



MODUL KIMIA ORGANIK DASAR
NUT 253 (KJ101)

Materi Pertemuan 13
Karbohidrat

Disusun Oleh:
Reza Fadhillah, S.TP., M.Si

UNIVERSITAS ESA UNGGUL
2019

PENDAHULUAN

Karbohidrat atau disebut juga hidrat arang merupakan molekul organik yang paling banyak ditemukan di alam dan mempunyai fungsi sangat luas. Karbohidrat berfungsi sebagai sumber energi utama bagi sebagian besar makhluk hidup, merupakan cadangan energi tubuh, dan komponen membran sel yang berperan sebagai perantara berbagai komunikasi antar sel. Berdasarkan jumlah molekul gula sederhana penyusunnya, karbohidrat dapat digolongkan menjadi empat, yaitu: monosakarida (1 molekul), disakarida (2 molekul), oligosakarida (3-10 molekul), dan polisakarida (> 10 molekul). Gula sederhana penyusun karbohidrat umumnya adalah glukosa, galaktosa dan fruktosa (Lehninger, 1982).

Monosakarida adalah bentuk karbohidrat yang paling sederhana, dan hanya memiliki satu molekul gula. Jenis monosakarida yang paling banyak dikenal masyarakat ialah glukosa. Dalam hal keberadaannya di dalam darah, istilah glukosa sering diganti dengan gula. Jadi, kadar glukosa darah, biasa disebut dengan kadar gula darah.

Disakarida terbentuk dari dua molekul gula sederhana, yang dihubungkan dengan ikatan kovalen. Disakarida yang sangat dikenal masyarakat ialah sukrosa, atau lazim disebut gula meja/gula pasir. Sukrosa terbentuk dari satu molekul glukosa dan satu molekul fruktosa. Disakarida lain yang penting ialah laktosa, yang merupakan komponen utama dari air susu mamalia. Laktosa terdiri atas satu molekul galaktosa dan satu molekul glukosa. Contoh oligosakarida adalah raffinosa (3 molekul) dan stakhiosa (4 molekul).

Polisakarida merupakan golongan karbohidrat yang banyak terdapat pada tanaman dan hewan. Selulosa pada tanaman, merupakan komponen struktur batang dan daun, sedangkan glikogen terdapat pada daging hewan. Pati adalah contoh karbohidrat yang banyak terdapat pada umbi-umbian (ubijalar, ubikayu, kentang, kimpul, suweg, dan lain-lain) serta pada biji-bijian (padi, jagung, gandum, sorgum, dan lain-lain). Tingkat kemanisan masing-masing karbohidrat ternyata tidak sama. Fruktosa merupakan karbohidrat yang paling tinggi tingkat kemanisannya, sedangkan laktosa yang paling rendah. Tabel 1.1 menunjukkan tingkat kemanisan berbagai karbohidrat.

Tabel 1.1. Tingkat Kemanisan Relatif Karbohidrat, Pangan yang Kaya Karbohidrat dan Sakarin

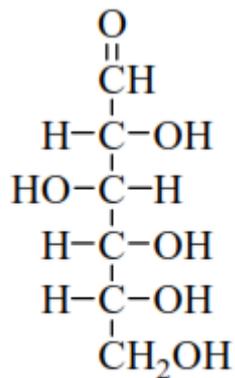
Jenis Karbohidrat/Pangan	Kemanisan Relatif
Sukrosa	100
Glukosa	70
Fruktosa	170
Maltosa	30
Laktosa	16
Galaktosa	30
Molase	110
Sirup jagung	60
Sorbitol	60
Manitol	50
Madu	170
Sakarin	40.000

Sumber: Hui (1985) dan Lehninger (1982)

Kelangsungan hidup manusia tidak dapat dipisahkan dari ketersediaan karbohidrat. Karbohidrat merupakan sumber energi utama yang memungkinkan manusia beraktivitas sehari-hari. Kebutuhan energi tubuh manusia sekitar 60-70 persen diperoleh dari karbohidrat, sisanya berasal dari lemak dan protein. Oleh karena itu, makanan pokok seluruh penduduk dunia (seperti beras, jagung, gandum, kentang, sagu, singkong) adalah sumber karbohidrat. Karbohidrat sebagai pangan pokok, umumnya dikonsumsi setelah mengalami pengolahan menjadi nasi, mi, bihun, roti, bubur, aneka kue, dan lain-lain. Struktur karbohidrat yang panjang (karbohidrat kompleks) mengakibatkan ukurannya terlalu besar untuk menembus dinding usus halus dan masuk ke dalam aliran darah. Oleh karena itu, perlu dilakukan pencernaan karbohidrat, dengan tujuan utama yaitu memperkecil ukuran sehingga dapat diserap melewati dinding usus.

