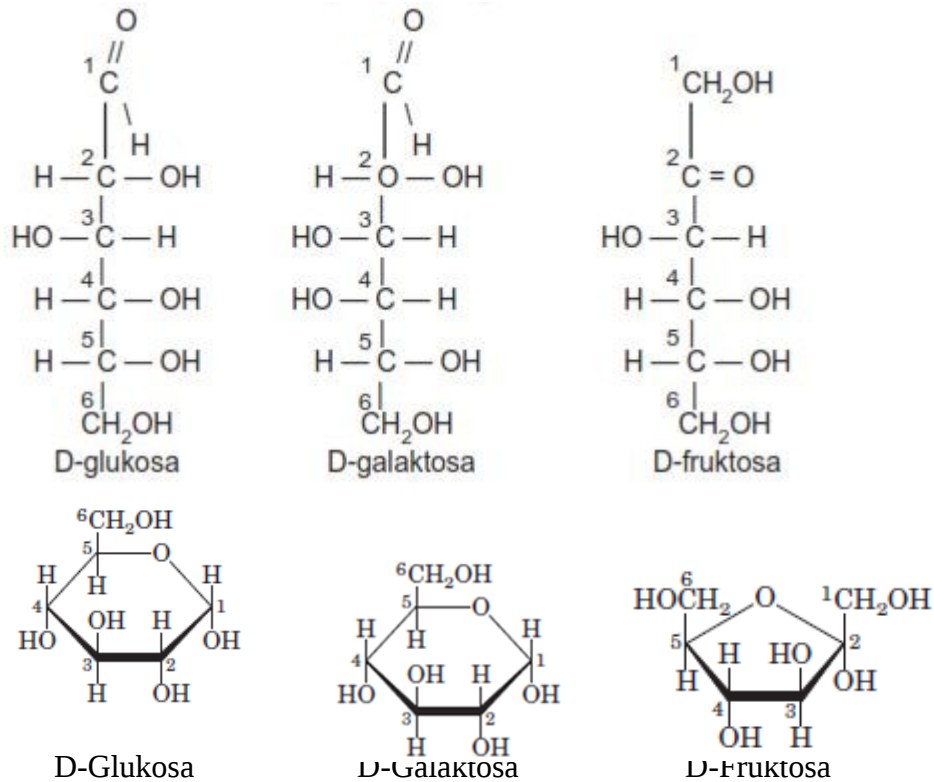
Pada bentuk cincin furanosa dari fruktosa gugus hidroksilnya terikat dengan atom C-2, sehingga terdapat pula bentuk alfa (α) dan beta (β).



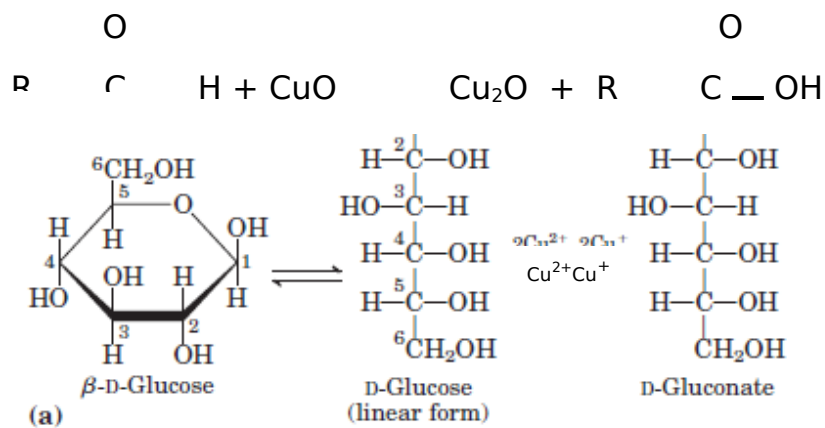
Gambar 2.2 Bentuk cincin α -D-fruktofuranosa, β -D-fruktofuranosa, dan Gugus Furan

- d. Monosakarida merupakan gula pereduksi

Monosakarida (glukosa, fruktosa, dan galaktosa) termasuk dalam gula pereduksi karena memiliki gugus OH yang bebas tidak terikat dengan atom manapun, gugus OH ini terikat pada atom C nomor 1.



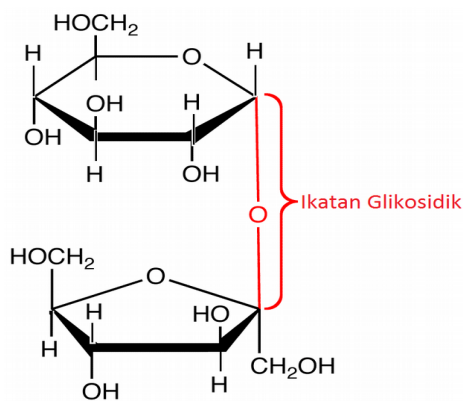
Monosakarida (sebagai senyawa reduktor) mereduksi senyawa-senyawa pengoksidasi (oksidator) seperti ferisianida, hidrogen atau ion kupri (Cu^{2+}). Pada reaksi ini, gula dioksidasi pada gugus karbonil ($\text{C}=\text{O}$) dan senyawa pengoksidasi menjadi tereduksi. Glukosa dan monosakarida lain yang mampu mereduksi senyawa pengoksidasi disebut gula pereduksi.



Gambar 2.3 Monosakarida (reduktor) mereduksi Cu^{2+} menjadi Cu^+ membentuk D-Glukonat

2. DISAKARIDA

Disakarida adalah karbohidrat yang terdiri dari dua monosakarida yang berikatan kovalen terhadap sesamanya. Pada kebanyakan disakarida, ikatan yang menghubungkan kedua monosakarida itu disebut **ikatan glikosida (glikosidik)**. Ikatan glikosida dibentuk jika gugus hidroksil pada salah satu gula bereaksi dengan gugus hidroksil pada karbon anomer pada gula yang lain. Dengan kata lain terbentuk dengan kondensasi gugus hidroksil atom karbon nomor 1 dari suatu monosakarida dengan gugus hidroksil dari salah satu nomor karbon (2, 4, 6) monosakarida lainnya.

