



www.esaunggul.ac.id

**KES 119-KARBOHIDRAT
PERTEMUAN-3**

**Dr. Sri Teguh Rahayu, N. Farm., Apt
Program Studi Farmasi FIKES**

KEMAMPUAN AKHIR YANG DIHARAPKAN

- Mahasiswa mampu menjelaskan fungsi karbohidrat bagi tubuh.
- Mahasiswa mampu menggambarkan struktur karbohidrat berdasarkan penggolongannya.
- Mahasiswa mampu menggambarkan struktur stereoisomer karbohidrat.
- Mahasiswa mampu menggambarkan pembentukan ikatan glikosidik pada karbohidrat.

Apa karbohidrat ?

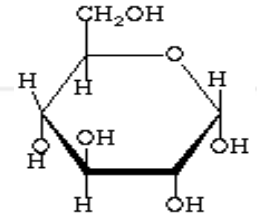
- Diproduksi oleh tanaman selama proses fotosintesis
- Setelah kita makan makanan dari tumbuhan, maka di dalam tubuh manusia karbohidrat akan di ubah menjadi glukosa.
- Glukosa :
 - Bentuk karbohidrat yang paling banyak.
 - Sumber energi utama untuk otak, darah dan sistem saraf.

- Karbohidrat adalah senyawa polihidroksi aldehyd atau polihidroksi keton. Oleh karena itu karbohidrat mempunyai dua gugus fungsional yang penting :
 - Gugus hidroksil
 - Gugus keton/aldehyd

Klasifikasi Karbohidrat

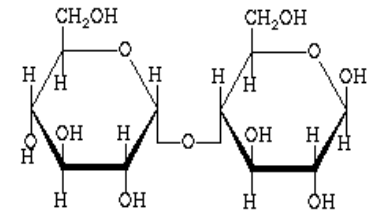
- Karbohidrat sederhana

- Monosakarida : Karbohidrat yang paling sederhana dan tidak dapat dihidrolisis lebih lanjut

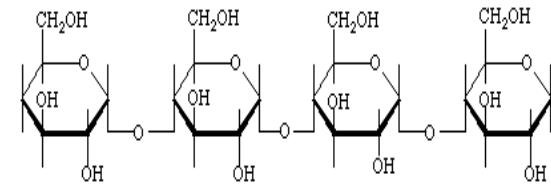


- Disakarida : Karbohidrat yang mengandung 2 satuan monosakarida

- Kadang lebih manis dari karbohidrat kompleks
- Bercampur dengan saliva dan bereaksi pada pengecap

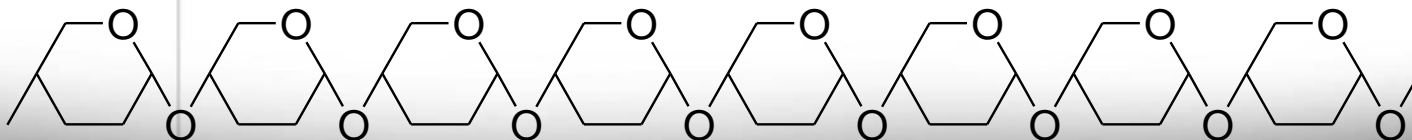


- Oligosakarida : Karbohidrat yang jika dihidrolisis menghasilkan 3 – 10 satuan monosakarida



- Karbohidrat kompleks

- Polisakarida : Karbohidrat yang jika dihidrolisis menghasilkan banyak satuan monosakarida



Monosakarida

- 3 monosakarida penting
 - glukosa
 - fruktosa
 - galaktosa

MONOSAKARIDA

- Glukosa
 - Glukosa darah dan gula darah di dalam tubuh
 - Merupakan monosakrida paling banyak yang ada di dalam tubuh.
 - Merupakan sumber energi utama untuk otak dan sel darah merah.
 - Bagian dari tiap disakarida
 - Hanya bentuk monosakrida yang ada di dalam tepung .

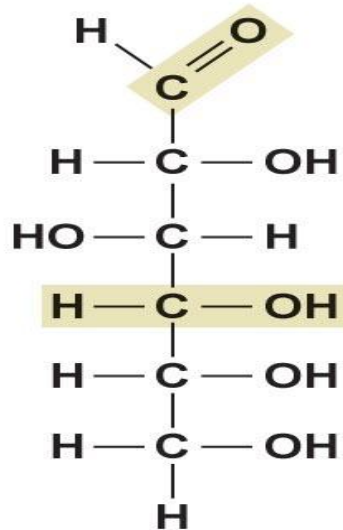
Monosakarida

- **Fruktosa**
 - Gula pemanis alami
 - Ditemukan paling banyak di dalam buah-buahan
 - Bagian paling besar dari sirup jagung
- **Galaktosa**
 - Umumnya merupakan bagian dari disakarida (laktosa)

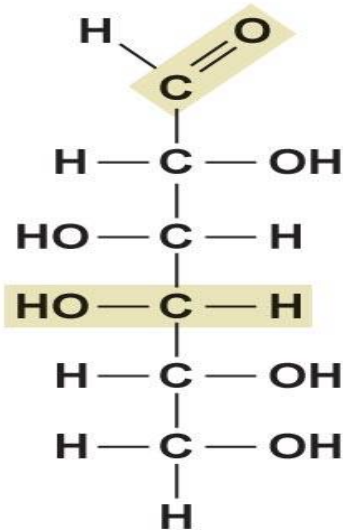
Perbedaan struktur glukosa, galaktosa dan fruktosa

Hexose sugars (C₆H₁₂O₆)

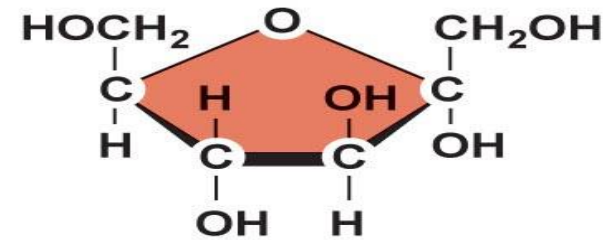
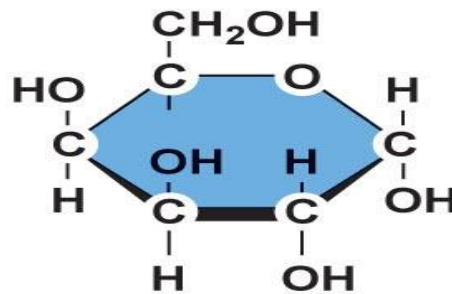
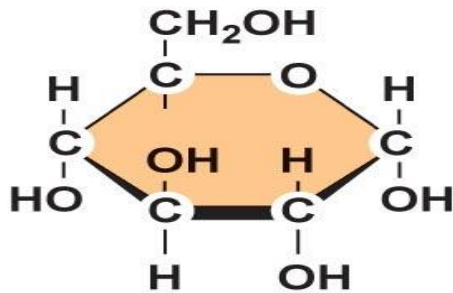
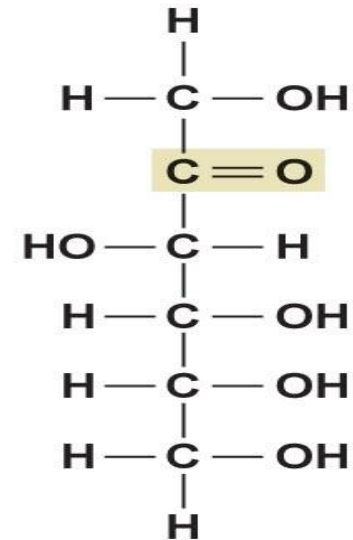
Glucose



Galactose



Fructose



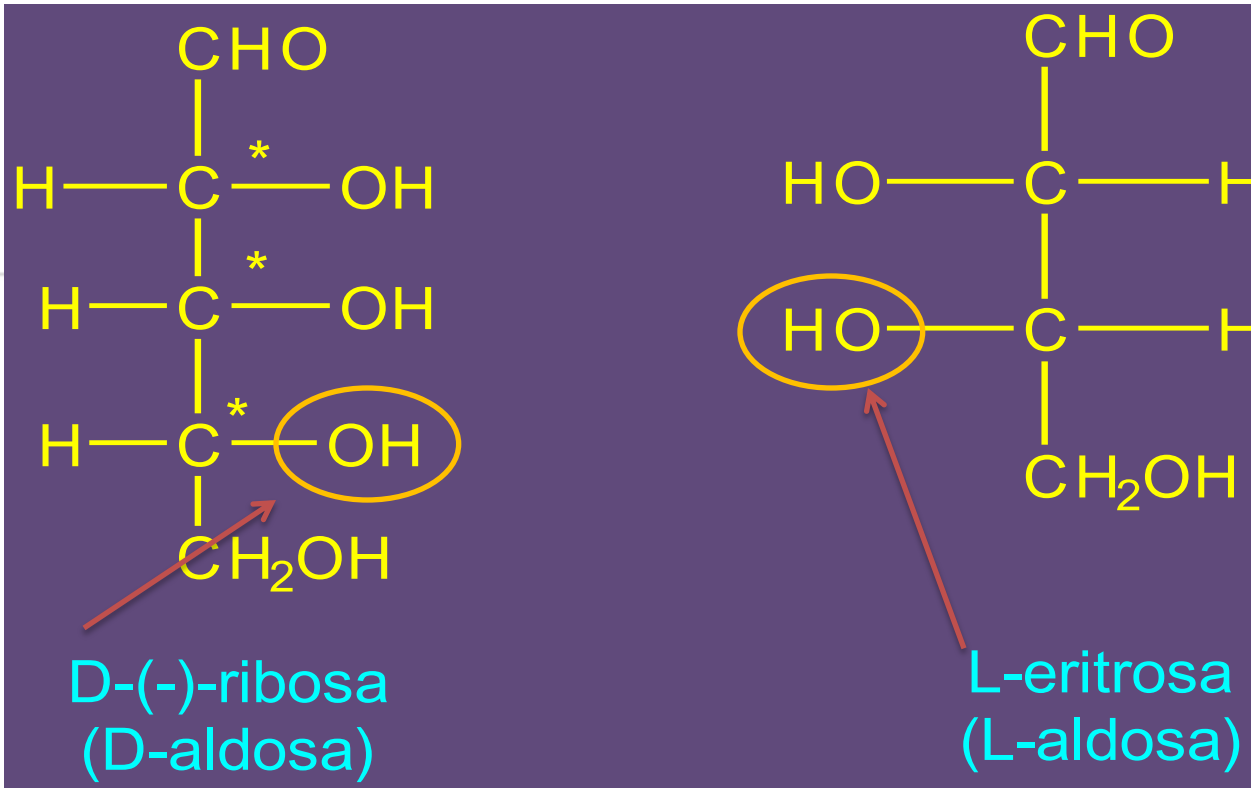
Monosakarida

- Satuan karbohidrat yang paling sederhana dengan rumus $C_nH_{2n}O_n$ dimana $n = 3 - 8$: $C_3H_6O_3$: triosa
 $C_4H_8O_4$: tetrosa dan seterusnya.
- **Macam-macam monosakarida**
 - a. Aldosa : monosakarida yang mengandung gugus aldehid
Contoh : Gliseraldehid

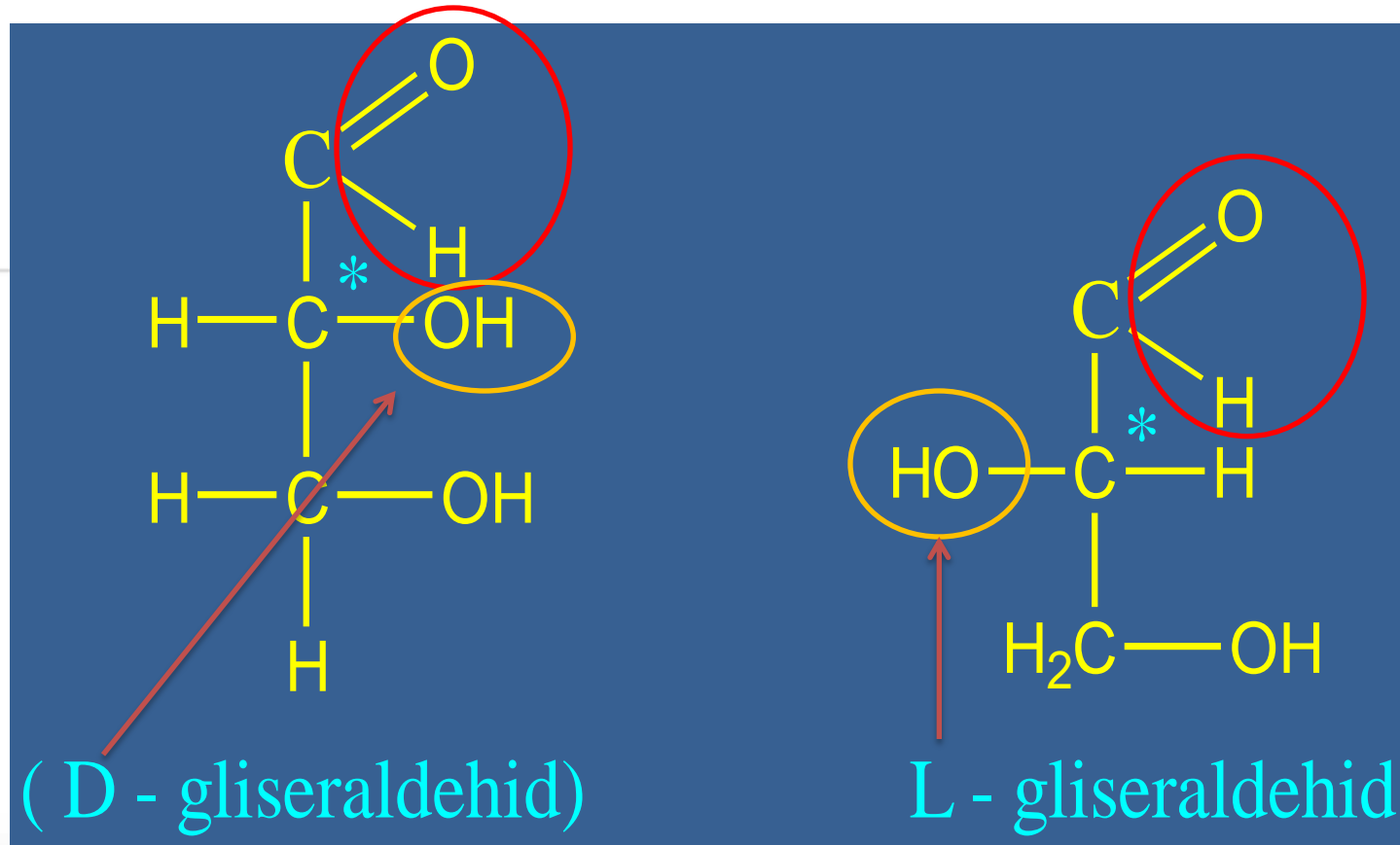
Penamaan Monosakarida D, L

- Monosakarida diberi nama **D** jika gugus -OH pada atom C* terletak disebelah kanan.
- Monosakarida diberi nama **L** jika gugus OH pada atom C* tersebut berada disebelah kiri.