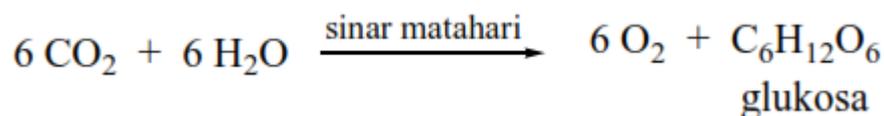
Selain itu, pencernaan juga digunakan untuk persiapan proses metabolisme. Hasil akhir dari pencernaan karbohidrat adalah glukosa, fruktosa dan galaktosa, ketiganya siap diserap melalui usus halus. Selanjutnya, hasil penyerapan dibawa ke hati oleh darah untuk disimpan atau untuk proses selanjutnya. Kecepatan penyerapan karbohidrat berkaitan dengan peningkatan kadar gula darah. Semakin cepat karbohidrat diserap akan semakin cepat pula kenaikan kadar gula darah. Karbohidrat sederhana lebih cepat diserap sehingga lebih cepat meningkatkan kadar gula darah.

Istilah karbohidrat berasal dari glukosa sebagai karbohidrat pertama yang berhasil diperoleh secara murni. Glukosa dengan rumus molekul $C_6H_{12}O_6$ atau $(CH_2O)_6$ disangka sebagai senyawa hidrat dari karbon. Tetapi kemudian istilah ini diketahui merupakan istilah yang salah karena karbohidrat merupakan suatu polihidroksi dari aldehyd dan keton atau turunannya. Glukosa mempunyai nama lain dekstrosa.



glukosa

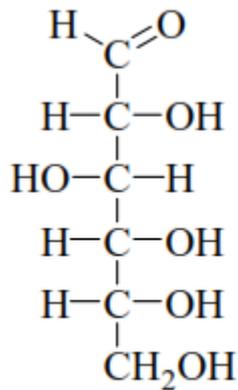
Karbohidrat diperoleh dari tanaman melalui proses fotosintesis. Dengan bantuan sinar matahari maka CO₂ dan H₂O akan diubah menjadi glukosa dan O. Karbohidrat ini menjadi sumber energi apabila dikonsumsi melalui proses metabolisme dalam tubuh.



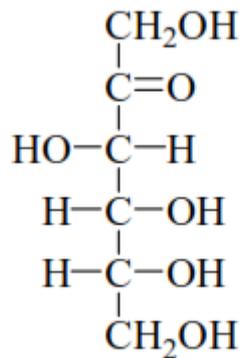
A. KLASIFIKASI KARBOHIDRAT

Klasifikasi karbohidrat disusun berdasarkan ukuran molekul penyusunnya dan gugus yang dikandungnya. Berdasarkan ukuran molekulnya karbohidrat dibagi menjadi dua yaitu gula sederhana dan karbohidrat kompleks. Yang disebut dengan gula sederhana adalah kelompok monosakarida. Karbohidrat kompleks tersusun dari dua atau lebih gula sederhana. Sehingga klasifikasi karbohidrat berdasarkan ukuran molekulnya dibedakan menjadi tiga yaitu :

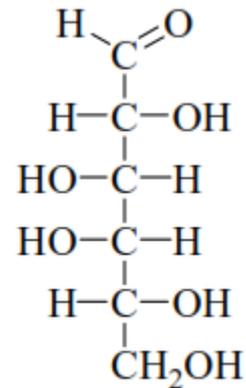
- a. Monosakarida ; karbohidrat yang tersederhana yang tidak dapat dihidrolisis menjadi molekul karbohidrat yang lebih kecil. Contohnya glukosa, fruktosa, galaktosa. Glukosa disebut juga gula darah (karena dijumpai dalam darah), gula anggur (dijumpai dalam buah anggur), atau dekstrosa (karena memutar bidang polarisasi). Glukosa yang merupakan monosakarida penyusun sukrosa, laktosa, maltosa dan pati dapat diubah oleh mamalia menjadi glukosa yang menjadi sumber energi bagi organisme atau disimpan sebagai glikogen yang merupakan cadangan energi. Karbohidrat yang berlebih dapat diubah menjadi lemak, steroid (seperti kolesterol) dan secara terbatas dapat diubah menjadi protein. Fruktosa disebut juga levulosa karena dapat memutar bidang polarisasi ke kiri. Fruktosa terdapat dalam buah-buahan dan madu. Galaktosa merupakan monosakarida penyusun laktosa, suatu gula susu, yang terikat bersama dengan glukosa.



