



# PENCERNAAN KARBOHIDRAT PROTEIN LEMAK

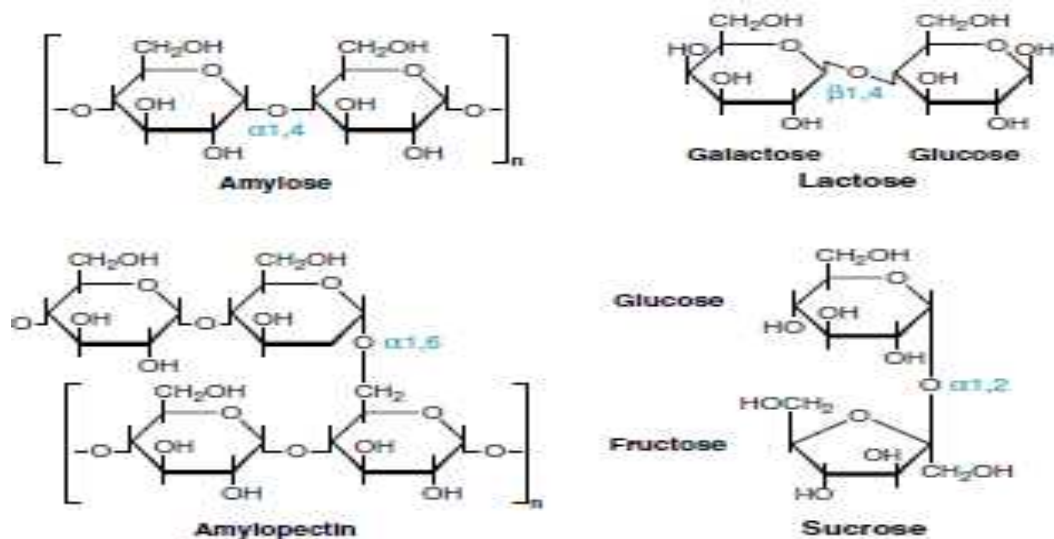
dr. Andriani, M. Biomed

Auliyah Tania Alkadrie	I1011141014
Hizki Erwando	I1011141018
Feddy Setiady	I1011141019
Muhammad Sukri	I1011141028
Jimmy Rianto	I1011141031
Verra Apriawanti	I1011141032
Maudy Nadya	I1011141064
Buana Dewanti Wimpy	I1011141067
Diah Poppy Utami	I1011141070
Sadam Husen	I1011141076

# PENCERNAAN KARBOHIDRAT

- ✓ Karbohidrat adalah sumber kalori terbesar.
- ✓ Sumber karbohidrat :
  1. Tumbuhan → biji, umbi, sayuran (50-60%) : [yang berupa] amylase dan amylopectin
  2. Buah dan sayur → [gula yang dikandung bisa dalam bentuk] glukosa dan fruktosa
  3. Daging dan ikan → karbohidrat dlm jumlah kecil [lebih banyak proteinnya]

## Karbohidrat Dalam Diet [makanan]



[dari gambar diatas, lihat tulisan yang biru]

[bentuk karbohidrat tergantung di C nomer berapa dia berikatan, antara gula yang satu dengan yang lain. sedangkan  $\alpha$  dan  $\beta$  menunjukkan konfigurasi atom karbon anomerik.  $\alpha$  sejajar dan  $\beta$  serong]

[amilosa = glukosa-glukosa dengan ikatan  $\alpha$ 1,4]

[laktosa = galaktosa-glukosa dengan ikatan  $\beta$ 1,4]

[sukrosa = glukosa-fruktosa dengan ikatan  $\alpha$ 1,2]

[amilopektin dengan ikatan  $\alpha$ 1,4 di rantai dan ikatan  $\alpha$ 1,6 pada titik percabangan, struktur lebih kompleks]