Contoh

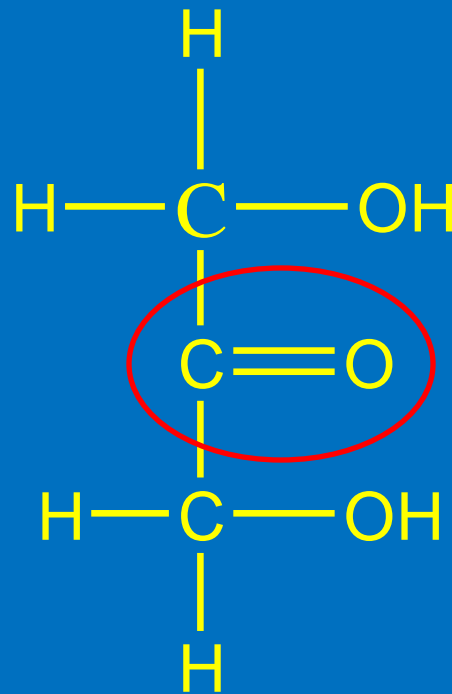


Contoh : Gliseraldehida



b. Ketosa : monosakarida yang mengandung gugus keton

- Contoh : Dihidroksiaseton



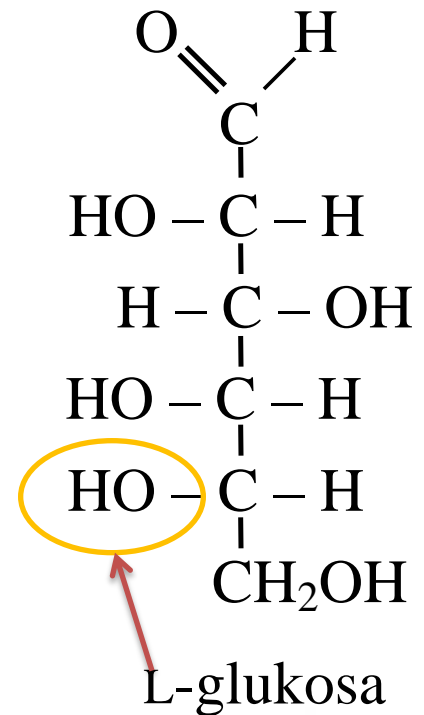
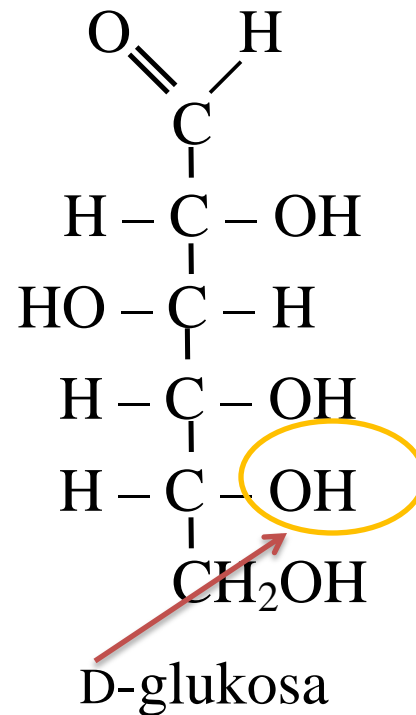
Proyeksi Fisher

Penamaan D, L monosakarida

Penamaan Gula

Untuk gula dengan atom C asimetrik lebih dari 1, notasi **D** atau **L** ditentukan oleh atom **C** asimetrik terjauh dari gugus aldehida atau keto.

Gula yang ditemui di alam adalah dalam bentuk isomer D.

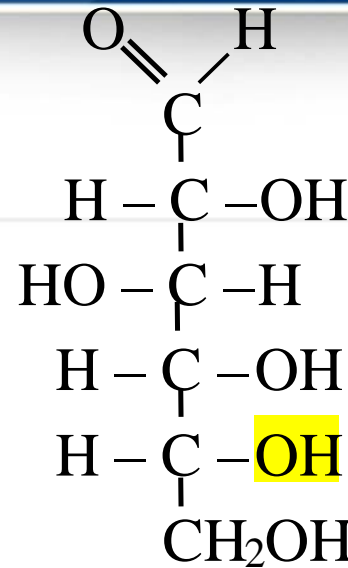


Gula dalam bentuk D merupakan bentuk

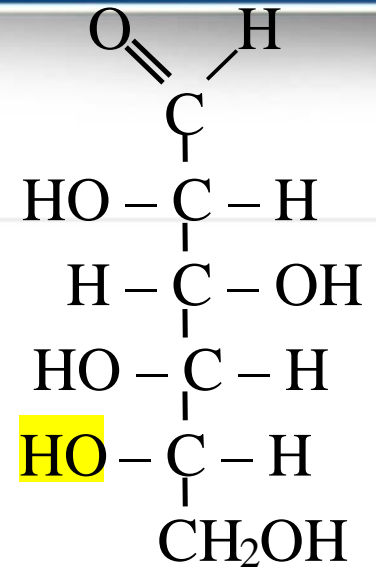
dari gula dalam

bentuk L.

Kedua gula tersebut memiliki nama yang sama, misalnya D-glukosa & L-glukosa.



D-glukosa



L-glukosa

Stereoisomers

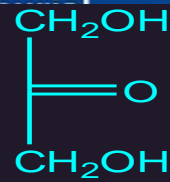
memiliki nama

misalnya glukosa, manosa, galaktosa, dll.

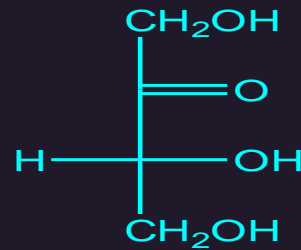
Jumlah stereoisomer adalah 2^n , dengan n adalah jumlah pusat asimetrik.

Aldosa dengan 6-C memiliki 4 pusat asimetrik, oleh karenanya memiliki 16 stereoisomer (8 gula berbentuk D dan 8 gula berbentuk L).

Turunan D-ketosa



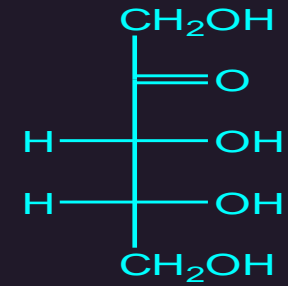
Dihidroksiaseton



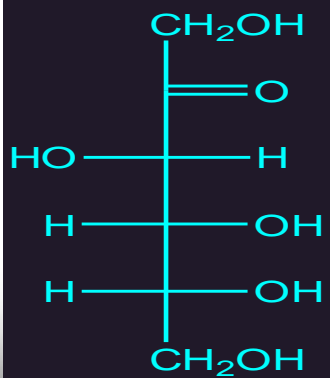
D-eritulosa



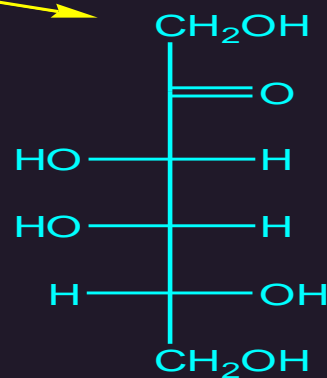
D-ribulosa



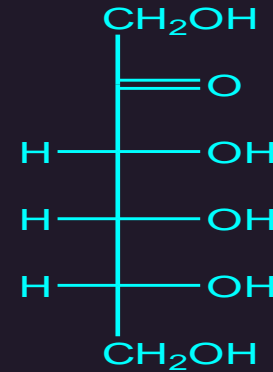
D-xilulosa



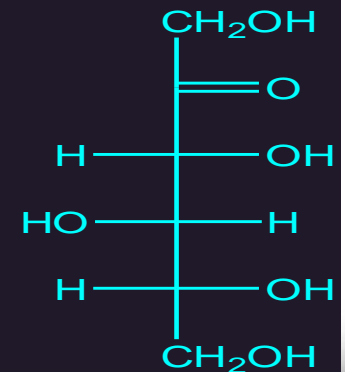
D-psikosa



D-sorbosa

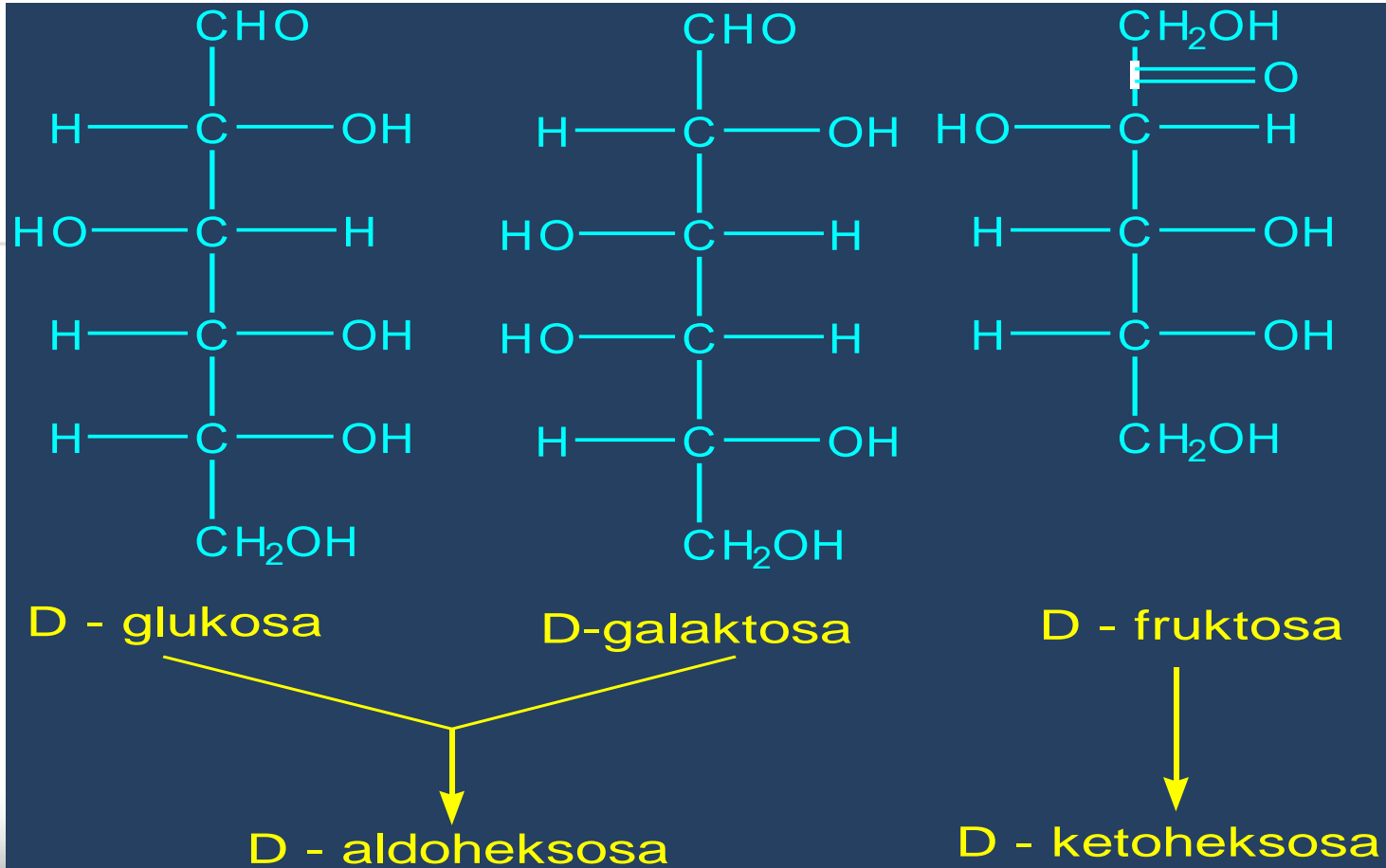


D-fruktosa



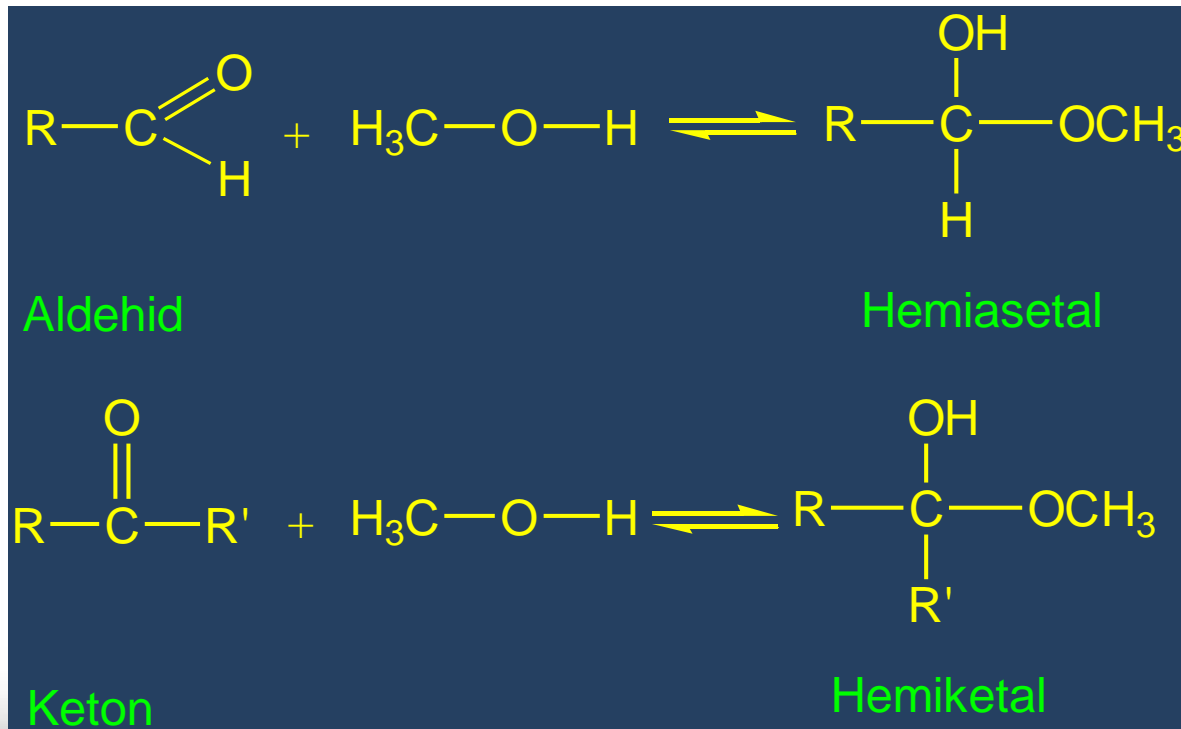
D-tagatosa

Heksosa yang paling banyak di alam :



Struktur siklis Monosakarida

- Aldehid dan keton dapat bereaksi dengan alcohol membentuk hemiasetal atau hemiketal.



Struktur siklis Monosakarida

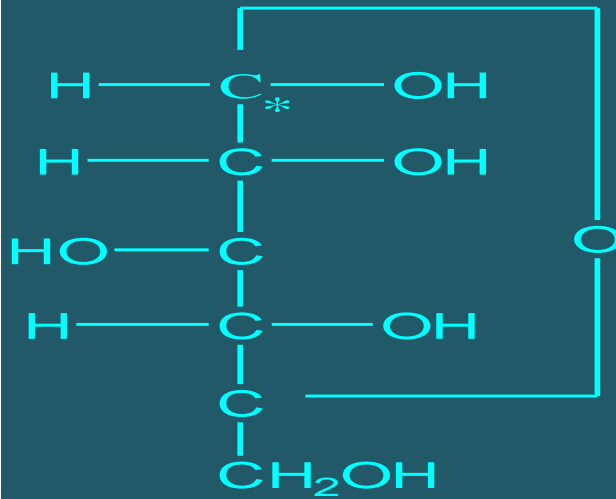
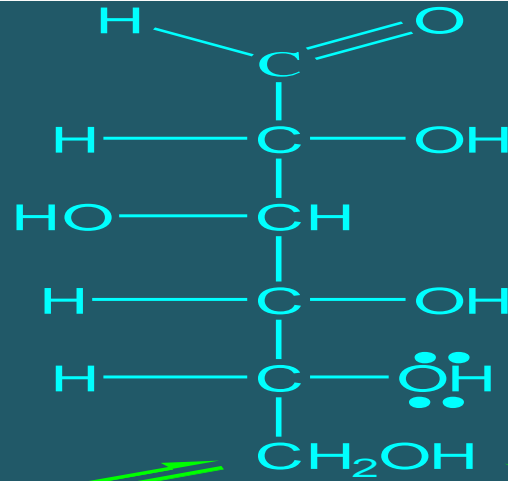
- Hemiasetal atau hemiaketal siklis terbentuk jika gugus keton/aldehid dan alkohol terdapat dalam 1 molekul.
- Contoh : 4 – hidroksipentanal



Struktur siklis Monosakarida

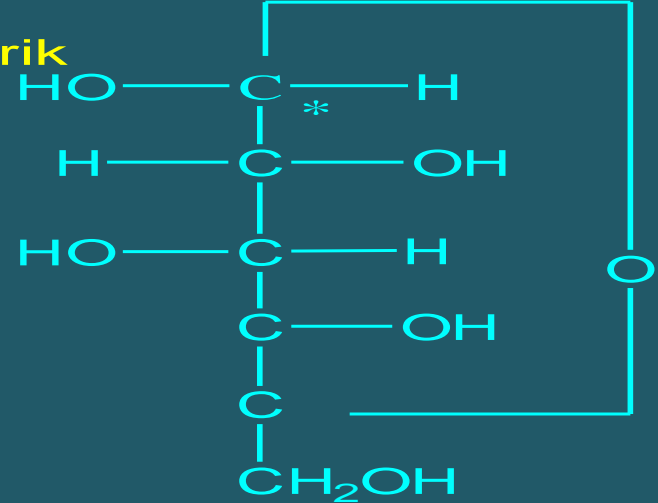
- Monosakarida mempunyai gugus carbonil (aldehid/keton) dan gugus hidroksil dalam tiap molekulnya. Oleh karena itu monosakarida dapat membentuk hemiasetal atau hemiketal siklis.
- Misal : glukosa