D-glukosa



D-fruktosa

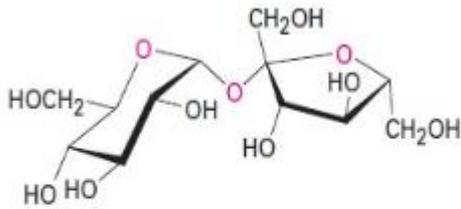


D-galaktosa

Berdasarkan jumlah atom C pada monosakarida dibedakan :

1. triosa : monosakarida terkecil dengan tiga atom C, yaitu gliseraldehida dan dihidroksi aseton.
2. tetrosa : terdiri dari 4 atom C misalnya eritrosa
3. pentosa : terdiri dari 5 atom C misalnya ribosa
4. heksosa : terdiri dari 6 atom C misalnya glukosa
5. heptosa : terdiri dari 7 atom C, dan seterusnya.

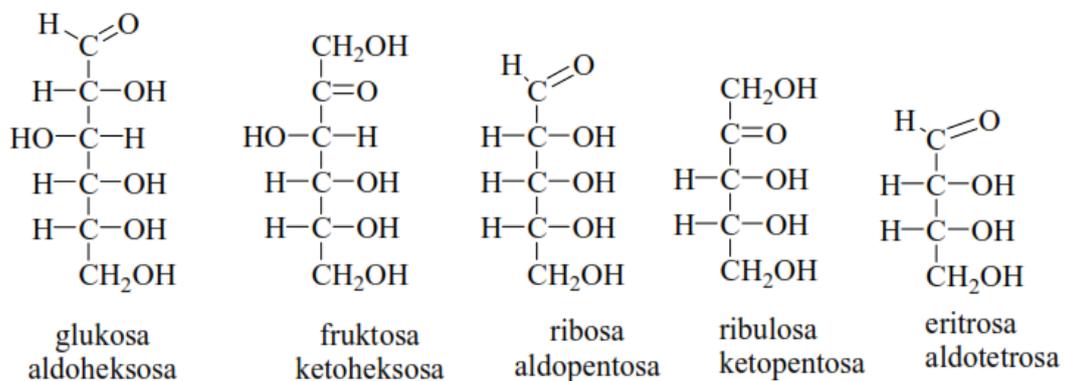
b. Oligosakarida ; karbohidrat terdiri dua sampai delapan satuan monosakarida. karbohidrat yang terdiri dari dua molekul monosakarida disebut dengan disakarida. Contohnya sukrosa, laktosa, maltosa. Disakarida adalah monosakarida yang dihubungkan dengan ikatan glikosidik dari karbon 1 satu monosakarida ke gugus OH dari monosakarida lainnya. Ikatan ini merupakan ikatan α dan β , yaitu 1,4'- α atau 1,4' β . Sukrosa merupakan gula pasir yang merupakan disakarida yang tersusun dari glukosa dan fruktosa. Laktosa disebut juga gula susu yang komposisi kimianya terdiri dari dua monosakarida glukosa dan galaktosa. Maltosa banyak digunakan dalam makanan bayi dan susu bubuk. Maltosa merupakan disakarida yang terdiri dari glukosa yang diperoleh dari hidrolisis dari pati. Enzim α -glukosidase merupakan enzim yang bertindak sebagai katalis dalam reaksi hidrolisis maltosa menjadi glukosa.



sukrosa

c. Polisakarida ; karbohidrat yang tersusun lebih dari delapan satuan monosakarida. Polisakarida adalah senyawa yang tersusun dari banyak molekul monosakarida yang dihubungkan dengan ikatan glikosida. Selulosa dan kitin merupakan contoh polisakarida yang berfungsi sebagai bahan bangunan. Selulosa menjadi komponen dalam dahan dan kayu dari tanaman, sedangkan kitin menjadi komponen dalam struktur kerangka luar serangga. Pati merupakan contoh polisakarida yang menjadi sumber nutrisi. Heparin merupakan contoh polisakarida yang mempunyai fungsi spesifik yaitu mencegah koagulasi darah. Berdasarkan gugus yang dikandungnya dibedakan :