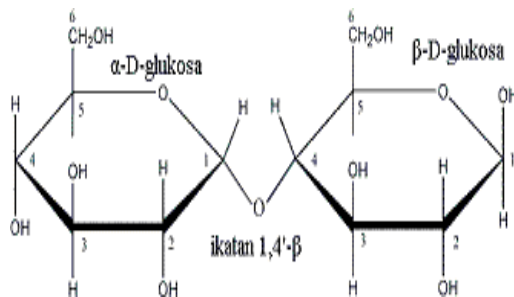


Gambar 2.4 Ikatan Glikosidik pada Disakarida

Disakarida yang paling banyak terdapat di alam adalah maltosa, laktosa, dan sukrosa.

a. Maltosa

Maltosa dihasilkan dari hidrolisis pati oleh enzim β -amilase. Maltosa mengandung dua residu D-glukosa yang dihubungkan dengan ikatan glikosida di antara atom karbon ke 1 (C-1) dari glukosa yang pertama dan atom karbon 4 (C-4) dari glukosa yang kedua.

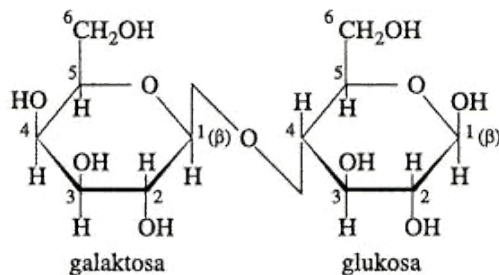


Gambar 2.5 Struktur Maltosa memiliki ikatan $\alpha(1 \rightarrow 4)$

Konfigurasi atom karbon anomer dalam ikatan glikosida di antara kedua residu D-glukosa di atas adalah bentuk α , sehingga ikatan ini dilambangkan sebagai $\alpha(1 \rightarrow 4)$. Kedua residu glukosa pada maltosa berbentuk piranosa (segi enam). Residu glukosa kedua pada maltosa dapat berada dalam bentuk α atau bentuk β . Bentuk yang paling banyak dijumpai adalah bentuk β . Bentuk α dibentuk oleh kerja enzim air liur (amilase) terhadap pati. Maltosa dihidrolisa oleh enzim usus maltosa yang spesifik terhadap ikatan $\alpha(1 \rightarrow 4)$. Maltosa adalah gula pereduksi karena gula ini memiliki gugus karbonil yang berpotensi bebas, yang dapat dioksidasi.

b. Laktosa

Laktosa terdapat pada susu yang dihidrolisis menghasilkan D-glukosa dan D-galaktosa. Keduanya berikatan melalui ikatan $\beta(1 \rightarrow 4)$. Disakarida jenis ini merupakan gula pereduksi karena memiliki gugus karbonil yang berpotensi bebas pada residu glukosa.

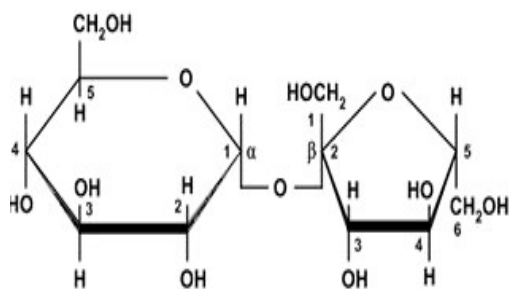


Gambar 2.6 Struktur Laktosa memiliki ikatan $\beta(1 \rightarrow 4)$

Laktosa mengalami hidrolisis oleh enzim laktase dari sel-sel mukosa usus. Pada sebagian orang yang mengonsumsi laktosa, mereka menunjukkan gejala intoleran terhadap laktosa. Pada orang-orang seperti ini, laktosa yang termakan dalam jumlah besar melalui susu menyebabkan diare berair, sakit mulas, dan aliran zat makanan pada usus menjadi abnormal. Hal tersebut karena pada orang-orang seperti itu memiliki sedikit enzim laktase pada ususnya. Sedikitnya enzim laktase tersebut dapat bersifat menurun kepada keturunannya.

c. Sukrosa

Gula ini biasa disebut gula tebu merupakan disakarida dari glukosa dan fruktosa. Karbon anomer kedua unit monosakarida pada sukrosa berikatan satu dengan yang lain, sehingga sukrosa tidak mengandung atom karbon anomer bebas. Jadi sukrosa bukanlah gula pereduksi. Sukrosa apabila dihidrolisis akan menghasilkan α -D-Glukosa dan β -D-Fruktosa. Sukrosa tersusun oleh molekul glukosa dan fruktosa yang dihubungkan oleh ikatan 1,2- α -glikosidik.

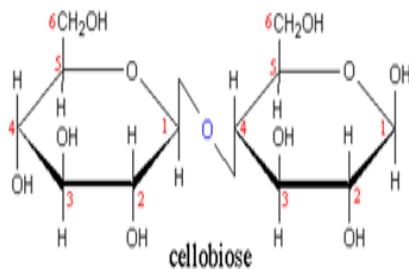


Gambar 2.7 Struktur Sukrosa memiliki ikatan $\alpha(1 \rightarrow 2)$

Sukrosa merupakan gula yang paling manis di antara ketiga jenis disakarida yang umum dijumpai. Sukrosa dibentuk oleh banyak tanaman tetapi tidak terdapat pada hewan tingkat tinggi. Pada banyak tanaman, sukrosa merupakan bentuk utama dalam transport gula hasil fotosintesis dari daun ke bagian-bagian lain tanaman. Hal ini karena atom karbon anomernya yang terikat, jadi melindungi sukrosa dari oksidasi atau hidrolisis oleh enzim-enzim tanaman. Hewan dibantu enzim sukrase atau enzim invertase untuk menyerap molekul sukrosa. Enzim tersebut mengkatalisa hidrolisis sukrosa menjadi D-glukosa dan D-fruktosa yang dapat terserap ke dalam aliran darah.