Contoh : Glukosa



α - glukosa
 $[\alpha] = + 112^\circ$

karbon anomerik



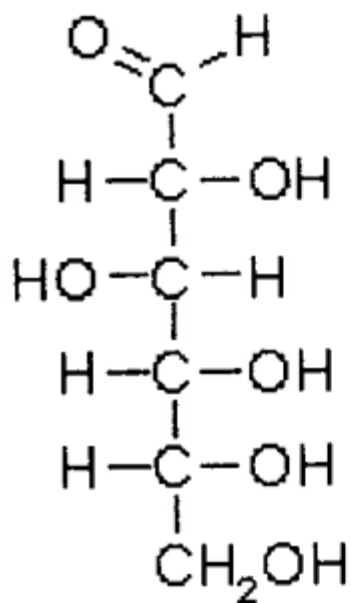
β - glukosa
 $[\alpha] = + 19^\circ$

Struktur siklis Monosakarida

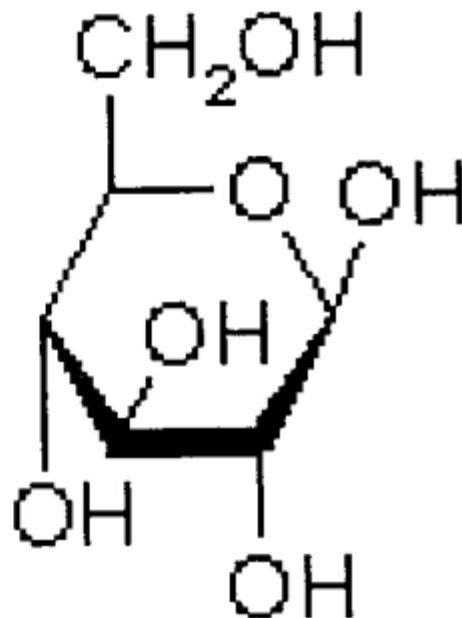
- Pada glukosa, hemiasetal – siklis terbentuk antara gugus aldehid pada C - 1 dengan gugus – OH pada C – 5 sehingga membentuk cincin – 6 yang stabil.
- Dalam bentuk hemiasetal siklis atom C – 1 bersifat kiral → karbon asimetri/anomerik sehingga memberikan 2 kemungkinan struktur isomer D – glukosa : α - D – glukosa dan β - D – glukosa dimana sifat keduanya sangat berbeda.

Stereokimia Monosakarida

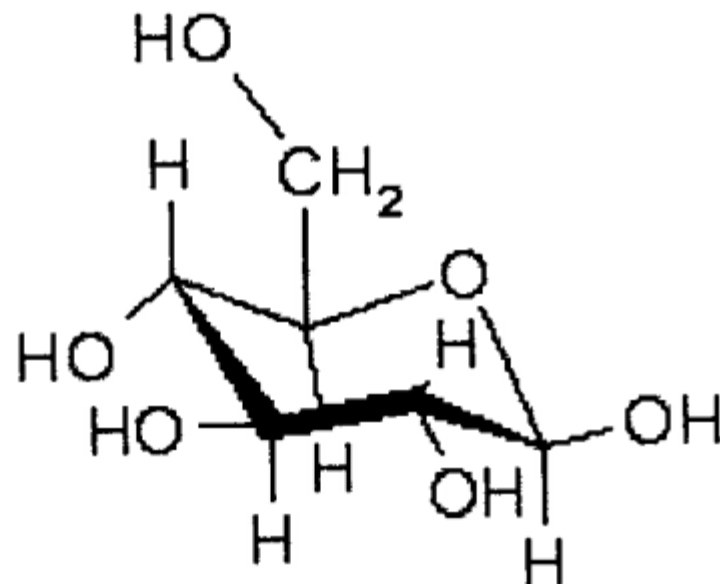
- Struktur glukosa atau karbohidrat yang lain dapat digambarkan dalam 3 bentuk stereokimia :
 - Proyeksi Fisher: rantai lurus (linier)
 - Proyeksi Haworth: siklik/cincin sederhana
 - Konformasi: konfigurasi kursi dan perahu



D-Glucose,
Fischer projection



β -D-glucopyranose,
Haworth projection

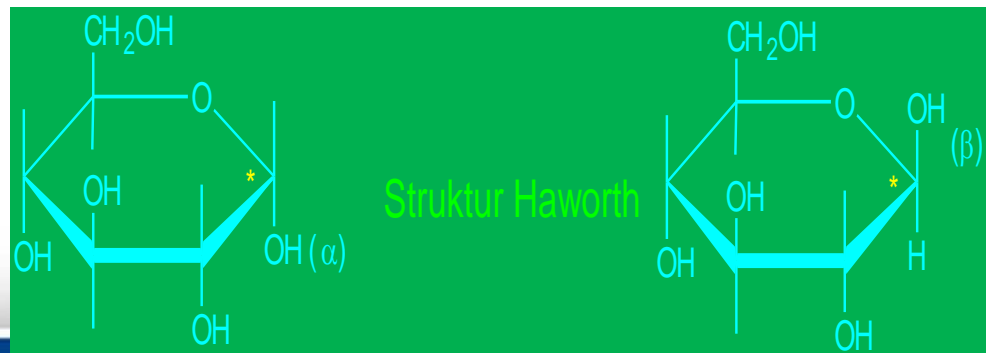
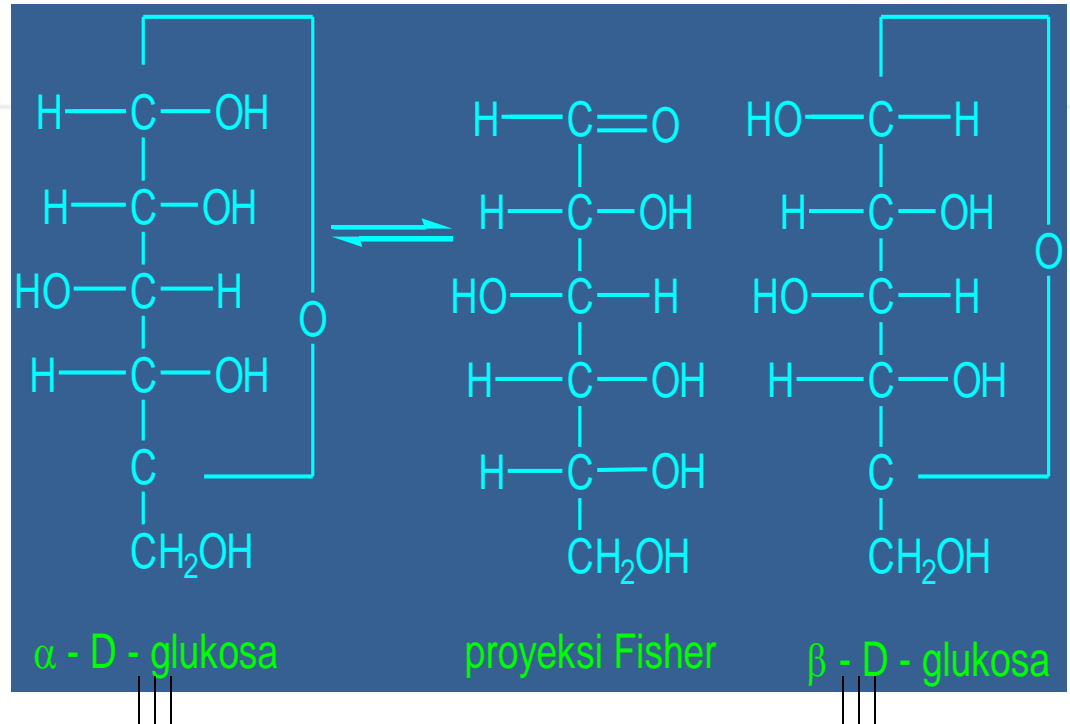


β -D-glucopyranose,
cyclohexane projection

Proyeksi Fisher dan Struktur Haword

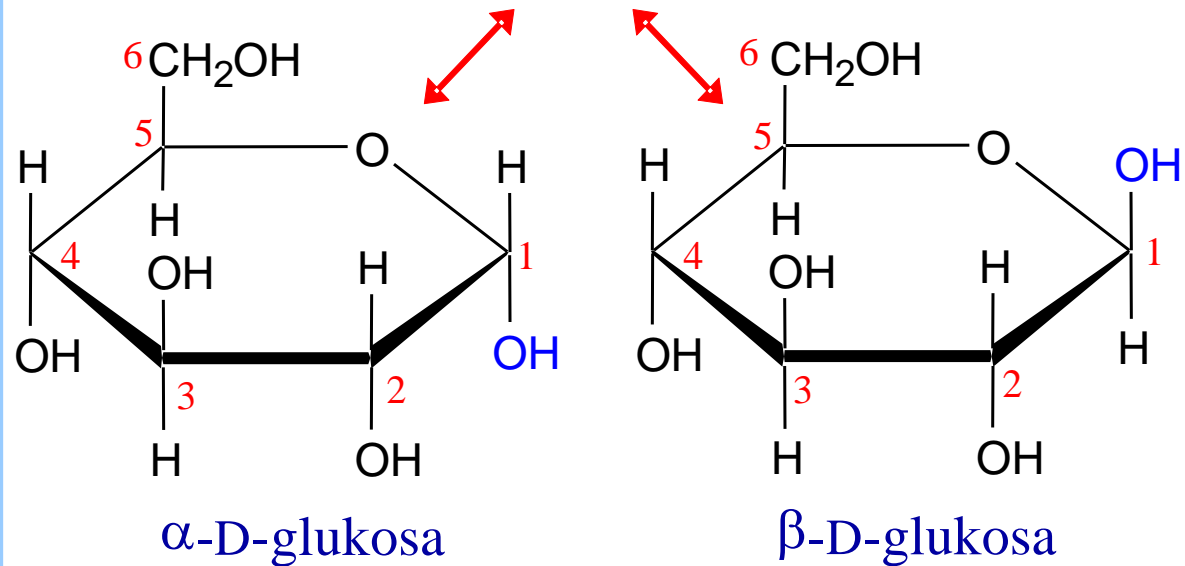
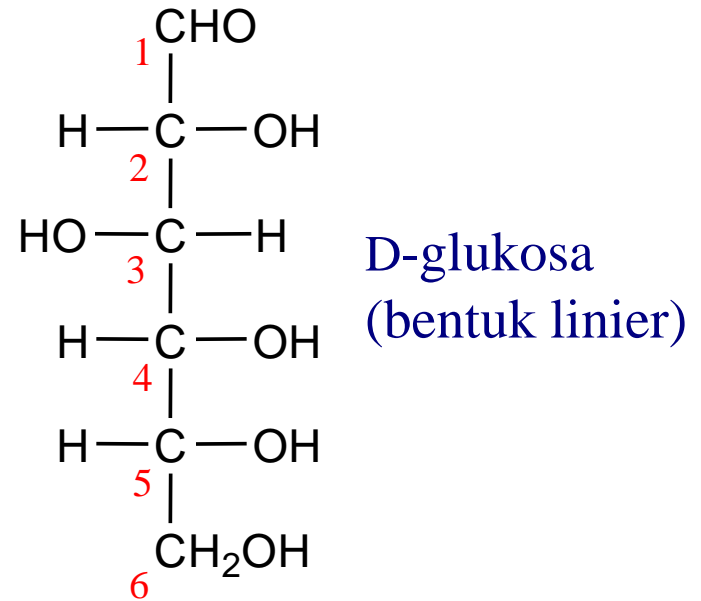
Pentosa dan heksosa dapat membentuk struktur siklik melalui reaksi gugus keton atau aldehida dengan gugus OH dari atom C asimetrik terjauh.

Glukosa membentuk hemiasetal intra-molekular sebagai hasil reaksi aldehida dari C1 & OH dari atom C5, dinamakan cincin piranosa.

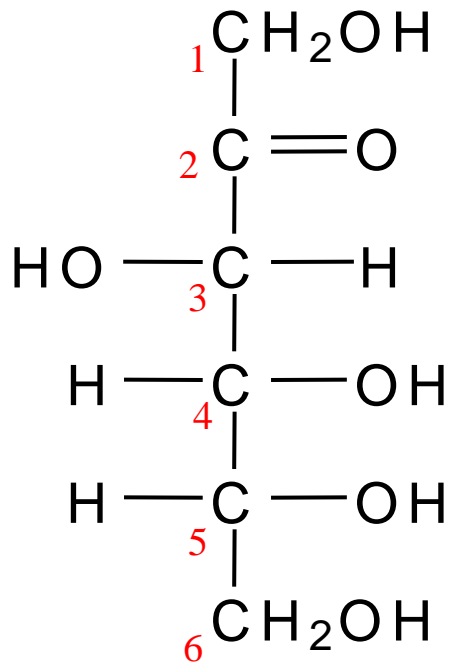


Pentosa dan heksosa dapat membentuk struktur **siklik** melalui reaksi gugus keton atau aldehida dengan gugus OH dari atom C asimetrik terjauh.

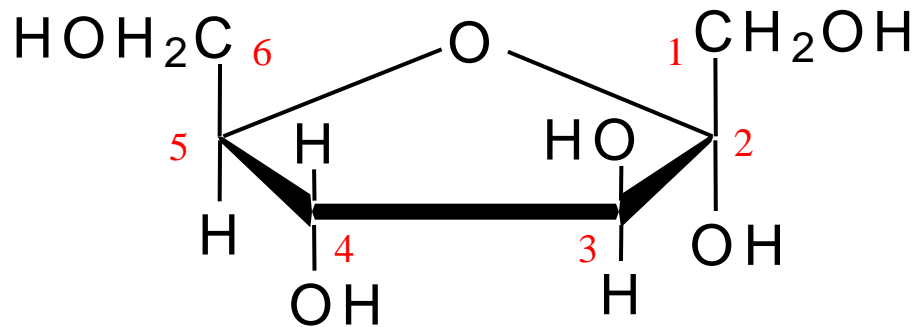
Glukosa membentuk hemiasetal intra-molekular sebagai hasil reaksi aldehida dari C1 & OH dari atom C5, dinamakan **piranosa**.



Penampilan dalam bentuk gula siklik disebut proyeksi **Haworth**.