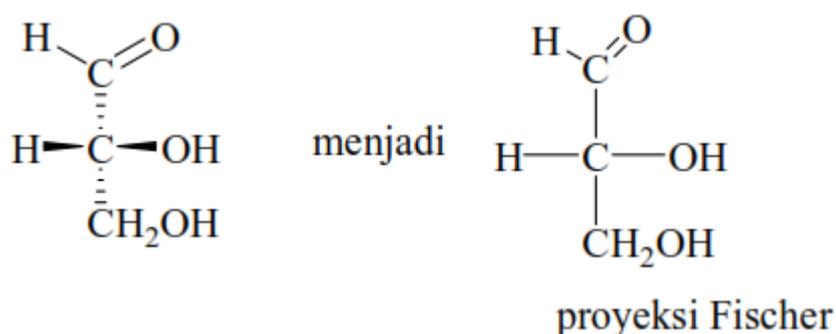
- a. Aldosa : mengandung gugus aldehid, misalnya glukosa.
- b. ketosa : mengandung gugus keton, misalnya fruktosa. Ketosa-ketosa sering diberi akhiran -ulosa. Fruktosa merupakan suatu contoh heksulosa (ketosa enam karbon).



B. KONFIGURASI MONOSAKARIDA

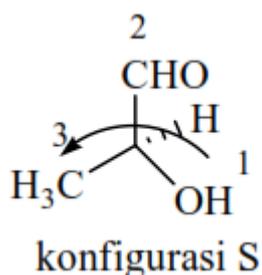
1. Proyeksi Fischer dan Konfigurasi R/S

Karbohidrat memiliki atom-atom karbon kiral. Emil Fischer (1891) membuat suatu proyeksi tetrahedral dari karbohidrat dalam bidang datar. Di alam, molekul berada dalam bentuk tiga dimensi, proyeksi fischer menggambarkan bentuk tiga dimensi molekul ini menjadi bentuk dua dimensi dalam bidang datar. Proyeksi fischer ini untuk menunjukkan penataan gugus-gugus di sekitar atom karbon kiral. Karbon kiral atau karbon asimetrik adalah karbon yang mengikat empat gugus yang berlainan. Molekul-molekul kiral yang tidak dapat dihimpitkan pada bayangan cerminnya merupakan senyawa enantiomer.



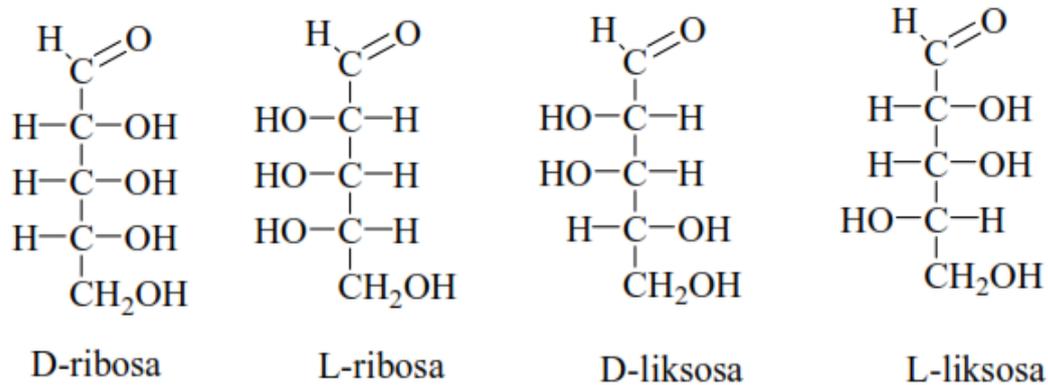
Penamaan untuk enantiomer menggunakan konfigurasi R/S. R berarti rectus (kanan) dan S adalah sinister (kiri). Pusat atom kiral diberi nama R atau S berdasarkan aturan ChanIngold-prelog (CIP), dimana keempat gugus diurutkan berdasarkan prioritasnya. Nomor 1 adalah gugus dengan nomor atom terbesar dan nomor 4 adalah gugus dengan nomor atom terkecil. Jika urutan no 1-4 searah jarum jam maka disebut konfigurasi R, sebaliknya jika berlawanan arah jarum jam disebut S. penamaan dengan R atau S dapat ditentukan dengan beberapa langkah :

- 1) tentukan prioritas tiap gugus
- 2) letakkan gugus yang prioritasnya paling kecil sedemikian rupa sehingga gugus ini akan berada di belakang.
- 3) Tentukan arah rotasi dari gugus yang paling tinggi prioritasnya ke gugus dengan prioritas tinggi berikutnya 1 → 2 → 3, bila searah jarum jam berarti konfigurasi R dan bila berlawanan adalah S.