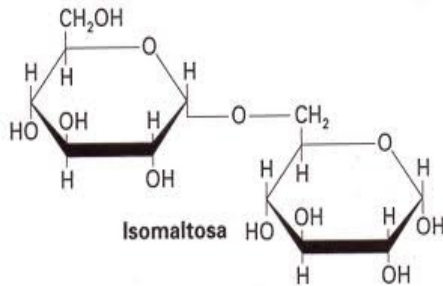
Selain ketiga disakarida di atas, jenis disakarida lainnya, yaitu selobiosa, dan isomaltosa.

Selobiosa merupakan disakarida yang membentuk selulosa, mempunyai ikatan $\beta(1 \rightarrow 4)$ dan merupakan gula pereduksi.



Gambar 2.8 Struktur Selobiosa memiliki ikatan $\beta(1 \rightarrow 4)$

Isomaltosa merupakan disakarida yang diperoleh dengan hidrolisis beberapa polisakarida tertentu. Hampir sama dengan maltosa hanya saja mempunyai ikatan $\alpha(1 \rightarrow 6)$.



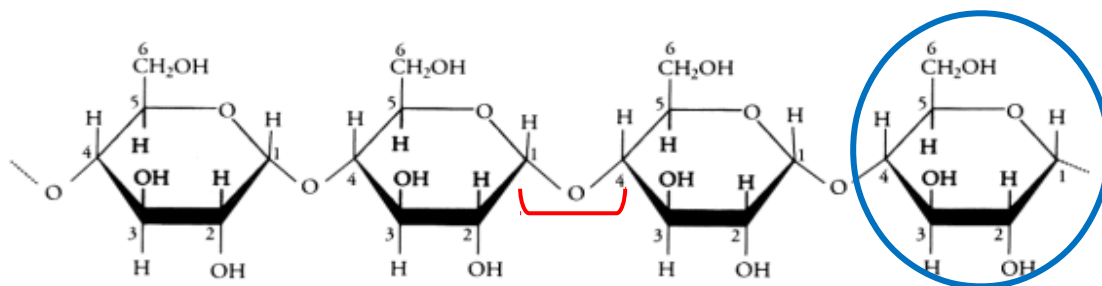
Gambar 2.9 Struktur Isomaltosa memiliki ikatan $\alpha(1 \rightarrow 6)$

3. POLISAKARIDA

Polisakarida merupakan salah satu golongan karbohidrat yang terdiri dari rantai panjang yang mempunyai ratusan atau ribuan unit monosakarida. Terdapat dua jenis polisakarida yaitu homopolisakarida dan heteropolisakarida.

a. Homopolisakarida

Homopolisakarida merupakan polisakarida yang mengandung satu jenis unit monosakarida. Contoh suatu homopolisakarida yaitu pati yang hanya mengandung unit-unit glukosa.



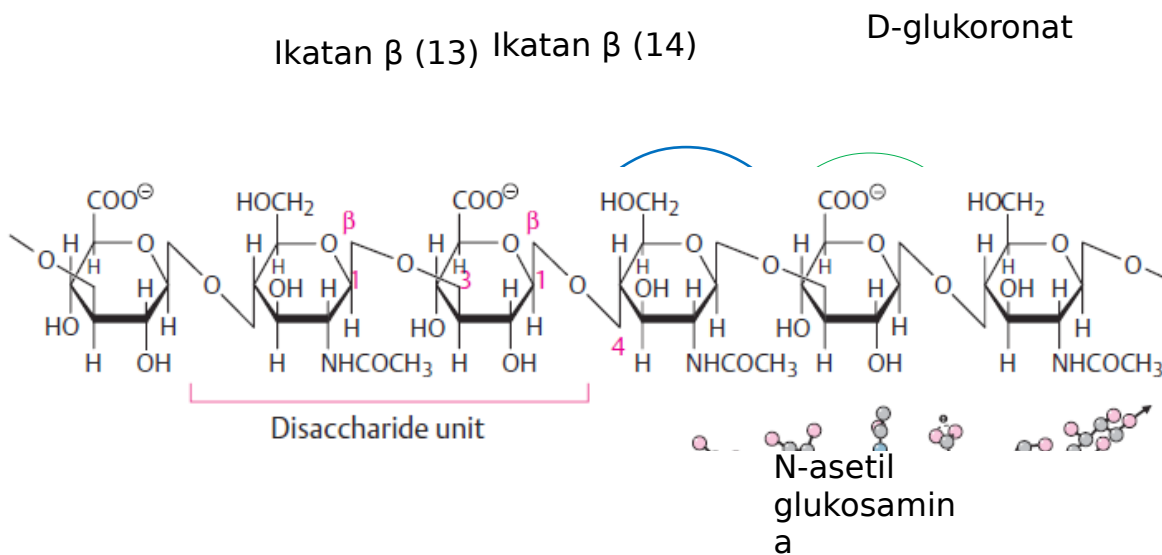
Ikatan $\alpha(1 \rightarrow 4)$

D-glukosa

Gambar 3.0 Struktur Pati (Amilosa) mengandung satu jenis monosakarida

b. Heteropolisakarida

Heteropolisakarida merupakan polisakarida yang mengandung dua atau lebih jenis unit monosakarida yang berbeda. Contoh suatu heteropolisakarida yaitu asam hialuronat yang mengandung dua jenis unit gula. Asam hialuronat ini tersusun dari asam D-glukoronat dan N-asetilglukosamina. Kedua turunan monosakarida yang berbeda ini dihubungkan oleh ikatan glikosida $\beta(1,3)$ membentuk satu unit disakarida yang kemudian berhubungan dengan unit disakarida yang sama dengan ikatan glikosida $\beta(1,4)$ dan seterusnya.