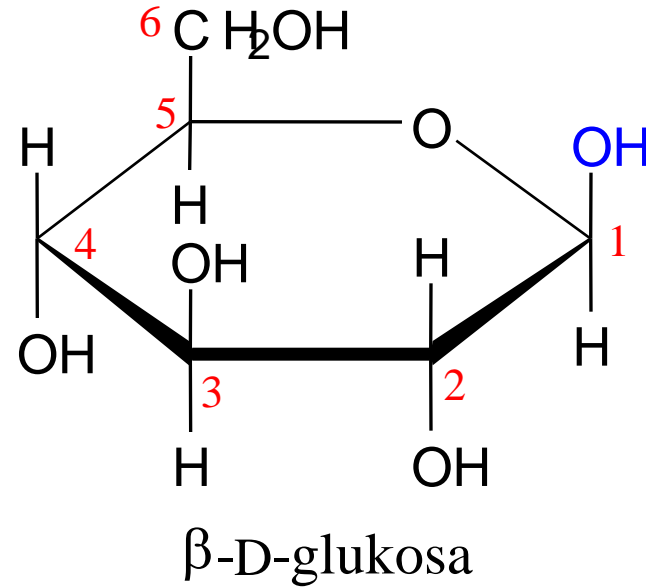
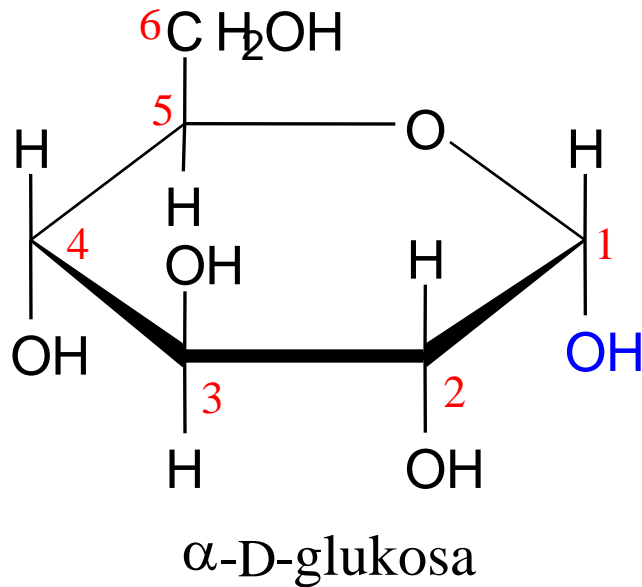
D-fruktosa (linear)



α -D-fruktofuranosa

Fruktosa dapat membentuk

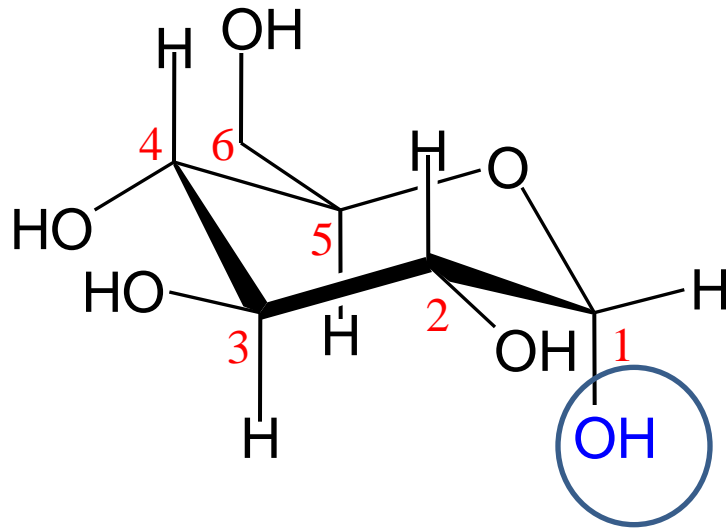
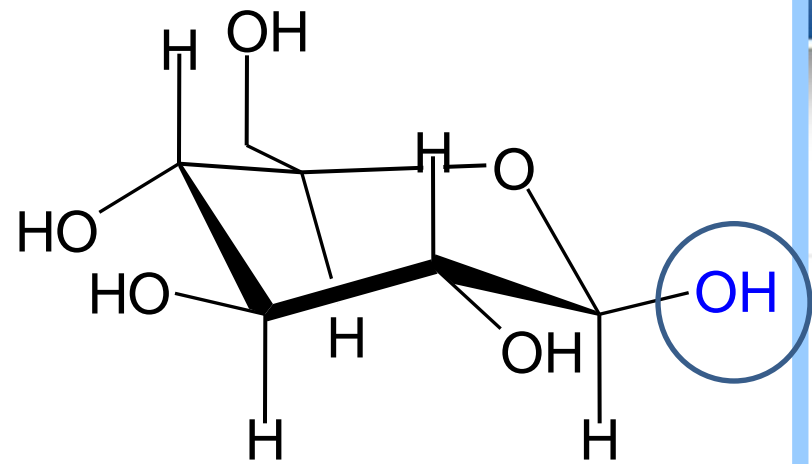
- ◆ Cincin **piranosa**, melalui reaksi antara gugus keto atom C2 dengan OH dari C6.
- ◆ Cincin **furanosa**, melalui reaksi antara gugus keto atom C2 dengan OH dari C5.



Pembentukan cincin siklik glukosa menghasilkan **pusat asimetrik** baru pada atom **C1**. Kedua stereoisomer disebut **anomer**, α & β .

Proyeksi Haworth menunjukkan bentuk cincin dari gula dengan perbedaan pada posisi OH di C1 anomerik :

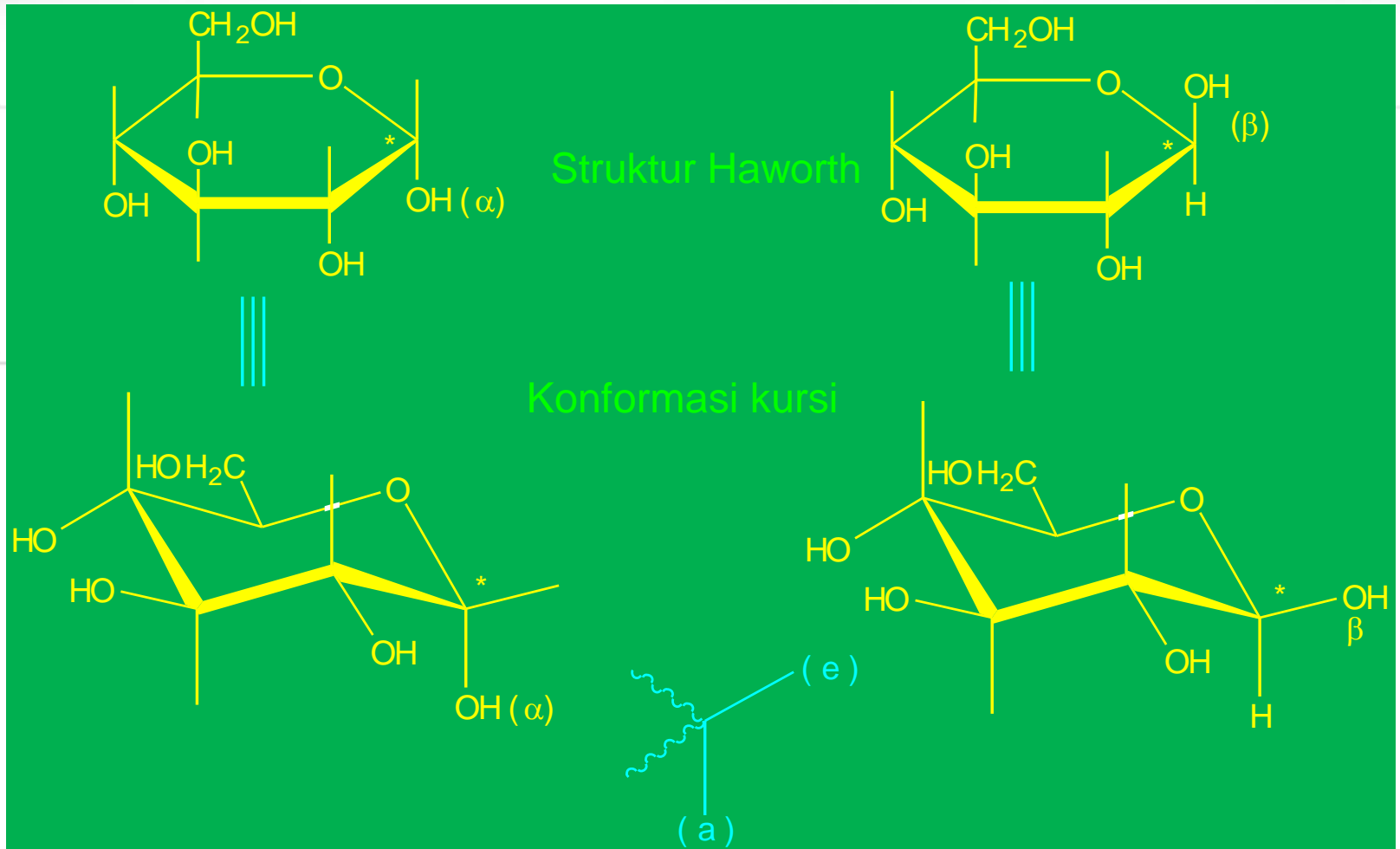
- ◆ α (OH **di bawah** struktur cincin)
- ◆ β (OH **di atas** struktur cincin).

 α -D-glukopiranososa β -D-glukopiranososa

Karena sifat ikatan karbon yang berbentuk tetrahedral, gula piranososa membentuk konfigurasi “kursi” atau “perahu”, tergantung dari gulanya.

Penggambaran konfigurasi kursi dari glukopiranososa di atas lebih tepat dibandingkan dengan proyeksi Haworth.

Struktur Haworth dan Konformasi Kursi



Sifat-sifat Fisik Monosakarida

- + Padatan kristal tidak berwarna
- + Larut dalam air → ikatan hidrogen
- + Sedikit larut dalam alkohol
- + Tidak larut dalam eter, kloroform, benzena
- + Rasanya manis. Diantara monosakarida → fruktosa yang paling manis

Tingkat kemanisan monosakarida dan disakarida

Monosakarida

- D – fruktosa 174
- D – glukosa 74
- D – xylosa 0.40
- D – galaktosa 0.22

Disakarida

- Sukrosa 100
- Laktosa 0.16

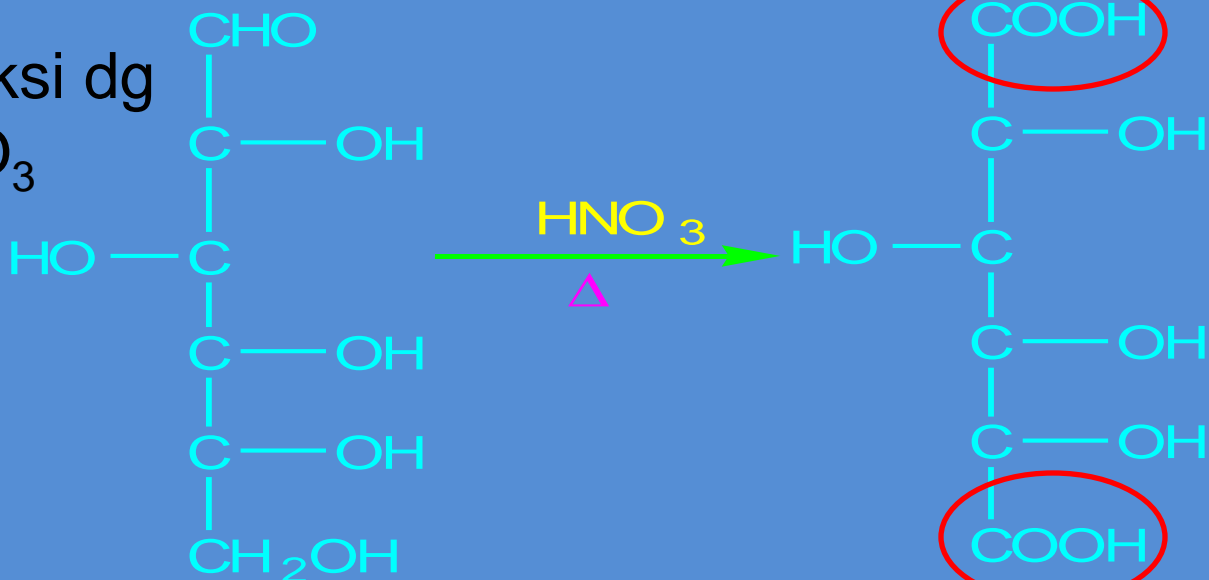
Beberapa Reaksi Monosakarida

1. Reaksi Oksidasi

- Berdasarkan kemampuannya untuk mereduksi senyawa/pereaksi (Tohlens, Benedict, Fehling), monosakarida dapat digolongkan :
 - ✚ Gula pereduksi
 - ✚ Gula non pereduksi
- Kemampuan monosakarida untuk mereduksi pereaksi-pereaksi tersebut di atas didasarkan pada adanya gugus aldehid atau gugus α -hidroksi keton, dimana dengan adanya pereaksi-pereaksi tersebut gugus aldehid atau α -hidroksi keton akan teroksidasi menjadi karboksilat/keton.

- Oksidasi aldosa oleh pereaksi Fehling's, Benedict's atau Tohlen's membentuk asam monokarboksilat → Asam Aldonat.
- Oksidasi aldosa dengan oksidator kuat (HNO_3 panas) menghasilkan asam dikarboksilat karena HNO_3 selain mengoksidasi gugus aldehid juga mampu mengoksidasi gugus CH_2OH terminal