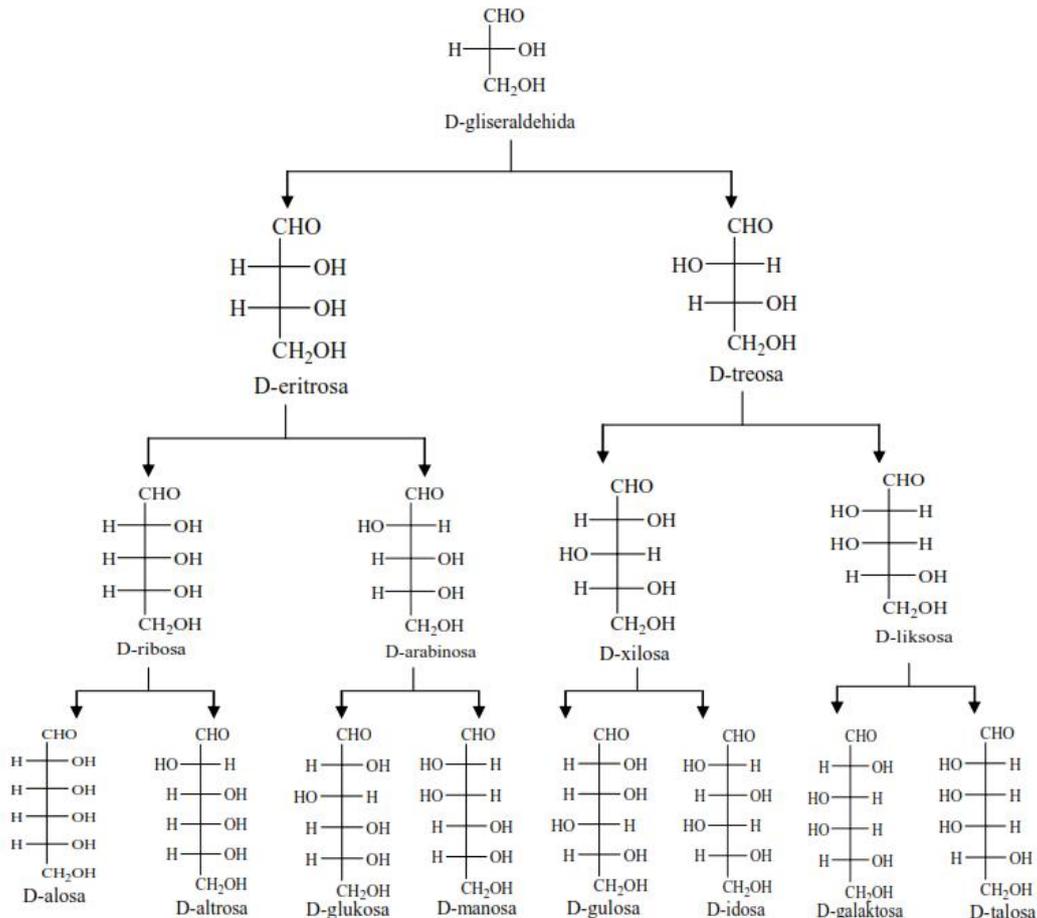
2. Konfigurasi D dan L pada monosakarida

Untuk memberikan tanda D atau L yang digunakan sebagai patokan adalah letak terikatnya gugus OH pada atom karbon kiral terbesar (karbon kiral terjauh dari karbon 1). Suatu monosakarida anggota deret D jika hidroksil pada karbon kiral yang terjauh dari karbon 1 terletak di sebelah kanan dalam proyeksi Fischer. Bila hidroksil pada karbon kiral terjauh dari karbon 1 terletak pada sebelah kiri maka monosakarida tersebut merupakan anggota deret L.



3. Konfigurasi aldoheksosa

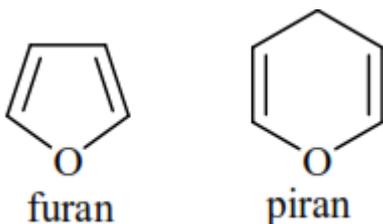
Glukosa mempunyai enam atom karbon, empat diantaranya bersifat kiral (karbon 2, 3, 4, dan 5). Proyeksi Fischer dari semua D-aldosa dari D-gliseraldehida sampai dengan Daldoheksosa dipaparkan dalam gambar di bawah ini. Dimulai dari triosa, yaitu dgliseraldehida yang menghasilkan sepasang tetrosa. Tiap tetrosa menghasilkan sepasang pentosa, dan tiap pentosa menghasilkan sepasang heksosa.