### Pencernaan Karbohidrat di Mulut

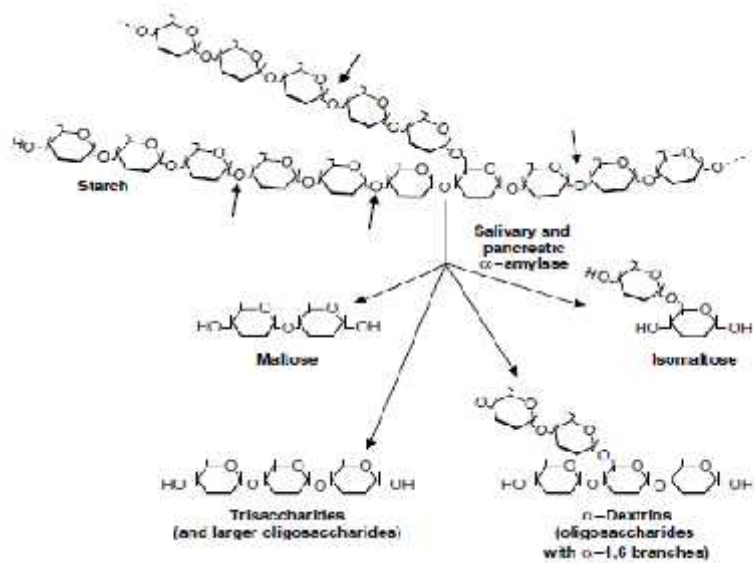
- ✓ Pencernaan KH di mulut :  
[beda pencernaan dengan metabolisme= pencernaan ga pake energi, metabolisme pake energi]
  - Oleh  $\alpha$ -amilase dihasilkan oleh glandula salivarius
  - $\alpha$ -amilase = endoglukosidase, hidrolase [endoglukosidase=enzim yg hny memutus ikatan bagian dalam saja, nd bs memotong yg bagian tepi dari rantai karbo, hidrolase=ikatan dipecah oleh air]
  - Menghasilkan polisakarida, oligosakarida, disakarida [hasil akhir pencernaan di mulut paling kecil cm dalam bentuk disakarida, tidak ada yang dalam bentuk monosakarida]

### Pencernaan Karbohidrat di Lambung

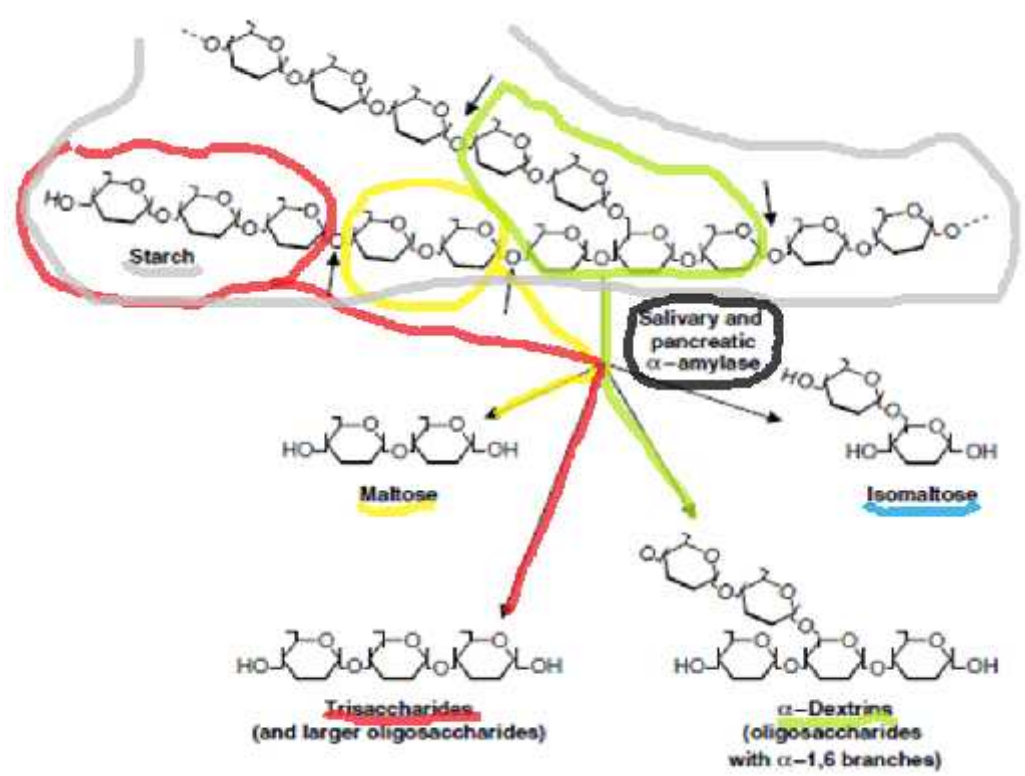
- ✓ Di lambung, suasana asam [pH  $\pm 1$ ], aktivitas amilase (-) [amilase yg dimaksud amilase yg diproduksi di mulut, amilase bekerja pd pH 6,5-7 suhu 37°]

### Pencernaan Karbohidrat di Duodenum

- ✓ Di duodenum suasana kembali netral [oleh garam empedu], sekresi enzim amilase oleh pankreas  $\rightarrow$  hidrolisis KH berlanjut
- ✓ Menghasilkan maltosa, maltotriosa, oligosakarida (limit dextrin)
- ✓ Amilase tidak bisa memecah ikatan 1,6 glikosidik [contohnya pada amylopectin, di titik percabangannya/ $\alpha 1,6$  tidak bisa dipecah oleh amilase, tetapi ikatan  $\alpha 1,4$  nya bisa dipecah. Perhatikan gambar di bawah ini, ttg gmn pati/starch dipecah baik oleh  $\alpha$ -amilase dari liur maupun dari pancreas]