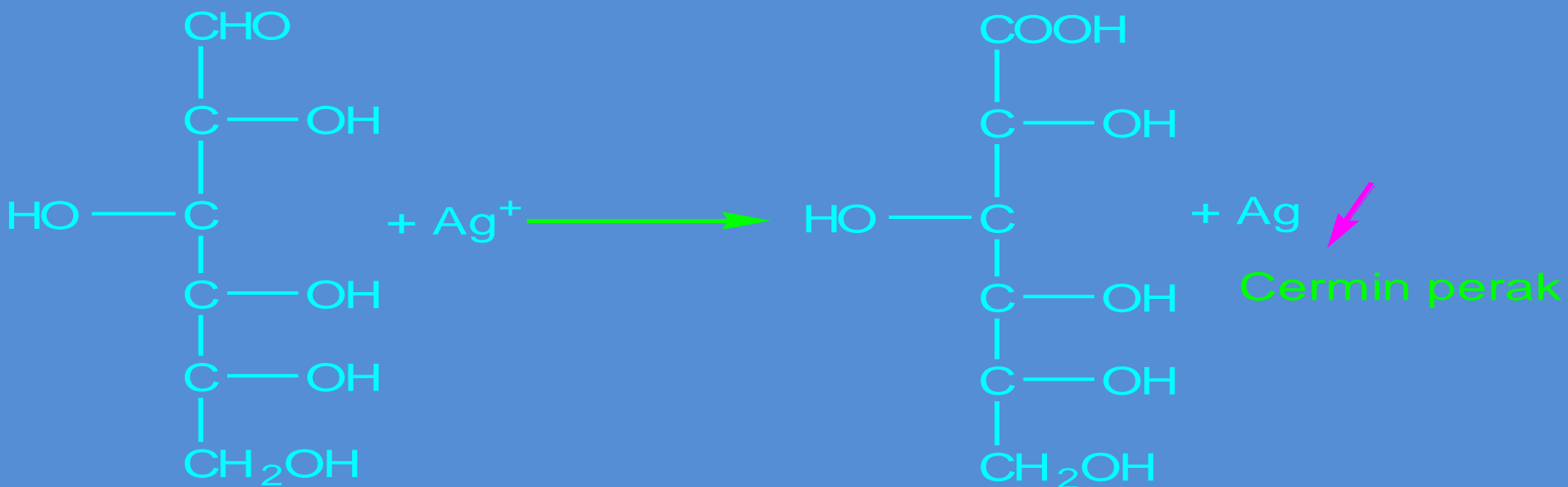
Reaksi dg
HNO₃



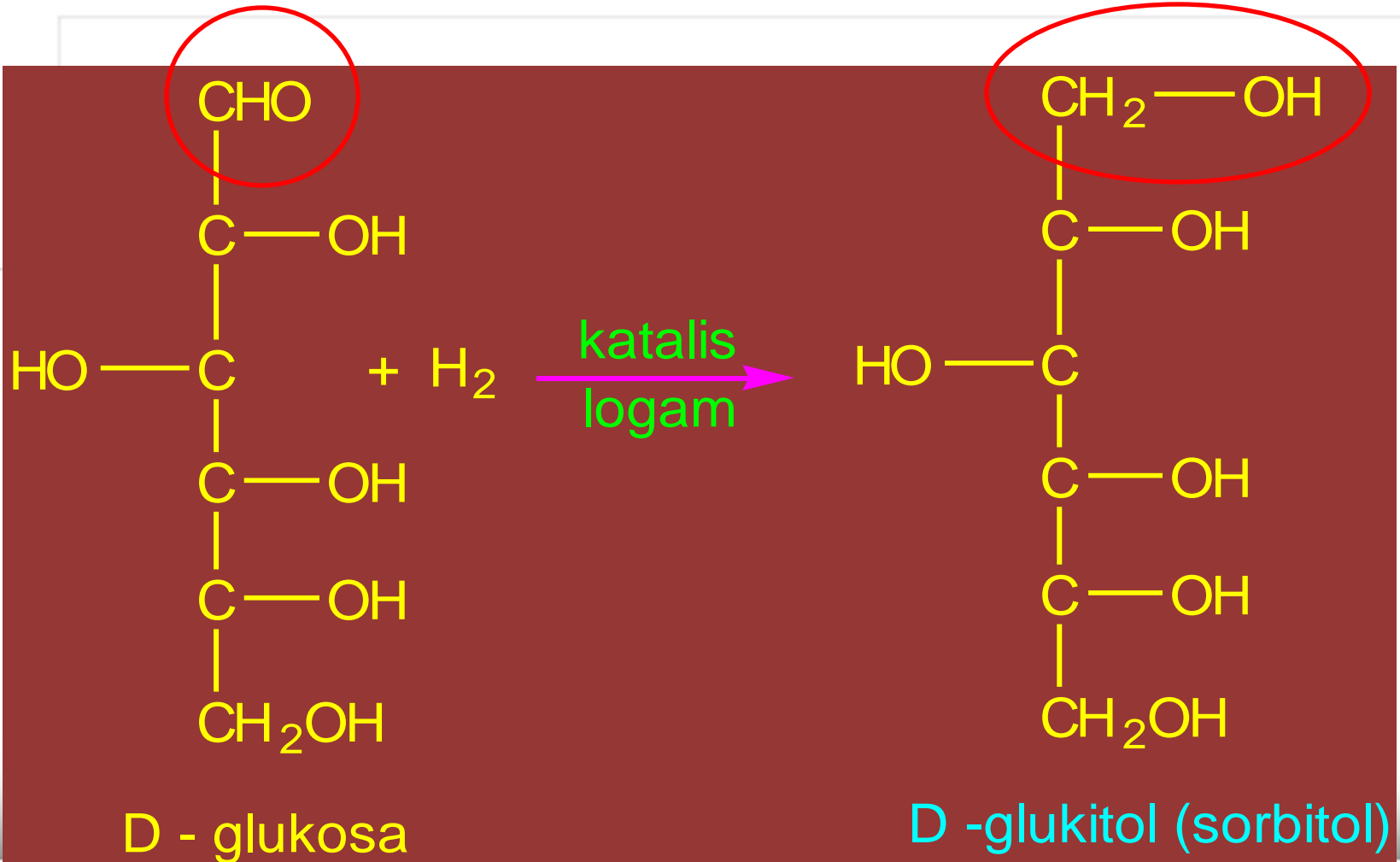
D - glukosa

asam D - glukarik

Reaksi dg Tohlens

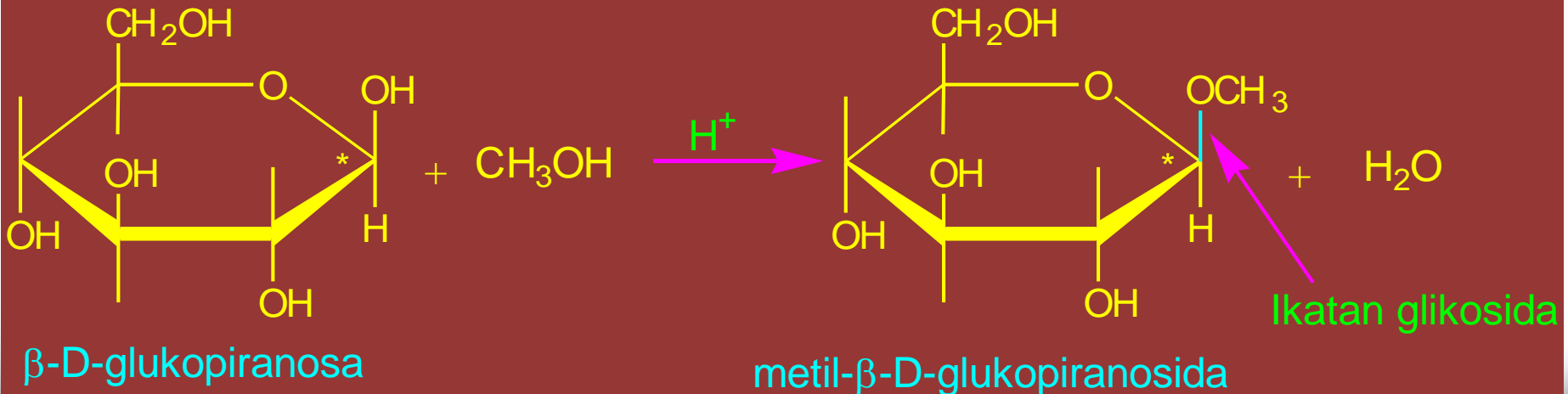


2. Gugus karbonil dari monosakarida dapat direduksi menjadi alcohol dengan beberapa pereaksi menghasilkan alditol

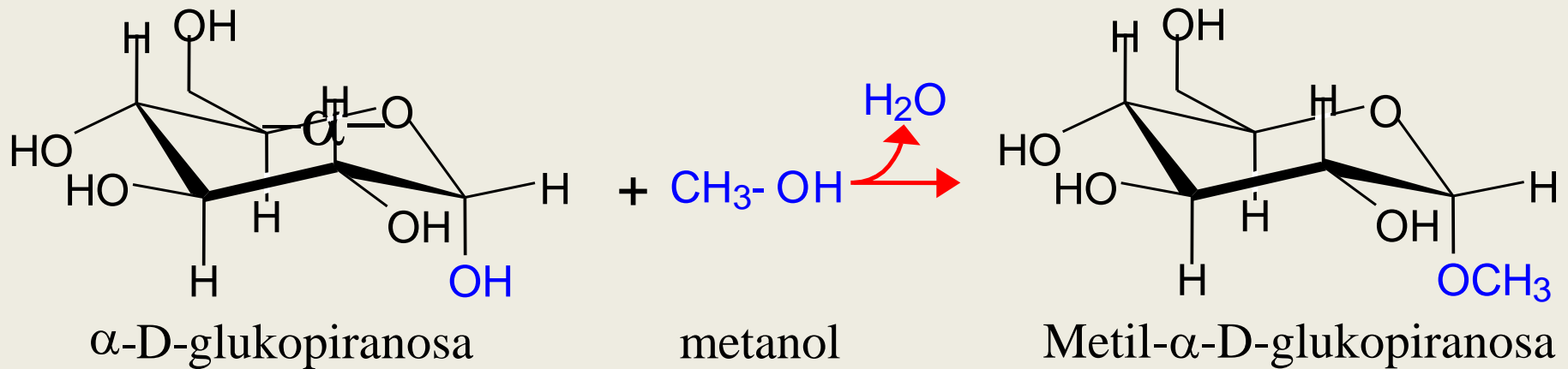
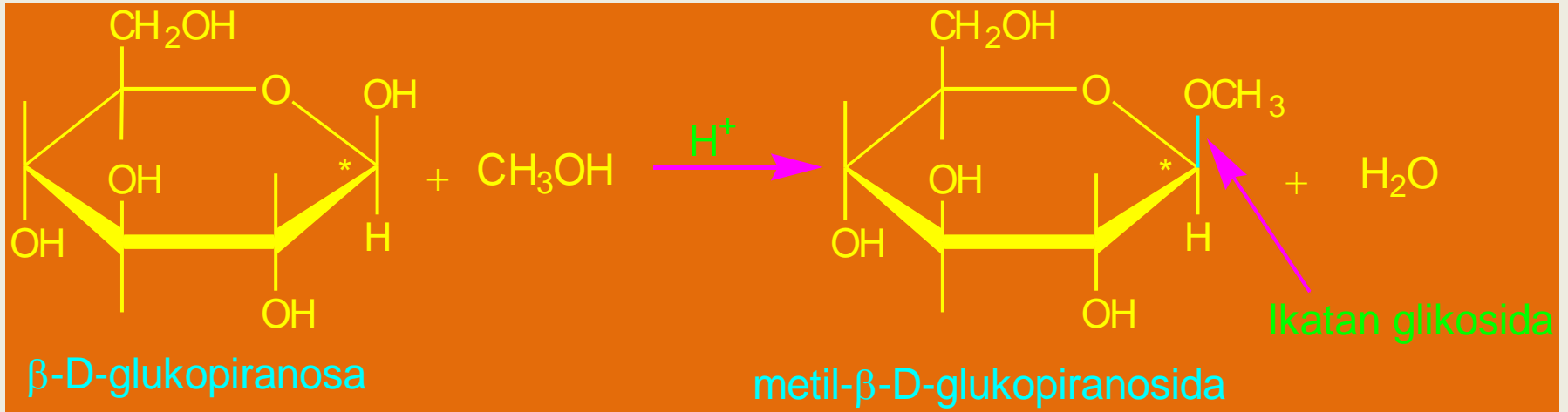


3. Pembentukan Glikosida

- Reaksi monosakarida hemiasetal atau hemiketal siklis dengan 1 molekul alkohol lagi membentuk asetal atau ketal. Pada reaksi ini gugus – OH pada C – asimetri/ anomerik digantikan oleh gugus – OR dari alkohol.



β -



Ikatan Glikosidik

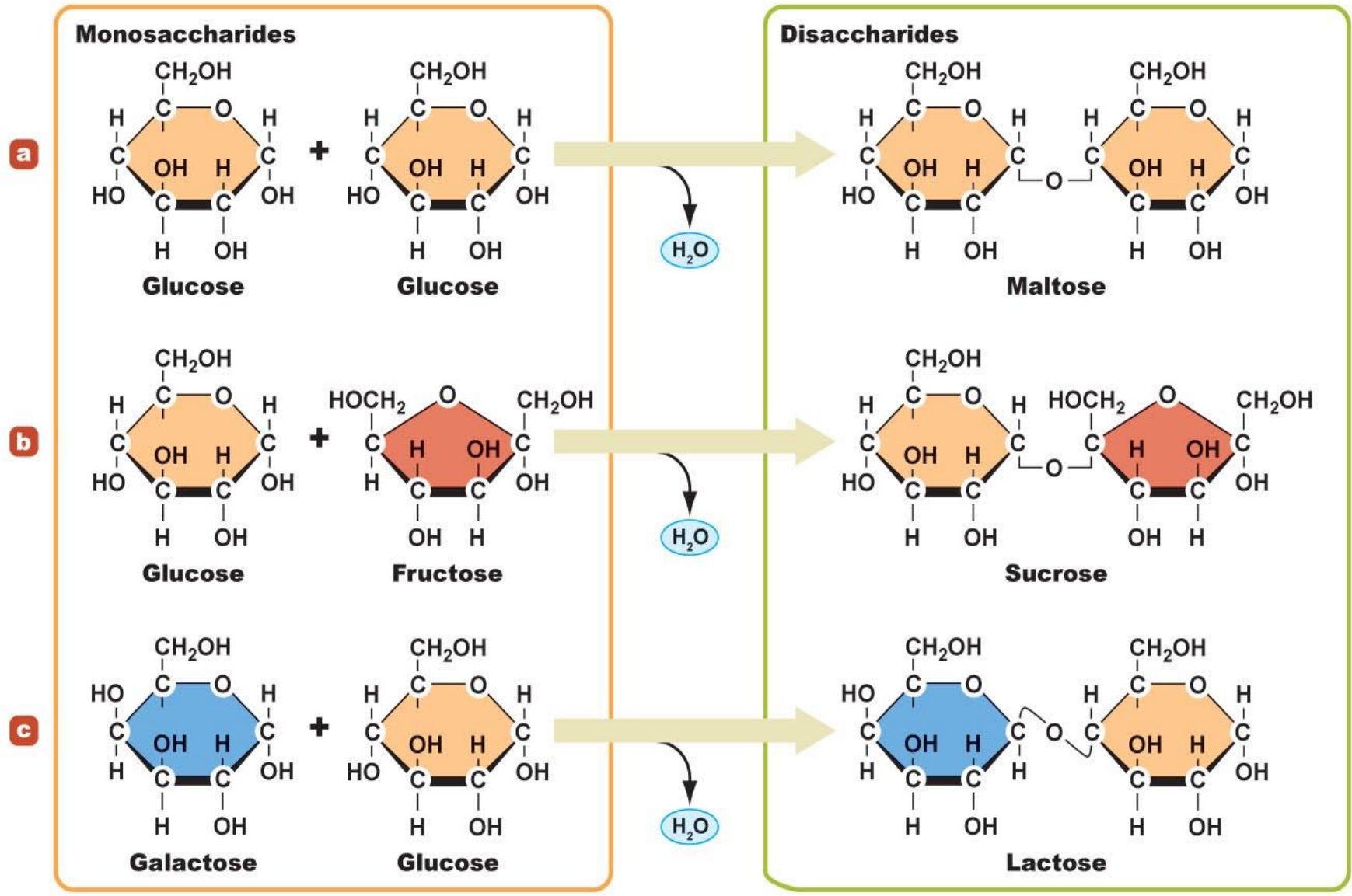
- Asetal/ketal seperti ini dinamakan **Glikosida** dan ikatan dari karbon asimetri/anomerik dengan gugus OR disebut **ikatan glikosidik**.
- Glikosida dinamai berdasarkan nama monosakaridanya, dengan mengganti akhiran -a dengan -ida.
- Misal: glukosa → glukosida
 manosa → manosida

DISAKARIDA

- Disakarida adalah karbohidrat yang terdiri dari 2 satuan monosakarida.
- Dua monosakarida dihubungkan dengan ikatan glikosidik antara C-anomerik dari satu unit monosakarida dengan gugus –OH dari unit monosakarida yang lainnya.
- Beberapa disakarida yang sering dijumpai :
- Maltosa, Selobiosa, Laktosa, Sukrosa

JENIS DISAKARIDA

- Selubiosa → β -D-Glukosa + β -D-Glukosa
- Maltosa → α -D-Glukosa + β -D-Glukosa
- Sukrosa → α -D-Glukosa + β -D-Fruktosa
- Laktosa → α -D-Glukosa + β -D-Galaktosa

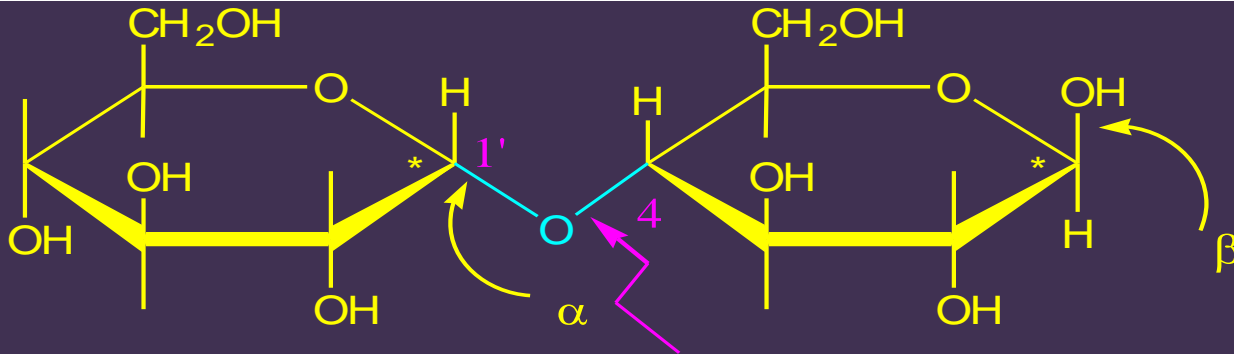


IKATAN PADA MALTOSA

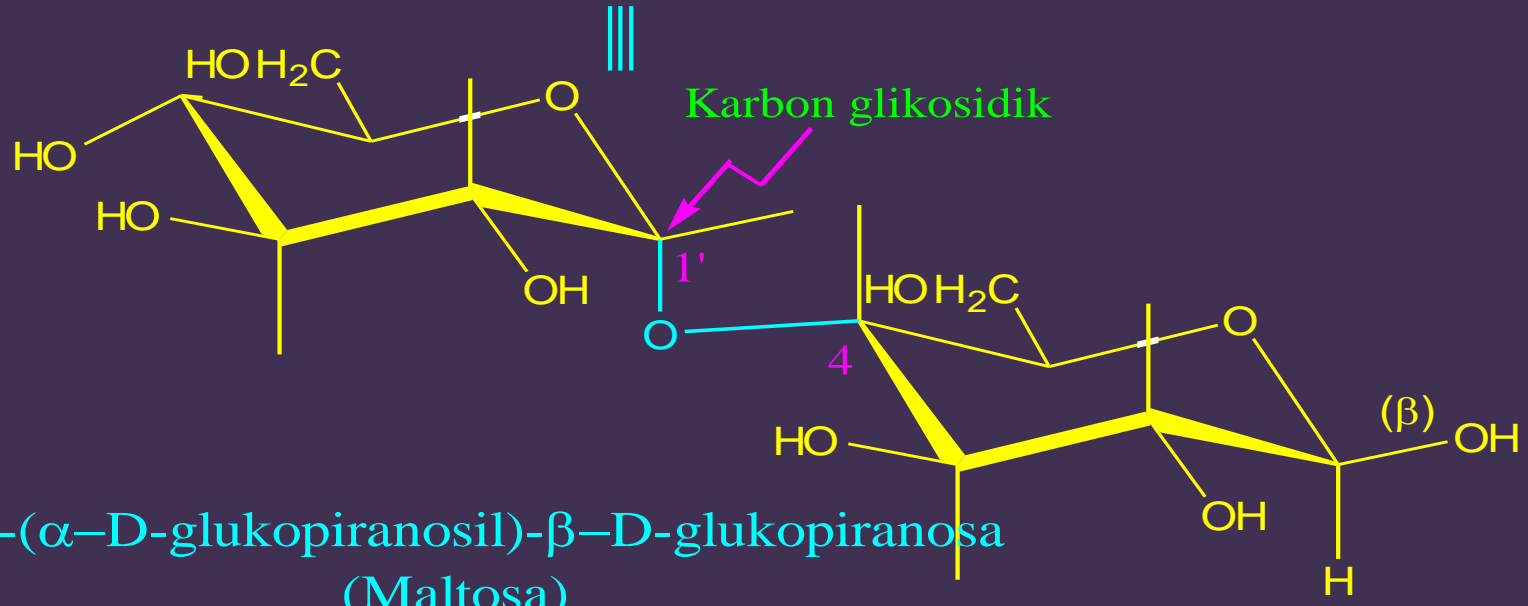
- Pada maltosa, ikatan glikosidik terjadi pada atom C-1' dari satu glukosa dengan atom C-4 dari glukosa yang lain, sehingga ikatannya disebut ikatan 1',4-glikosidik
- Karbon asimetri/anomerik di unit glukosa sebelah kanan pada maltosa dalam bentuk hemiasetal, sehingga akan dapat berkesetimbangan dengan struktur terbuka. Oleh karena itu maltosa dpt bereaksi + dg Tohlens