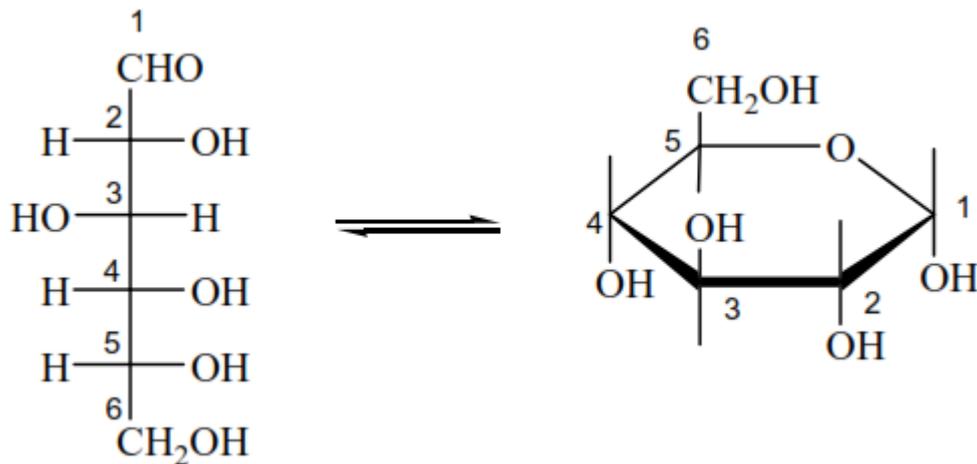
C. MONOSAKARIDA BENTUK SIKLIK

Glukosa mempunyai suatu gugus aldehida pada karbon 1 dan gugus hidroksil pada karbon 4 dan 5 (seperti juga pada karbon 2,3 dan 6). Reaksi umum antara alcohol dan aldehida ialah pembentukan hemiasetal. Dalam larutan air glukosa dapat bereaksi intramolekul untuk menghasilkan hemiasetal siklik, baik hemiasetal cincin lima anggota atau hemiasetal cincin enam anggota.

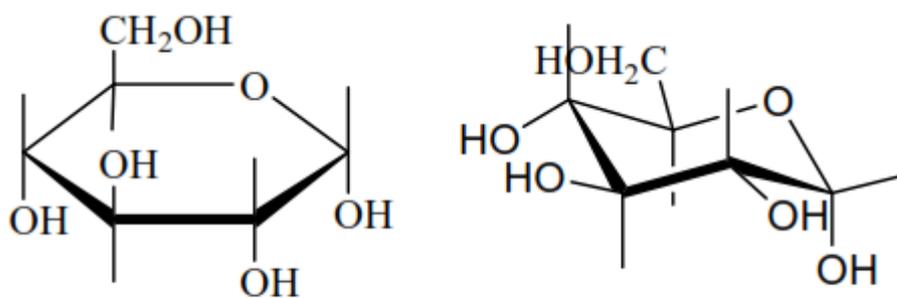
Monosakarida dalam bentuk hemiasetal cincin lima anggota disebut furanosa dari nama furan, senyawa heterosiklik oksigen lima anggota. Monosakarida bentuk hemiasetal cincin enam anggota disebut piranosa dari nama piran. Contoh penamaannya, Dglukopiranosa dari D-glukosa atau D-fruktofuranosa dari fruktosa.



Pemaparan struktur siklik gula lebih baik dikembangkan rumus perspektif Haworth. Pada rumus Haworth gugus CH₂OH ditempatkan di atas bidang cincin untuk deret-D, dan di bawah bidang cincin untuk deret -L. gugus yang berada di sebelah kanan pada proyeksi Fischer berada di sebelah bawah dalam proyeksi Haworth, gugus yang berada di sebelah kiri dalam proyeksi Fischer akan berada di sebelah atas dalam rumus Haworth.