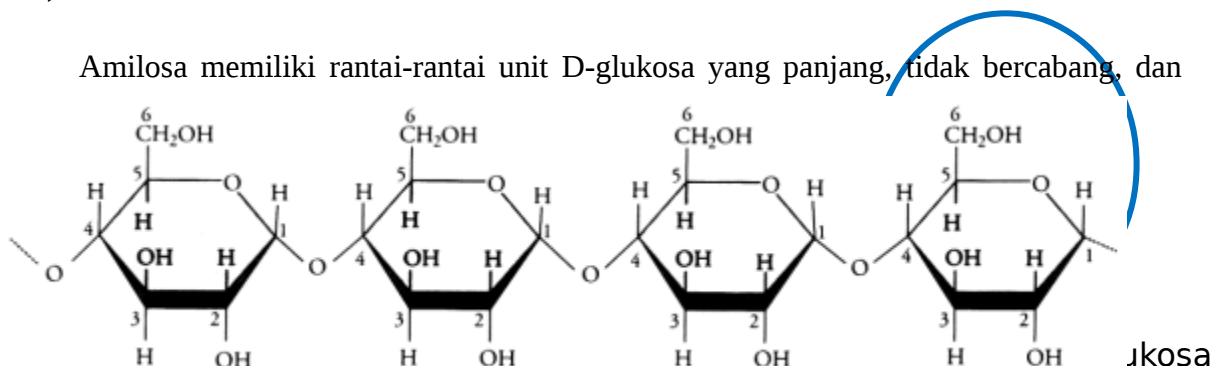
Gambar 3.1 Struktur Asam hialuronat yang mengandung dua jenis monosakarida

a. Pati

Pati biasa dijumpai pada golongan umbi seperti kentang dan pada biji-bijian seperti jagung. Ada dua jenis polimer glukosa yang berperan sebagai penyusun pati, yaitu amilosa dan amilopektin.

1) Amilosa

Amilosa memiliki rantai-rantai unit D-glukosa yang panjang, tidak bercabang, dan

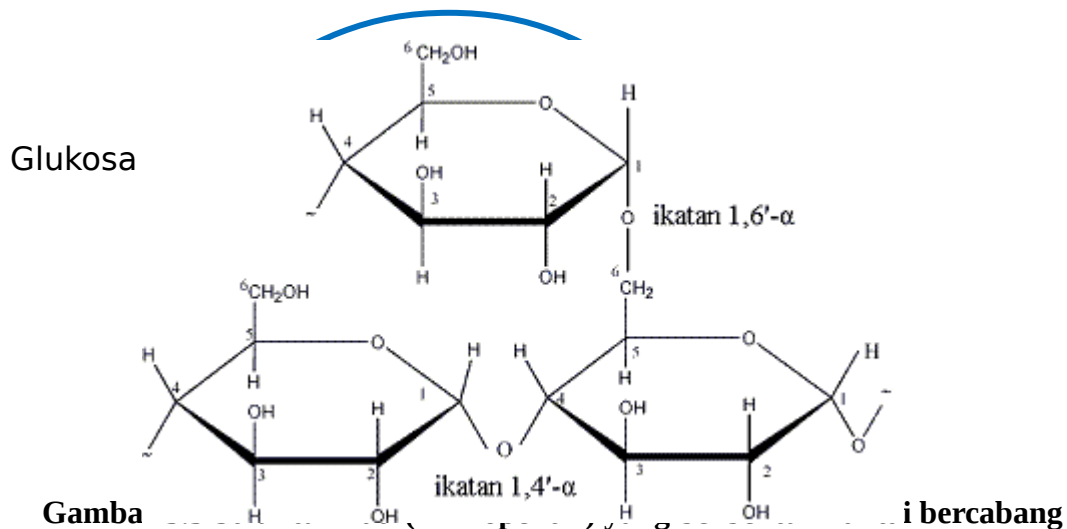


➤ Amilosa

Gambar 3.2 Struktur Pati (Amilosa) yang berbentuk rantai panjang, tidak bercabang

2) Amilopektin

Amilopektin terdiri dari rantai-rantai bercabang yang dibentuk oleh 24-30 residu glukosa yang disatukan dengan ikatan glikosidik oleh ikatan $\alpha(1 \rightarrow 4)$ di rantai dan oleh ikatan $\alpha(1 \rightarrow 6)$ di titik percabangan.

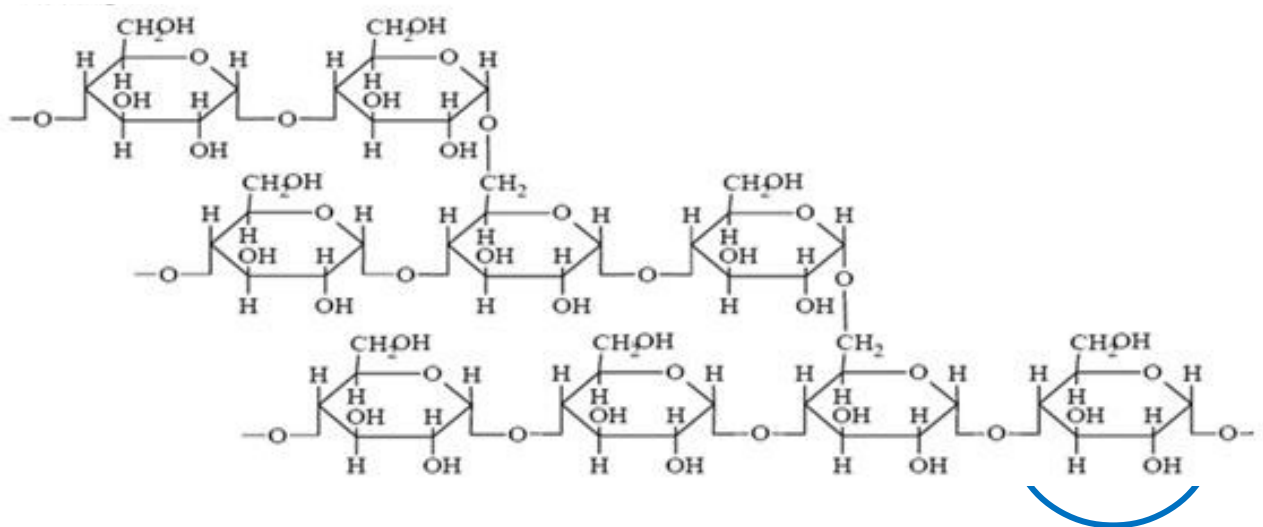


Contoh makanan dalam kehidupan sehari-hari yang mengandung masing-masing amilosa dan amilopektin, yaitu nasi dan lempur. Jika kita memakan nasi atau lempur akan memberikan pengaruh yang berbeda bagi tubuh. Ketika kita memakan nasi, tubuh kita akan terasa lebih cepat pulih tenaganya dibandingkan dengan ketika kita memakan lempur. Hal itu terjadi seperti yang telah dijelaskan diatas bahwa nasi mengandung amilosa yang memiliki struktur yang tidak bercabang sehingga amilosa

lebih cepat dicerna dan diubah menjadi energi dibandingkan dengan amilopektin pada lemper. Amilopektin memiliki struktur rantai bercabang sehingga membuat proses mencerna menjadi lebih lama karena amilopektin tidak segera diubah menjadi energi.