MALTOSA

(α -D-Glukosa + β -D-Glukosa)



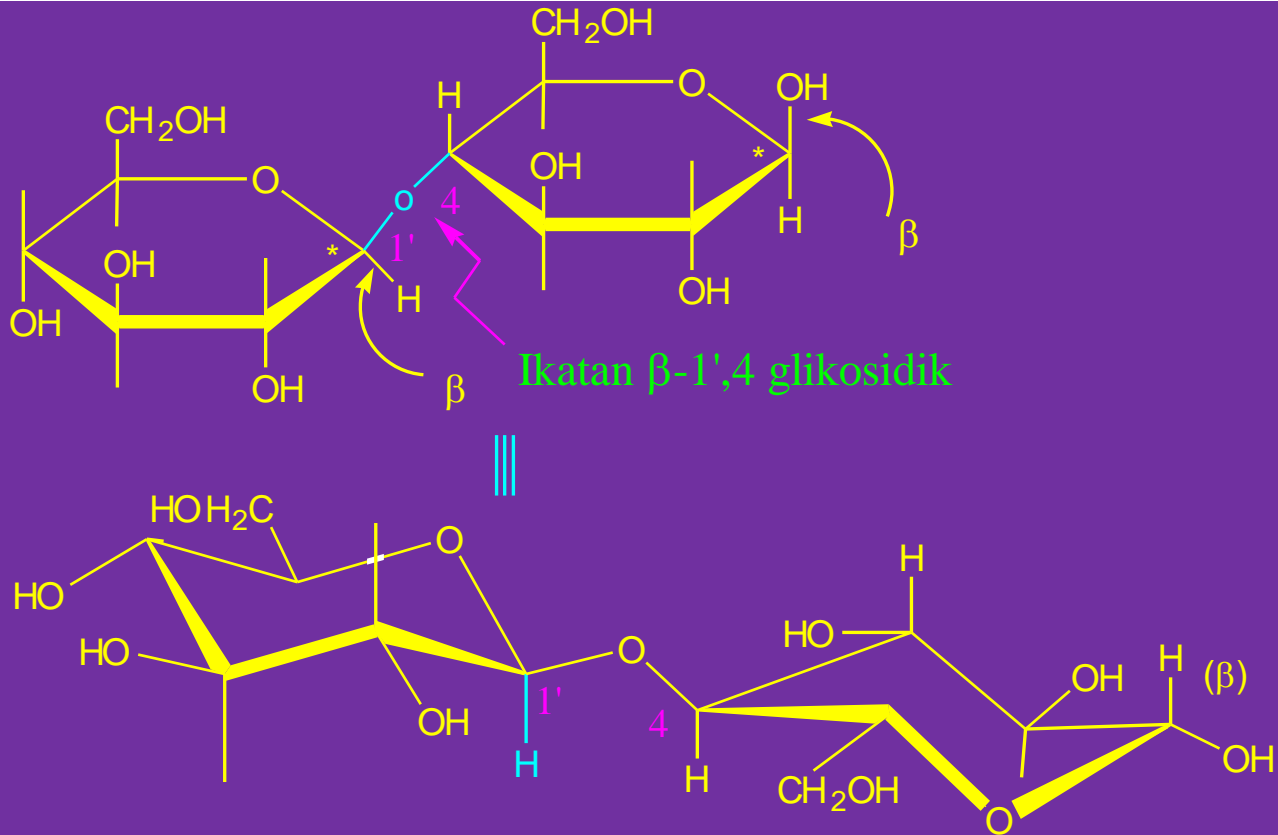
Ikatan α -1',4 glikosidik



4-O-(α -D-glukopiranosil)- β -D-glukopiranososa
(Maltosa)

SELOBIOSA

(β -D-Glukosa + β -D-Glukosa)

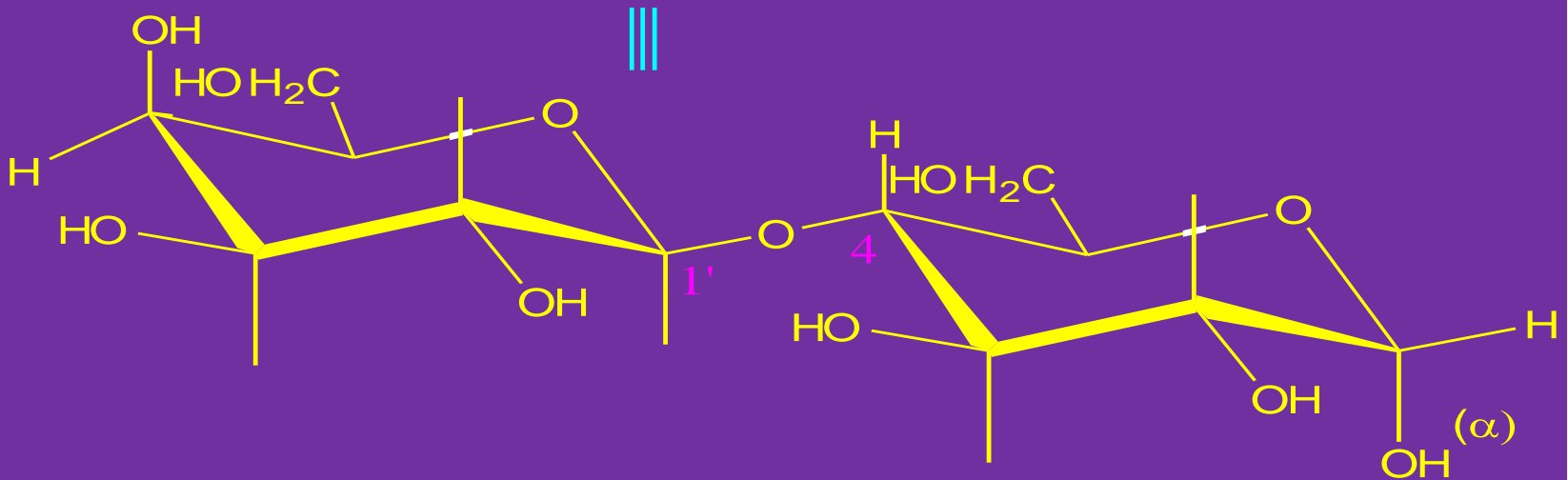
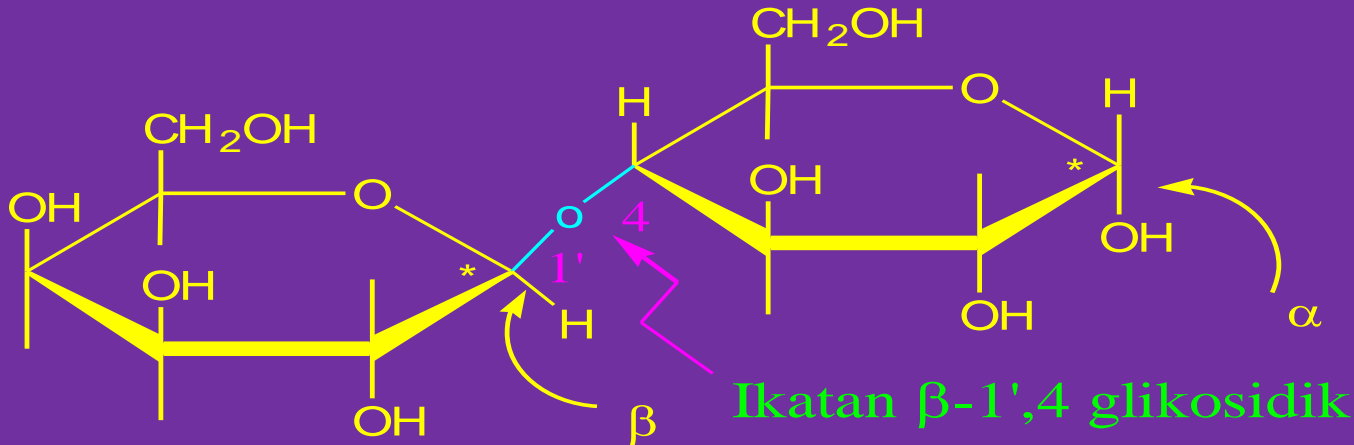


4-O-(β -D-glukopiranosil)- β -D-glukopiranososa
(Selubiosa)

LAKTOSA

- Merupakan gula utama pada ASI dan susu sapi (4-8 % laktosa).
- Karbon anomerik pada unit galaktosa mempunyai konfigurasi β pada C-1 dan berikatan dengan gugus -OH pada C-4 unit glukosa
- *Galaktosemia* adalah penyakit yang disebabkan karena tidak memiliki enzim yang dpt mengisomerisasi galaktosa menjadi glukosa, sehingga tidak dapat mencerna susu.

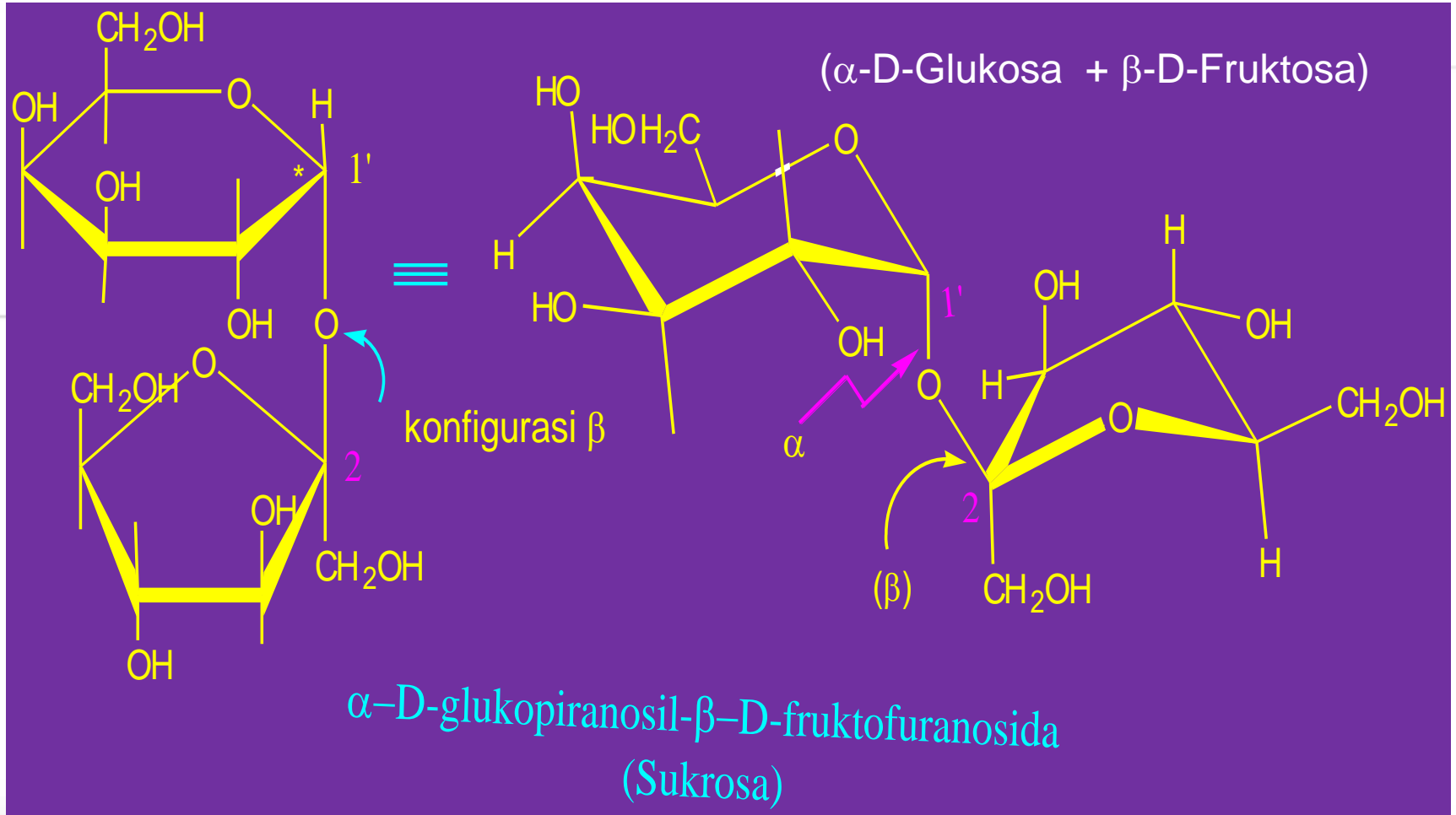
Struktur Laktosa (α -D-Glukosa + β -D-Galaktosa)



SUKROSA

- Sukrosa dikenal dengan gula pasir, terdapat pada tumbuhan fotosintetik yang berfungsi sebagai sumber energi. Misal : pada tebu, bit gula
- Pada sukrosa kedua karbon anomerik pada kedua unit monosakarida terlibat dalam ikatan glikosidik.
- Ikatan glikosidik terjadi antara C-1 pada unit glukosa dan C-2 pada unit fruktosa, sehingga tidak mempunyai gugus hemiasetal.

Struktur Sukrosa



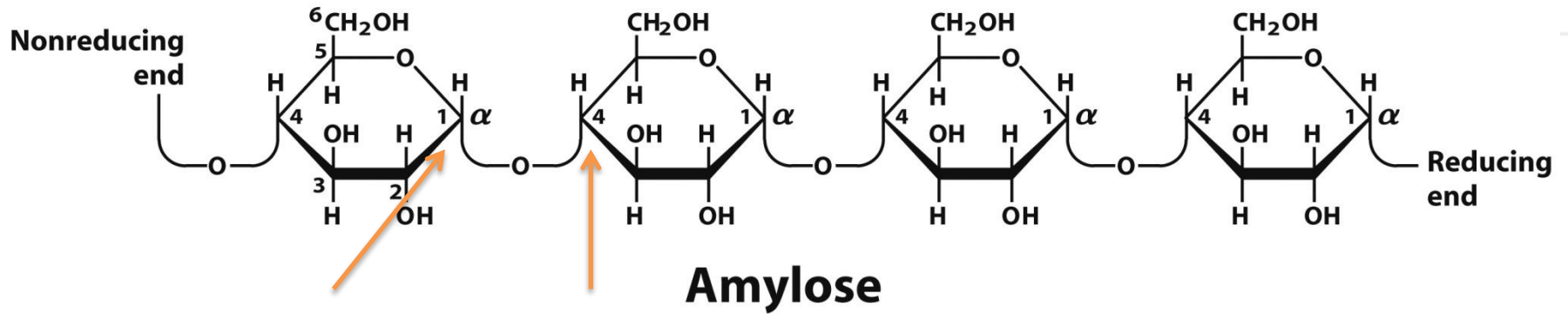
POLISAKARIDA

- Karbohidrat yang mengandung banyak monosakarida dan mempunyai berat molekul yang besar
- Hidrolisis polisakarida secara sempurna akan menghasilkan satu jenis monosakarida
- Unit monosakarida dapat dihubungkan secara linier atau dapat bercabang
- Contoh Polisakarida : Pati, Glikogen, selulosa, kitin, glukosamin,