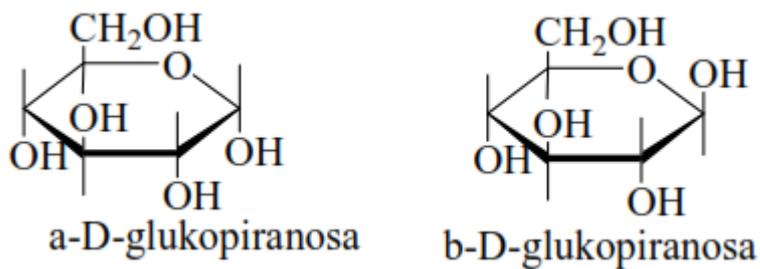


Selain dalam bentuk rumus haworth, cincin pironosa dapat juga digambarkan dalam bentuk rumus konformasi :



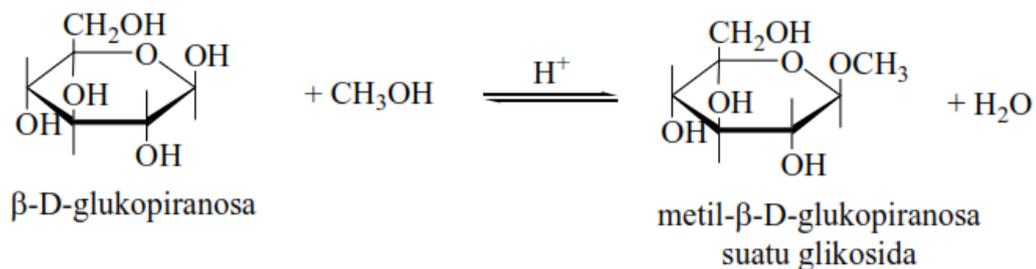
α -D-glukopiranososa

Pada pembentukan piranososa, gugus hidroksil pada karbon 5 dari glukosa akan menyerang karbon alhid (karbon-1) sehingga akan terbentuk gugus hemiasetal. Pada siklisasi ini akan terbentuk karbon kiral baru, yaitu karbon 1, sehingga akan dihasilkan dua diastereomer. Diastereomer adalah monosakarida yang berbeda pada konfigurasi karbon 1 yang disebut anomer satu sama lain. -OH pada karbon 1 yang diproyeksikan ke bawah disebut α -anomer, sedang OH yang diproyeksikan ke atas disebut β -anomer.

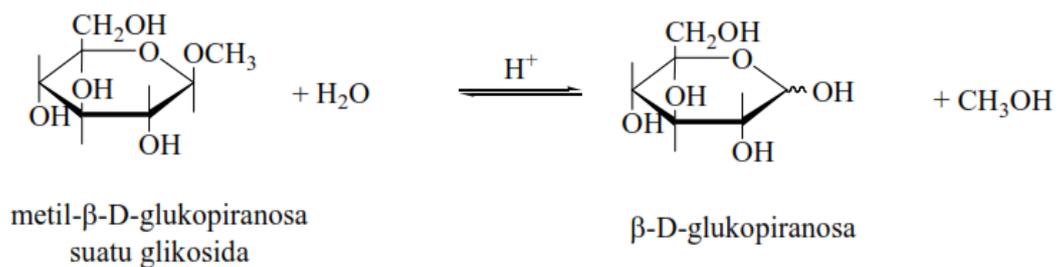


D. GLIKOSIDA

Bila suatu hemiasetal diolah dengan alkohol maka akan dihasilkan suatu senyawa asetal. Asetal yang terbentuk dari reaksi suatu glukopiranososa akan menghasilkan senyawa glikosida.



Glikosida dapat dihidrolisis menjadi bentuk hemiasetal bila direaksikan dengan asam dalam air.