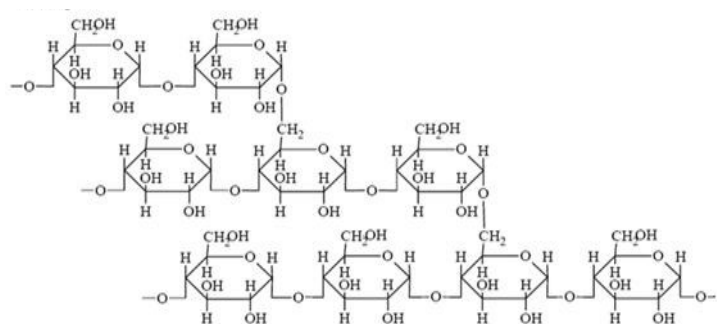
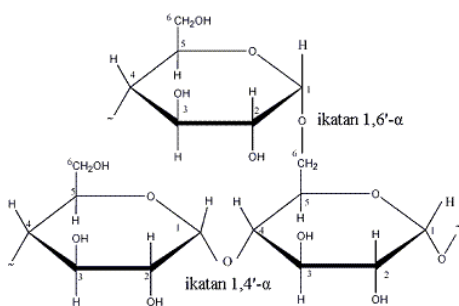
b. Glikogen

Glikogen banyak ditemukan pada urat hati dan urat daging. Glikogen merupakan polisakarida bercabang dari D-glukosa dalam ikatan $\alpha(1 \rightarrow 4)$. Ikatan pada percabangan adalah $\alpha(1 \rightarrow 6)$. Dibandingkan dengan amilopektin, pada glikogen lebih banyak terdapat percabangan dan strukturnya lebih kompak.



Gambar 3.4 Struktur Glikogen yang memiliki ikatan $\alpha(1 \rightarrow 4)$

Contoh makanan dalam kehidupan sehari-hari yang mengandung glikogen yaitu daging. Ketika kita memakan daging, kita merasa tenaga kita tidak pulih begitu saja setelah mengonsumsinya. Seperti yang telah dijelaskan diatas, hal ini terjadi karena glikogen yang terkandung didalam daging memiliki struktur yang bercabang-cabang dan lebih kompak dibandingkan dengan amilopektin.



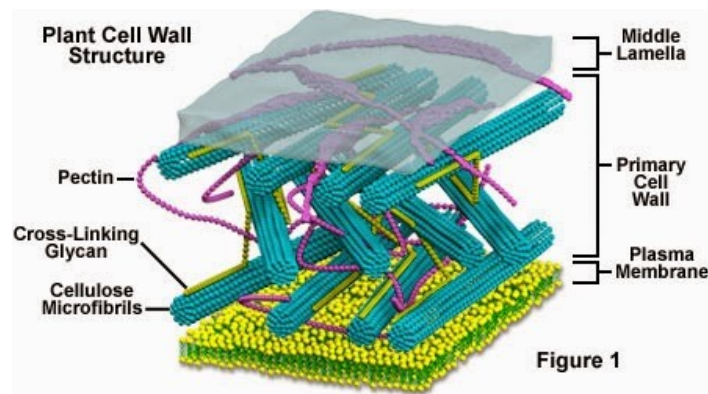
Amilopektin

Glikogen

Gambar 3.5 Perbandingan Struktur Amilopektin dan Glikogen. Glikogen memiliki struktur yang bercabang-cabang dan lebih kompak dibandingkan dengan amilopektin.

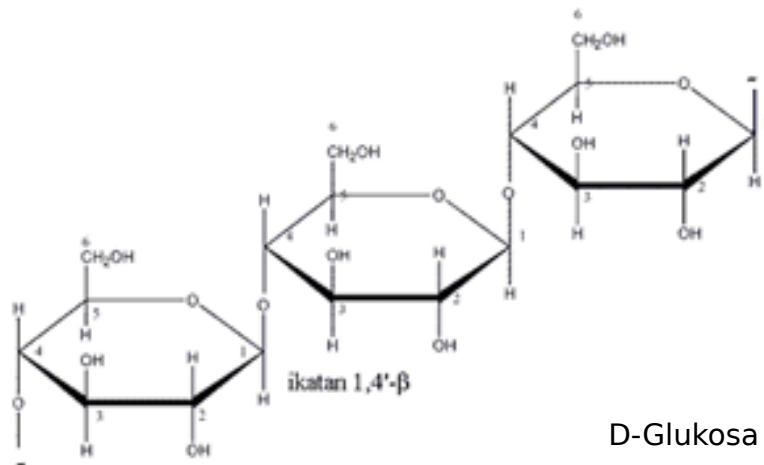
c. Selulosa

Selulosa banyak dijumpai dalam dinding sel tumbuhan.



Gambar 3.6 Selulosa yang berupa Mikrofibril Selulosa pada Dinding Sel Tumbuhan

Selulosa merupakan homopolisakarida linear tidak bercabang, terdiri dari 10.000 atau lebih unit D-glukosa yang dihubungkan oleh ikatan $\beta(1 \rightarrow 4)$ glikosida.