PATI/AMILUM

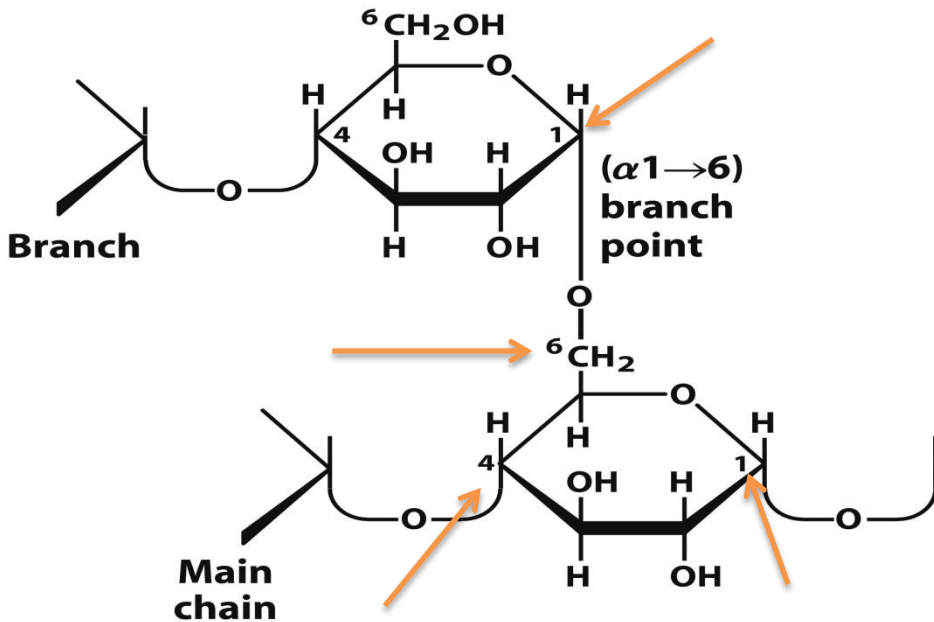
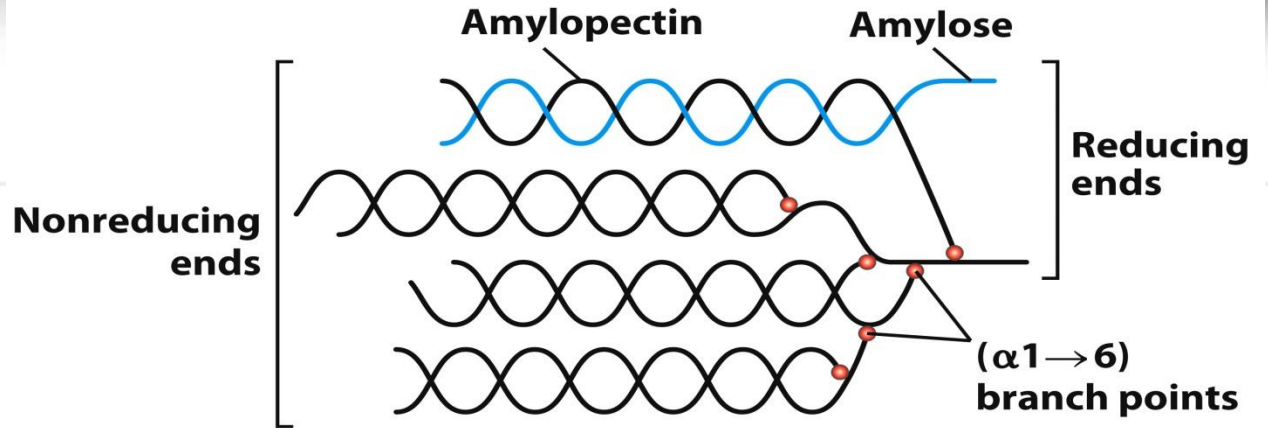
- Tanaman menyimpan glukosa sebagai amilosa atau amilopektin (bentuk polisakarida (pati)).
- Merupakan komponen utama pada biji-bijian, kentang, jagung dan beras
- Rantai lurus amilosa lebih tahan terhadap pencernaan
- AMILOSA : 20 % bagian pati, tersusun atas 50 – 300 unit D-glukosa melalui ikatan 1,4- α glikosidik
- Amilosa larut di dalam air

JENIS PATI

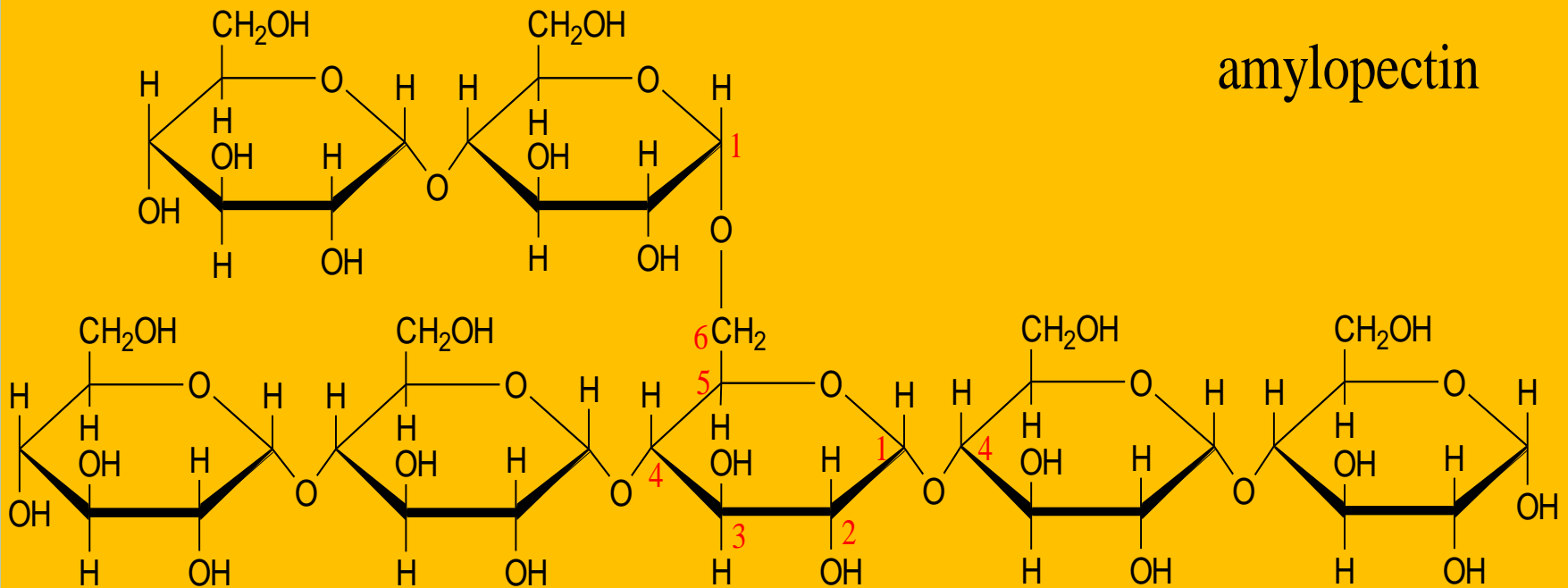


JENIS PATI

- ***AMILOPEKTIN*** : 80 % bagian pati, tersusun atas 300 – 5.000 unit glukosa melalui ikatan $\alpha-1,4$ glikosidik dan $\alpha-1,6$.
- Setiap 25-50 unit glukosa dihubungkan oleh ikatan $\alpha-1,4$. Rantai-rantai tersebut dihubungkan dengan ikatan $\alpha-1,6$ sehingga menghasilkan struktur yang bercabang
- Karena strukturnya bercabang sehingga sangat besar, maka dari itu amilopektin tidak larut dalam air



• Amilopektin



Gelatinisasi

- Pati dalam jaringan tanaman mempunyai bentuk granula yang berbeda-beda. Dengan mikroskop jenis pati dapat dibedakan karena mempunyai bentuk, ukuran, dan letak hilum yang unik.
- Bila pati mentah dimasukkan ke dalam air dingin, granula patinya akan menyerap air dan membengkak. Peningkatan volume granula pati yang terjadi di dalam air pada suhu 55°C – 65°C , dan setelah pembengkakan ini granula pati dapat kembali ke kondisi semula.
- Granula pati dapat dibuat membengkak luar biasa dan bersifat tidak dapat kembali lagi pada kondisi semula ----- **gelatinisasi**.

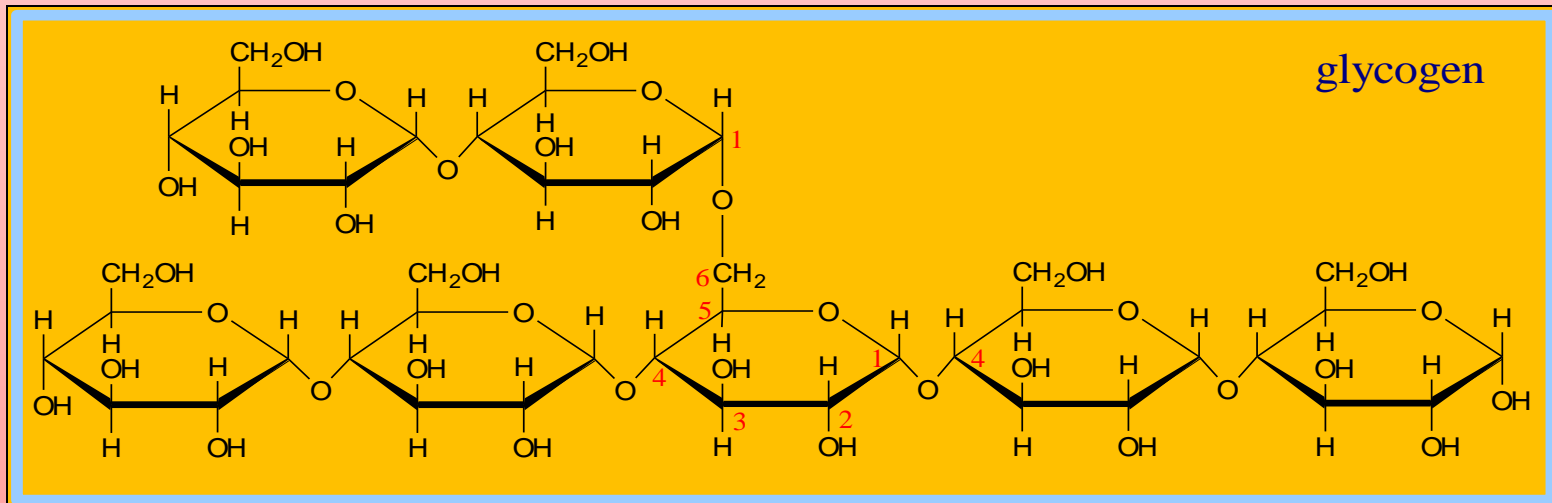
- Suhu pada saat granula pati pecah disebut suhu gelatinisasi yang dapat dilakukan dengan penambahan air panas.
- Pati yang telah mengalami gelatinisasi dapat dikeringkan, tetapi molekul-molekul tersebut tidak dapat kembali lagi ke sifat-sifat semula. Hasil gelatinisasi yang telah kering masih mampu menyerap air dalam jumlah yang cukup besar.
- Sifat inilah yang digunakan pada *instant rice* dan *instant pudding* supaya dapat menyerap air dengan mudah, yaitu dengan pati yang telah mengalami gelatinisasi.

GLIKOGEN

- Karbohidrat penyimpan energi yang tersimpan dalam hewan
- Mr Glikogen > pati
- Tersusun lebih dari 100.000 unit glukosa
- Strukturnya bercabang melalui ikatan 1,4 dan 1,6 glikosidik
- Tidak larut dalam air
- Larut dalam pelarut organik non polar : eter, kloroform, heksana.

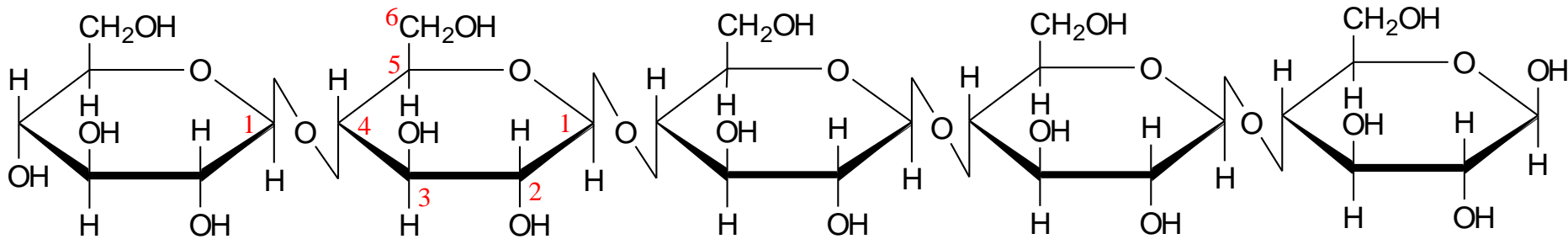
• Glikogen

- Bentuk penyimpanan glukosa pada hewan
- Panjang, rantai bercabang glukosa
- Disimpan di hati dan otot
- Respon glikogen hati terhadap tingkat kadar glukosa darah (BG), Kadar BG ↓ , pemecahan glikogen sehingga kadar BG ↑
- Glikogen otot dapat dipecah sebagai energi untuk otot
- Beda dengan amilipektin adalah pada percabangannya (percabangan lbh banyak di glikogen, setiap 8-12)



POLISAKARIDA LAIN

- Selulosa : polimer tidak bercabang dari glukosa melalui ikatan 1,4- β -glikosidik.
- Komponen utama dinding sel tumbuhan.
- Berperan terhadap kekuatan dan kekakuan dinding sel tumbuhan.



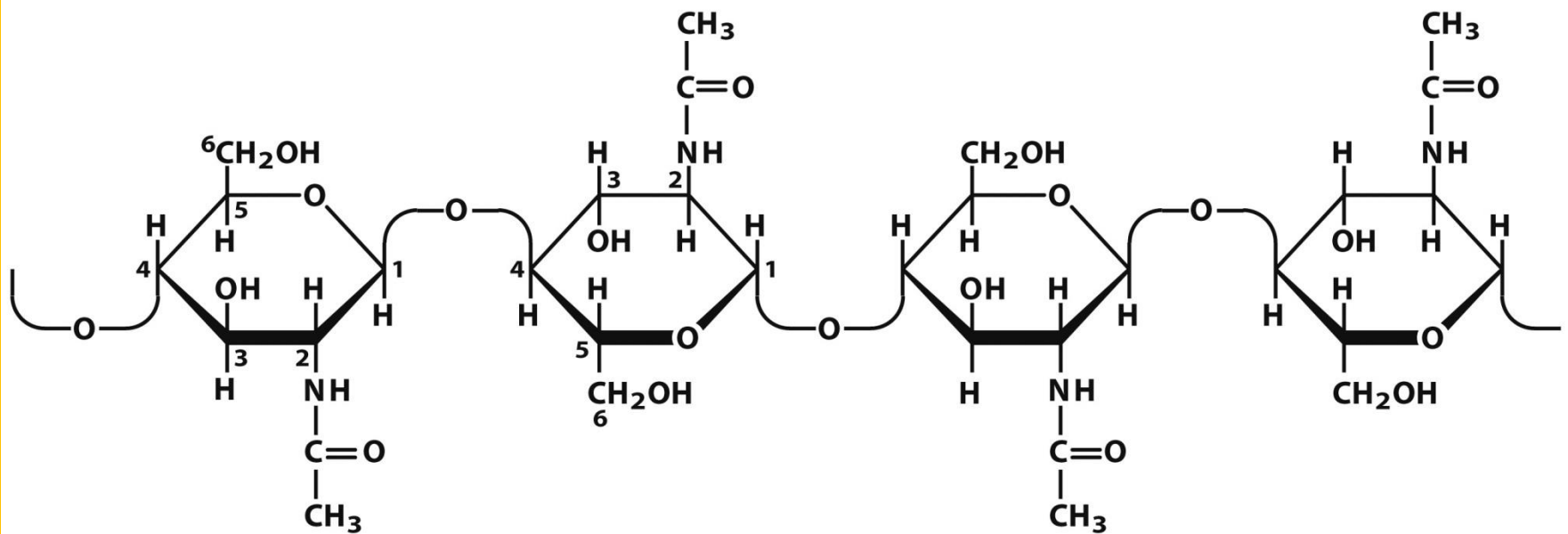
cellulose

Selulosa

- Selulosa merupakan serat-serat panjang yang bersama-sama hemiselulosa, pektin, dan protein membentuk struktur jaringan yang memperkuat dinding sel tanaman.
- Turunan selulosa yang dikenal dengan *carboxymethyl cellulose* (CMC) sering dipakai dalam industri makanan untuk mendapatkan tekstur yang baik. Misalnya pada pembuatan es krim, pemakaian CMC akan memperbaiki tekstur dan kristal laktosa yang terbentuk akan lebih halus.