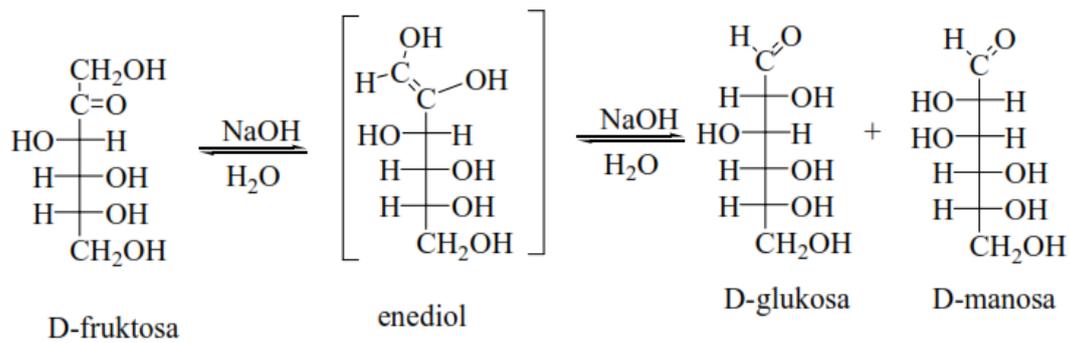
E. REAKSI MONOSAKARIDA

1. Oksidasi Monosakarida

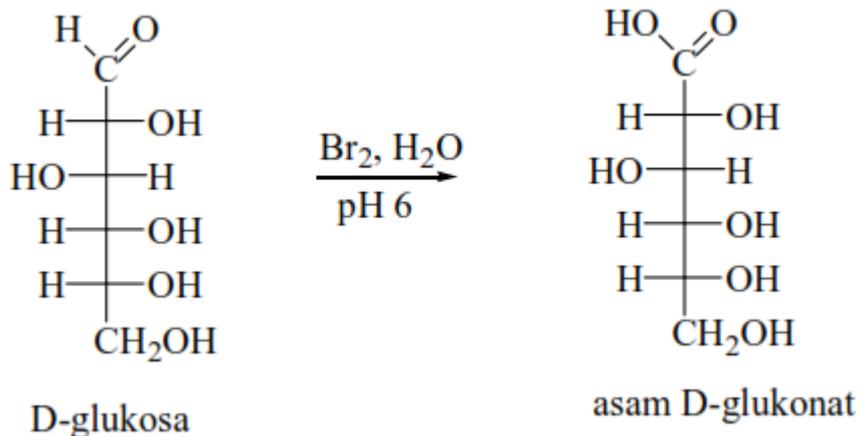
Gugus aldehida dapat dioksidasi menjadi gugus karboksil, Gula mempunyai gugus aldehyd. Salah satu zat pengoksidasi yang dapat mengoksidasi gula adalah reagensia Tollens, yaitu suatu larutan basa dari Ag(NH₃)₂⁺, gula yang mengalami oksidasi karena reagensia Tollens ini disebut sebagai gula pereduksi, karena gula dapat menyebabkan reduksi dari

zat pengoksidasi tersebut. Reaksi ini ditandai dengan terbentuknya cincin perak yang merupakan endapan dari Ag. Zat pengoksidasi yang lain yang dapat bereaksi dengan gula adalah reagensia Benedicts (Cu^+ dalam Natrium sitrat) dan reagensia Fehling (Cu^+ dalam Natrium tartrat).

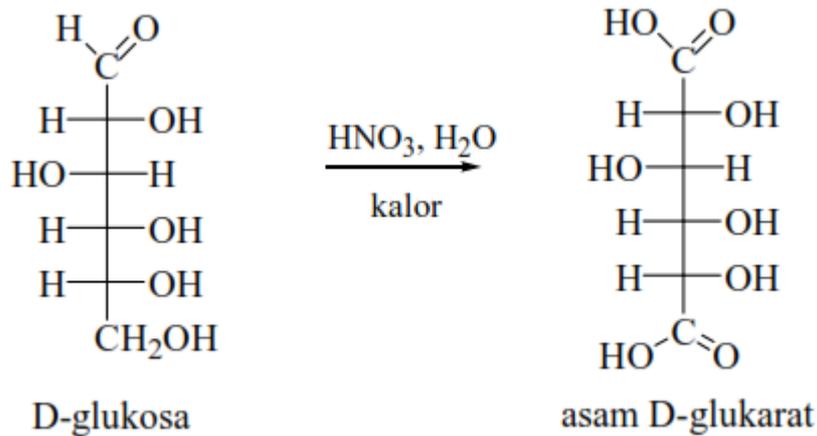
Fruktosa tidak memiliki gugus aldehid tetapi fruktosa juga merupakan gula pereduksi karena dalam suasana basa fruktosa berada dalam keseimbangan dengan dua aldehid diastereomerik.



Reagensia Tollens dapat mengoksidasi suatu aldosa menjadi asam aldonat, tetapi kondisi basa dapat menyebabkan dekomposisi dari karbohidrat. Sehingga untuk mendapatkan hasil asam aldonat yang lebih mudah dan murah dapat digunakan pereaksi larutan brom (Br). Reaksi oksidasi dengan larutan brom spesifik untuk aldosa, ketosa tidak dapat bereaksi dengan Br_2 .



Bila oksidasi monosakarida menggunakan suatu zat pengoksidasi kuat seperti HNO_3 maka gugus hidroksil ujung dan gugus aldehyd pada monosakarida akan dioksidasi menjadi karboksilat.



2. Reduksi monosakarida

Reduksi aldosa atau ketosa dapat dilakukan dengan zat pereduksi seperti hidrogen dan katalis atau suatu hidrida logam. Hasil reduksi berupa polialkohol yang disebut alditol. Produk reduksi D-glukosa disebut D-glusitol atau sorbitol.