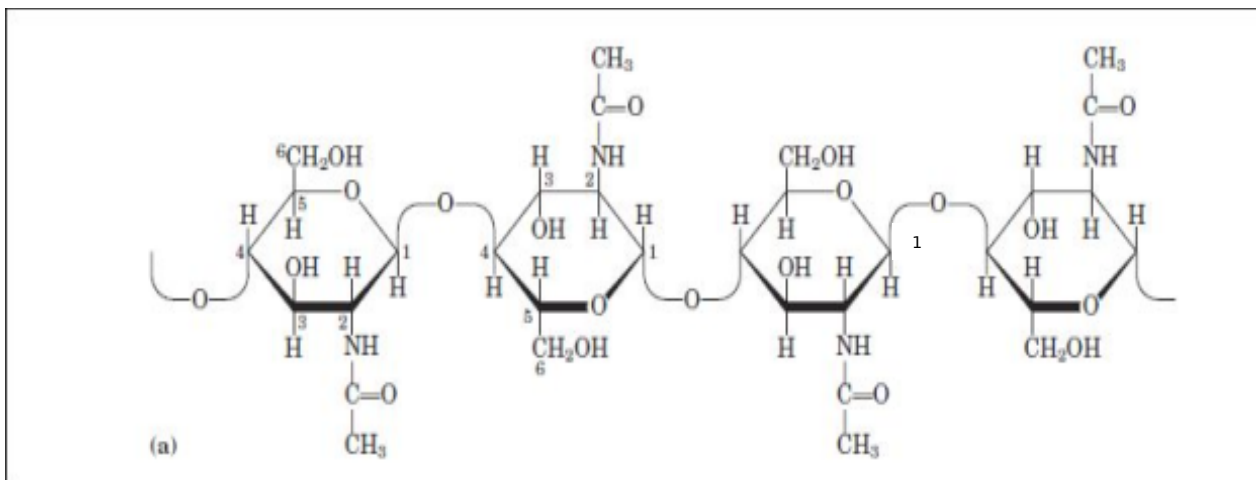


Gambar 3.7 Struktur Selulosa berbentuk rantai linier, tak bercabang

Dalam kehidupan sehari-hari sering kita jumpai orang mengonsumsi makanan seperti pecel yang salah satu sayurannya adalah genjer. Kita tahu bahwa didalam genjer terkandung selulosa. Apabila kita mengonsumsi selulosa maka zat akhir yang dibuang oleh tubuh juga berupa selulosa karena didalam tubuh kita tidak terdapat enzim selulase yang berfungsi untuk mencerna selulosa sehingga selulosa tersebut tidak dicerna oleh tubuh. Namun untuk memenuhi kebutuhan tubuh akan serat kita perlu mengonsumsi selulosa. Serat ini biasa ditemukan pada sayur dan buah yang mana diperlukan oleh tubuh untuk memperlancar proses pencernaan dan untuk membentuk sisa pencernaan yang berupa kotoran (feses).

d. Kitin

Kitin merupakan polisakarida linear dan rantainya tak bercabang yang tersusun atas polimer N-asetil D-glukosamin yang digabungkan oleh ikatan $\beta(1 \rightarrow 4)$. Kitin juga memiliki monomer berupa molekul glukosa dengan cabang yang mengandung nitrogen. Kitin merupakan struktural ekstraseluler yang berfungsi penyusun kutikula arthropoda.

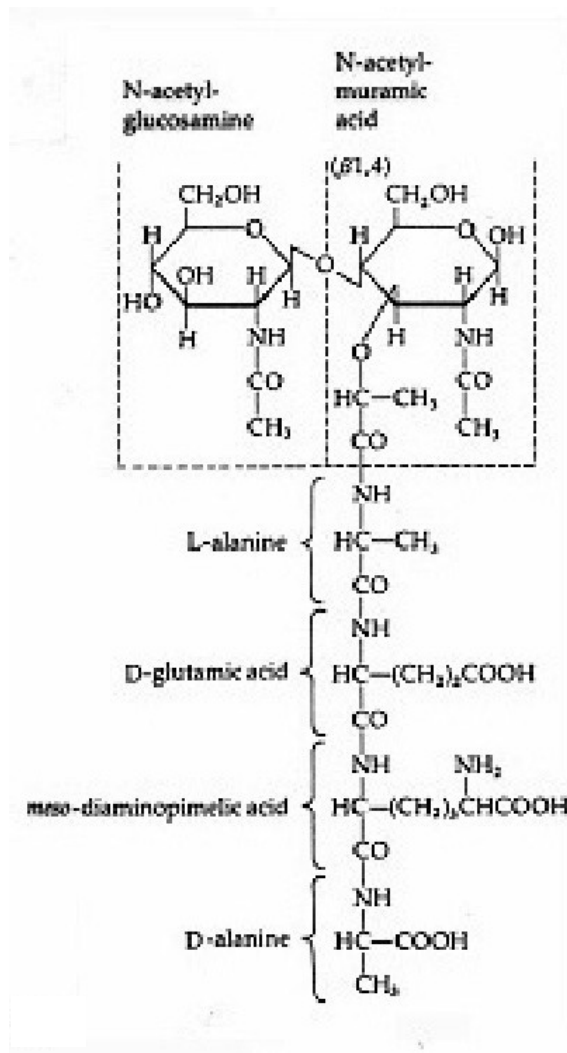


Gambar 3.8 Struktur Kitin yang tersusun atas polimer N-asetil D-glukosamin yang digabungkan oleh ikatan $\beta(1 \rightarrow 4)$.

e. Peptidoglikan

Dinding bakteri terdiri dari kompleks polimer polisakarida yang mengandung rantai berbagai asam amino, tetapi rantai asam aminonya tidak sepanjang rantai asam amino pada protein, sehingga disebut peptidoglikan bukan glikoprotein. Dinding sel ini terdiri