KITIN

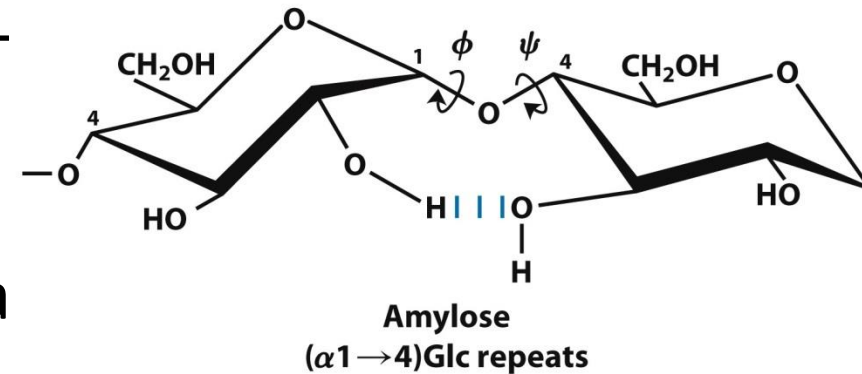
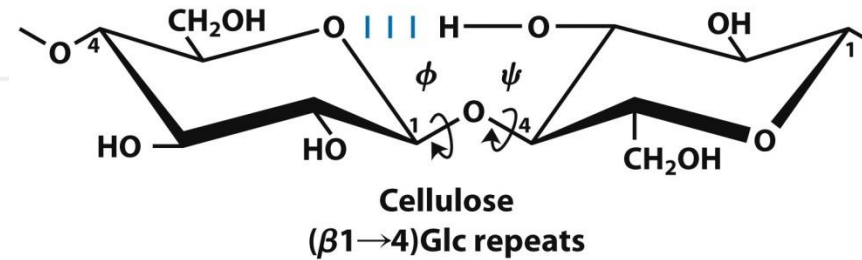
- Kitin : polisakarida yang mengandung nitrogen, membentuk cangkang krustasea dan kerangka luar serangga.
- arthropods--insects, lobsters, and crabs



Perbedaan dengan selulosa adalah digantinya gugus hidroksil (-OH) pada C-2 dengan gugus amino asetil

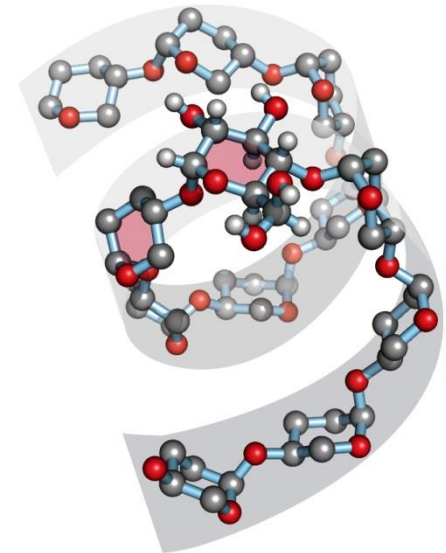
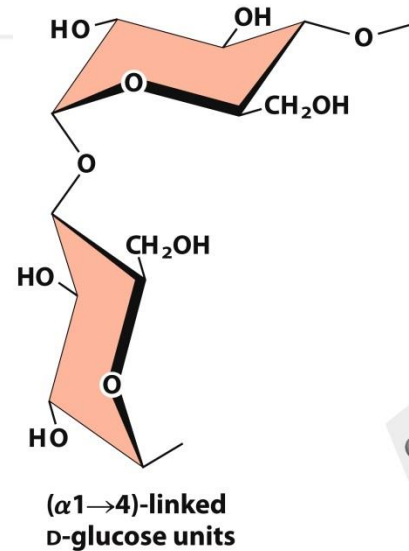
Melipatnya homopolisakarida

- Melipatnya polisakarida membentuk 3 dimensi, prinsipnya sama dengan melipatnya polipeptida.
- Interaksi lemah non kovalen, ikatan hidrogen antara gugus -OH penting untuk stabilitas strukturnya.
- Perputaran yang terjadi antara ikatan terhadap atom oksigen dari ikatan glikosidik antara unit monosakarida memiliki kendala sterik karena mereka melakukan ikatan yang sebanding di kedua sisi α -karbon pada polipeptida.



Struktur helik pati

- Bentuk 3 dimensi yang paling stabil untuk pati dan glukosa adalah bentuk melingkar oleh ikatan ($\alpha 1 \rightarrow 4$).
- Bentuk heliks distabilkan oleh ikatan hidrogen antar rantai.
- Residu glukosa pada rantai mampu membentuk ikatan hidrogen dengan pelarut, shg dapat mempertahankan bentuk polimer dalam larutan.

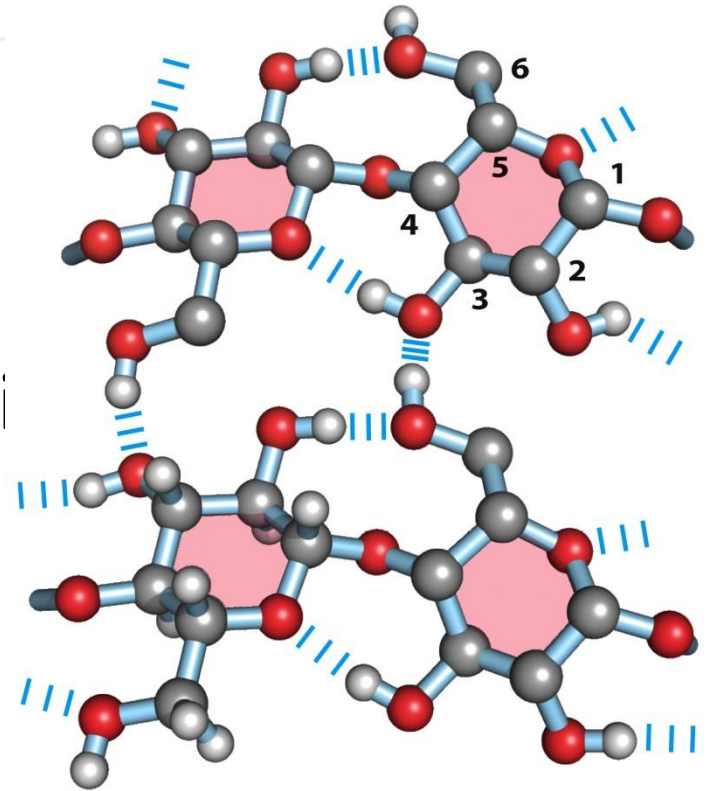


- Rata-rata bidang setiap residu di sepanjang rantai amilosa membentuk sudut 60° dengan bidang rata-rata dari residu sebelumnya, sehingga struktur heliks memiliki enam residu per putaran.
- Struktur heliks yang melingkar rapat ini menghasilkan butiran padat dari pati yang disimpan atau glikogen yang terlihat di banyak sel

- Untuk selulosa, konformasi paling stabil adalah di mana setiap kursi diputar 180° relatif terhadap tetangganya, menghasilkan rantai lurus lurus .
- Semua gugus -OH dapat membentuk ikatan hidrogen dengan rantai tetangga.
- Dengan beberapa rantai terletak berdampingan, stabilitas ikatan hidrogen di dalam rantai dan antar-rantai menghasilkan serat supramolekul lurus dan stabil dengan kekuatan tarik yang besar.

Interactions Between Cellulose Chains

- Selulosa sukar larut dalam air karena ikatan hidrogen didalam-rantai sangat banyak sehingga membatasi pembantuan ikata hidrogen dengan air.



MATRIKS EKSTRASELULER

- Ruang ekstraseluler dalam jaringan hewan multiseluler diisi dengan bahan seperti gel, matriks ekstraseluler (ECM), yang menyatukan sel-sel dan menyediakan jalur berpori untuk difusi nutrisi dan oksigen ke sel-sel individual.
- ECM yang mengelilingi fibroblas dan sel-sel jaringan ikat lainnya terdiri dari kerja saling-ikatan heteropolisakarida dan protein berserat seperti kolagen fibrilar, elastin, dan fibronektin.

- Heteropolysaccharides ini, glikosaminoglikan, adalah keluarga polimer linier yang terdiri dari unit disakarida berulang.
- Salah satu dari dua monosakarida selalu menyusun berupa N-asetilglukosamin atau N-asetilgalaktosamin
- Monosakarida lainnya adalah asam uronat, biasanya asam D-glukuronat atau asam 5-epimer, L-iduronatnya.

- Beberapa glikosaminoglikan mengandung gugus sulfat yang melekat pada gugus hidroksil dalam hubungan ester.
- Kombinasi gugus sulfat dan gugus karboksilat dari asam uronat memberi glikosaminoglikan densitas muatan negatif yang sangat tinggi, dan struktur seperti batang dalam larutan.
- Glikosaminoglikan secara khusus dikenali oleh sejumlah protein yang mengikatnya melalui interaksi elektrostatis.

Glikosaminglikan

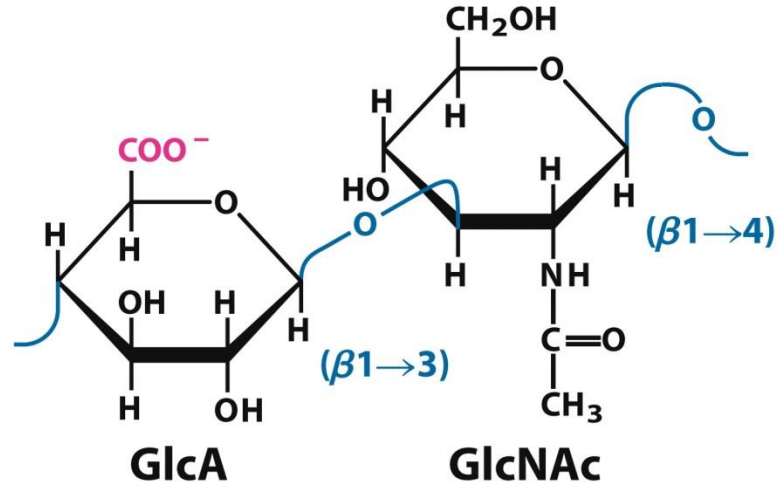
- **Hyaluronan glikosaminoglikan** (asam hialuronat) terdiri dari residu asam D-glukuronat dan N-asetilglukosamin bergantian.
- Sebuah molekul hyaluronan tunggal mengandung hingga 50.000 pengulangan dari unit disakarida ini dan memiliki berat molekul beberapa juta ----- larutan bening, sangat kental yang berfungsi sebagai pelumas dalam cairan sinovial sendi dan memberikan humor vitreous mata vertebrata konsistensi seperti jeli.

Glycosaminoglycan

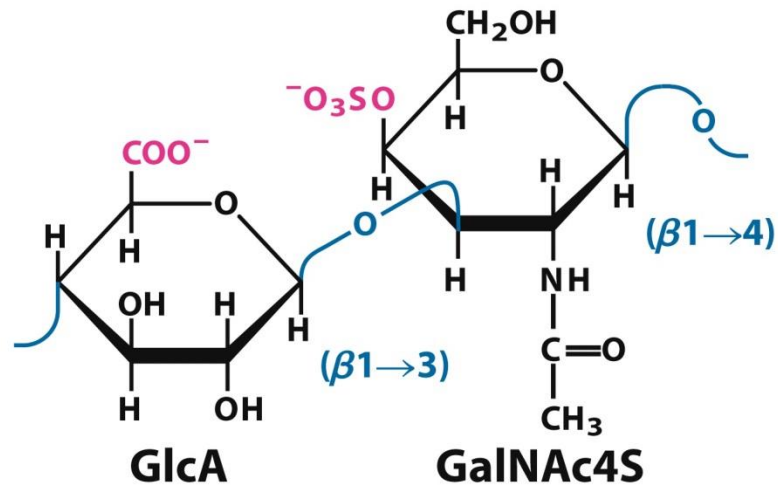
Repeating disaccharide

Number of disaccharides per chain

Hyaluronate
~50,000



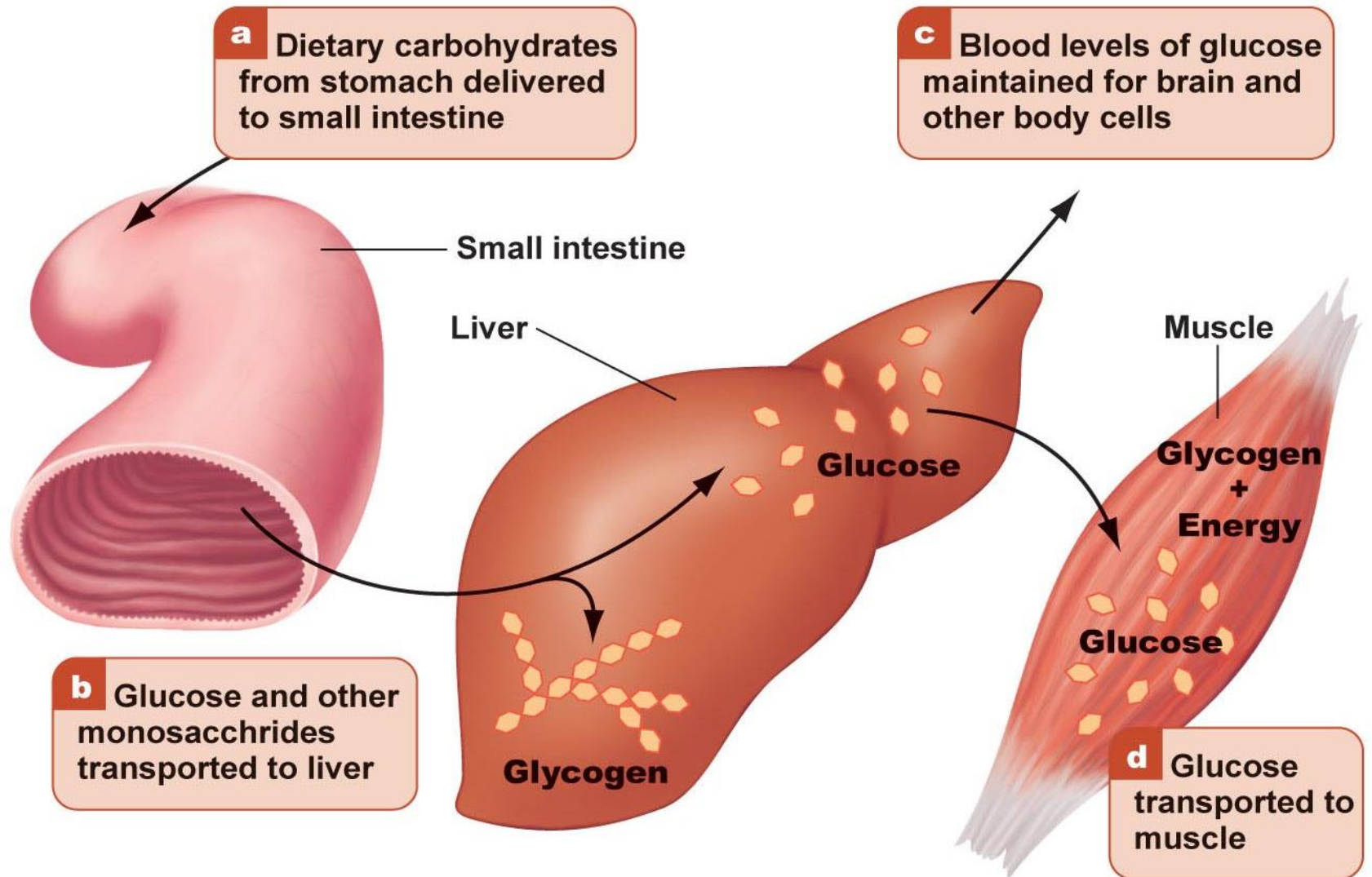
Chondroitin 4-sulfate
20-60



Penyerapan karbohidrat

- Pertama dicerna dalam bentuk monosakarida :
 - Di absorpsi masuk melintasi mukosa sel intestinal
 - Ditransportasikan menuju hati lewat pembuluh vena
 - Galactose and fructose
 - Digunakan oleh hati sebagai energi
 - Diubah menjadi glukosa
 - Glucose
 - Digunakan sebagai energi
 - Di ubah menjadi glikogen melalui proses glikogenesis

Glukosa disimpan di hati dan otot sebagai glikogen



Intoleransi Laktosa

- Kekurangan enzim laktose, yaitu enzim yang mencerna laktosa
- Maldigestion –ketidakmampuan mencerna laktosa karena rendahnya tingkat enzim
 - Intolerance
 - Maldigestion mengakibatkan mual, kram, kembung, perut kembung, dan diare

TERIMA KASIH