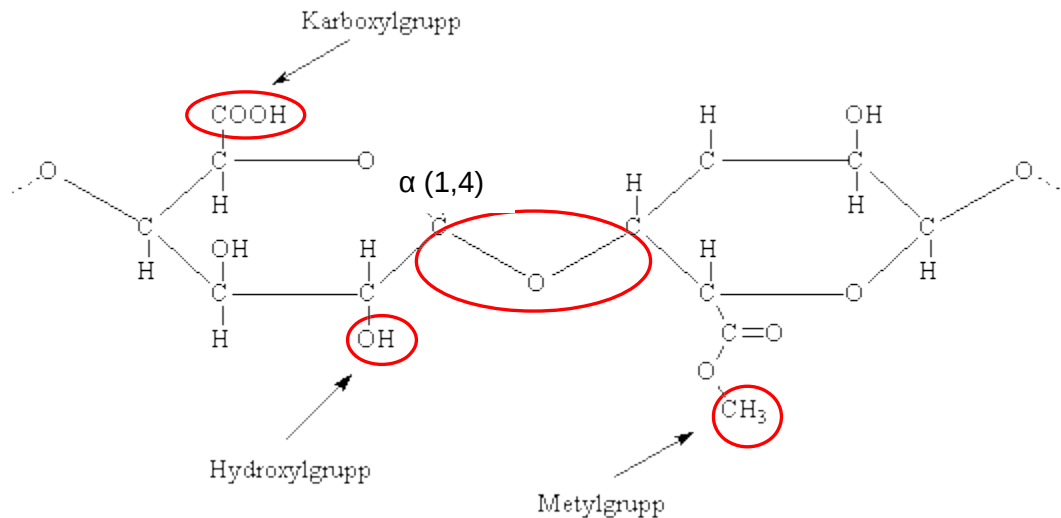
dari kerangka struktural berikatan kovalen yang mengelilingi sel secara sempurna. Struktur ini tersusun dari rantai polisakarida panjang, paralel, dan saling berhubungan silang terhadap sesamanya pada selang tertentu oleh rantai polipeptida pendek. Rantai polisakarida tersebut terdiri dari unit monosakarida N-asetil-D-glukosamin dan asam N-asetilmuramat secara berganti-ganti dan dihubungkan oleh ikatan $\beta(1,4)$. Setiap unit N-asetilmuramat berlekatan dengan suatu rantai samping tetrapeptida. Rantai samping tetrapeptida tersebut terdiri dari L-alanin, D-asam glutamat, asam diaminopimeat, dan D-alanin.



Gambar 3.9 Struktur Peptidoglikan

f. Pektin

Pektin merupakan polimer linear dari asam D-galakturonat yang berikatan dengan α (1 \rightarrow 4) glikosidik dengan beberapa gugus asam karboksilat yang termetilasi. Pektin berbentuk serbuk kasar maupun halus, warna putih kekuningan dan hampir tidak berbau. Pektin diperoleh dari buah-buahan seperti apel dan jenis jeruk. Pektin banyak digunakan sebagai zat pembuat jel dalam jeli buah.



Gambar 4.0 Struktur Kitin dengan ikatan glikosidik dengan α (1 \rightarrow 4)

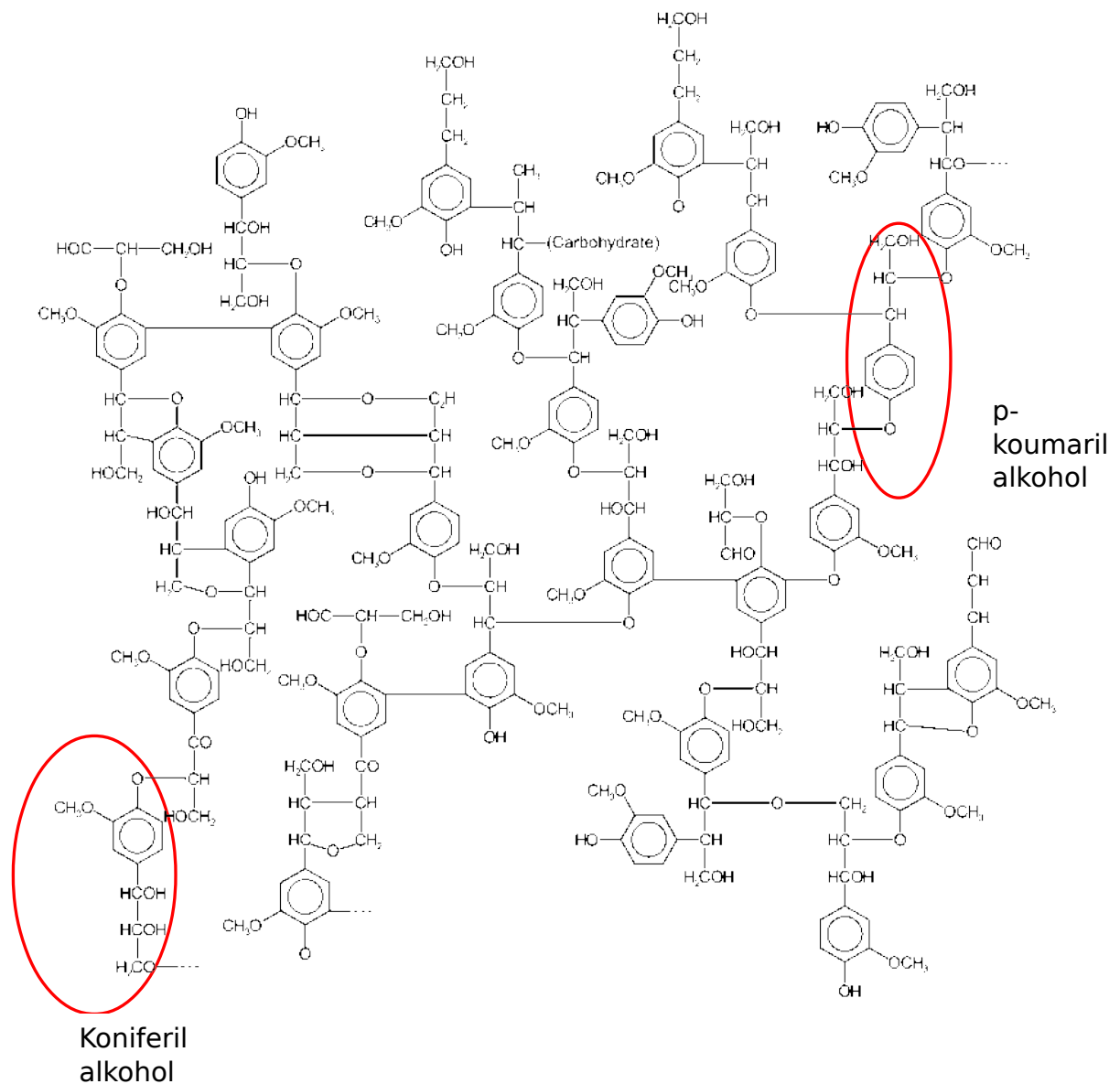
g. Lignin

Kerangka dinding sel tumbuhan terdiri dari lapisan-lapisan serat selulosa yang panjang, melebar dan saling bersimpangan yang lebih kuat dari pada baja dengan diameter sama. Kerangka ini diliputi oleh matriks seperti semen yang terdiri dari polisakarida struktural jenis lain dan bahan polimer lain yang disebut lignin. Pada bagian berkayu dari dahan pohon, dinding sel bersifat tebal dan mampu bertahan terhadap gaya tekanan tinggi.

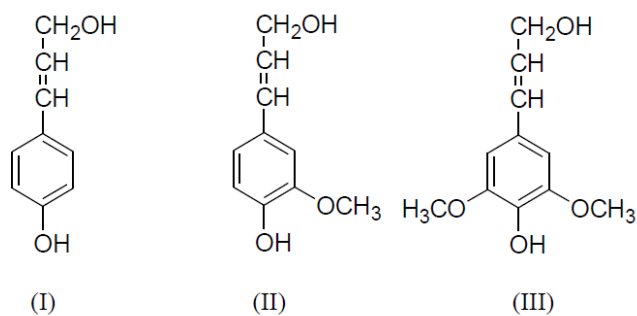
Struktur kimia lignin sangat kompleks dan tidak berpola sama. Lignin memiliki gugus aromatik dan penyusunnya terdiri dari p-koumaril alkohol, koniferil alkohol, dan sinapil alkohol.

Lignin dapat dibagi ke dalam beberapa kelompok menurut unsur strukturalnya, yaitu:

1. Lignin guaiasil: terdiri dari koniferil alkohol dan p-coumaryl alkohol, terdapat pada kayu daun jarum.
2. Lignin guaiasil-siringil: terdiri dari koniferil alkohol dan sinapil alkohol merupakan ciri kayu daun lebar dan pada kayu tropis.



Gambar 4.1 Struktur Lignin



Gambar 4.2 Unit Dasar Penyusun Lignin I (p-koumaril alkohol); II (koniferil alkohol); III (sinapil alkohol)

BAB III
FUNGSI KARBOHIDRAT

N o	Aspek Fungsi	Sel Hewan	Sel Tumbuhan	Mikroorganisme
1	Sumber Energi	Glukosa	Glukosa	Glukosa
2	Sumber Karbon	-	-	Glukosa
3	Penyusun dinding sel	-	Lignin	Kitin
4	Penyimpan membran sel	Glikolipid dan Glikoprotein	Glikolipid dan Glikoprotein	Peptidoglikan
5	Penyusun asam nukleat	Deoksiribosa dan Ribosa	Deoksiribosa dan Ribosa	Deoksiribosa atau Ribosa
6	Cadangan Energi (Penyimpan Glukosa)	Glikogen	Amilum	-

BAB IV

PENUTUP

A. KESIMPULAN

Berdasarkan studi referensi yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa:

1. Karbohidrat merupakan biomolekul yang banyak ditemukan di alam yang disebut polihidroksi (memiliki banyak gugus OH), sehingga dapat larut dalam air. Secara umum karbohidrat dituliskan dengan rumus empiris $(CH_2O)_n$.
2. Karbohidrat berdasarkan unit gula penyusunnya terdiri atas:
 - a. Monosakarida, terdiri atas satu jenis unit gula, contohnya glukosa, fruktosa dan galaktosa.
 - b. Disakarida, terdiri atas dua jenis unit gula, contohnya sukrosa (fruktosa dan glukosa), maltosa (glukosa dan glukosa), dan laktosa (glukosa dan galaktosa).
 - c. Polisakarida, terdiri atas banyak unit jenis gula, contohnya pati (amilum dan amilopektin), glikogen, selulosa, lignin, kitin, peptidoglikan, dan pektin.

B. SARAN

Dengan makalah ini diharapkan pembaca dapat lebih mengerti tentang struktur karbohidrat, komponen penyusun, macam-macam karbohidrat dan contohnya dalam kehidupan sehari-hari serta fungsi karbohidrat bagi sel hewan, sel tumbuhan dan mikroorganisme. Makalah ini diharapkan dapat menjadi bahan referensi bagi mahasiswa dalam proses pembelajaran biokimia terutama tentang struktur dan fungsi karbohidrat.

DAFTAR PUSTAKA

Arbianto, Purwo. 1994. *Biokimia Konsep-konsep Dasar*. Jakarta: Departemen Pendidikan dan Kebudayaan.

- Girindra, Aisjah. 1986. *Biokimia Satu*. Jakarta: PT Gramedia.
- Hart, Harold, dkk. 2003. *Kimia Organik Edisi Kesebelas*. Jakarta: Erlangga.
- Lehninger, Albert L. 1982. *Dasar-dasar Biokimia Jilid Satu*. Alih bahasa oleh Maggy Thenawijaya. Jakarta: Penerbit Erlangga.
- Murray, Robert K, dkk. 2012. *Biokimia Harper Edisi 29*. Alih Bahasa oleh Lilian Roma Manurung dan Lydia I. Mandra. Jakarta: EGC.
- Pine, Stanley H, dkk. 1988. *Kimia Organik 2*. Bandung: ITB.
- Styer, Lubert. 2000. *Biokimia*. Jakarta: EGC.
- Nofriadi, Edo, 2009, “Keragaman Nilai Lignin Terlarut Asam (*acid soluble lignin*) dalam Kayu Reaksi *Pinus merkusii Jungh et de vriese* dan *Gnetum gnemon linn*”, Intitut Pertanian Bogor Fakultas Kehutanan, Skripsi.