[starch/pati dipecah2 pada bagian yg dipanah menjadi maltose, isomaltose, alfadextrin dan trisakarida]

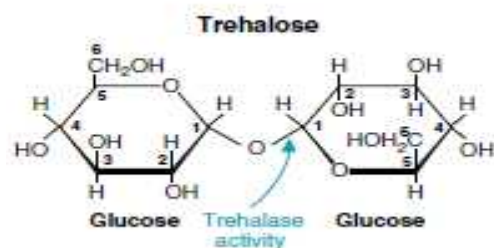
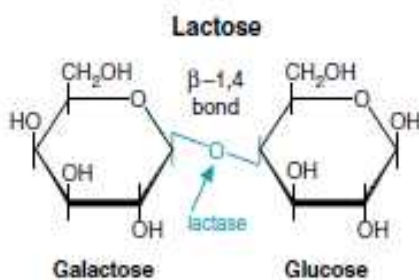
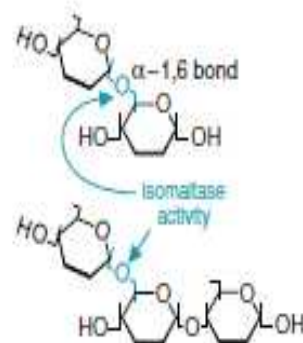
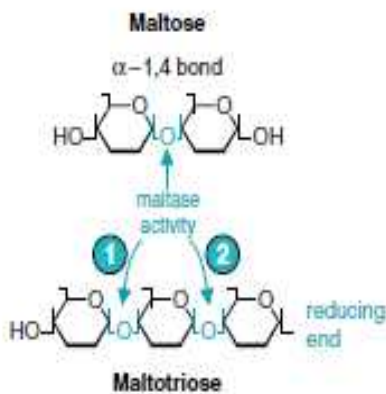


- ✓ Di dalam usus halus terdapat berbagai macam jenis glikosidase [glikosidase itu enzim yang berfungsi menghidrolisis berbagai macam ikatan glikosidik pada pati. Pada usus udah ada eksoglikosidase, jadi udah bisa memecah ikatan yang di ujung rantai, makanya nnti hasil akhirnya bs berupa monosakarida]
- ✓ Terdapat empat enzim disakaridase (trmsk oligosakaridase) dalam usus halus [oligosakaridase memecah ikatan lebih dari 2 karbohidrat]
- ✓ Hasil pencernaan akhir adalah monosakarida (glukosa, fruktosa, galaktosa)

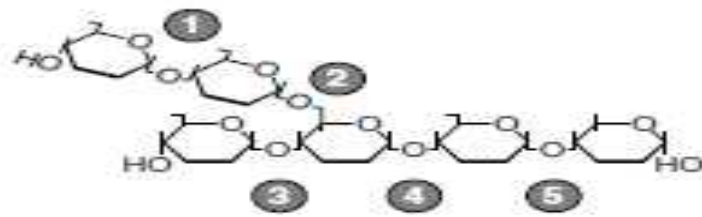
## Disakaridase Usus Halus

[dibaca yaaaa isi table dibawah ini, trs cocokin sama gambar dibawahnya]

Complex	Catalytic sites	Principle activity
$\beta$ -Glucoamylase	<b><math>\alpha</math>-glucosidase</b>	<b>Memecah ikatan <math>\alpha</math>-1-4 glycosidic</b> diantara 2 unit glucosyl, dimulai bertahap dari ujung rantai. Jenisnya <b>exoglucosidase</b> . Substansinya antara lain : amylase (ini sejenis gula pada tumbuhan bkn enzim amylase), amylopectin, glycogen, dan maltose
	$\alpha$ -glucosidase	Sama dengan di atas, tapi berbeda spesifitas dan afinitas terhadap substrat
Sucrase-isomaltase	Sucrose-maltase	Memecah sucrose, maltose, dan maltotriose
	<b>Isomaltase-maltase</b>	<b>Memecah ikatan <math>\alpha</math>-1-6 pada limit dextrin</b> (sisa hasil pecahan amylase), begitu juga ikatan $\alpha$ -1-4 pada maltose dan maltotriosa
$\beta$ -Glucosidase	Glucosyl-ceramidase(phlorizin hydrolase)	<b>Memecah ikatan <math>\beta</math>-1-4 pada glukosa dan galaktosa dan residu hidropobic</b> , seperti glycolipid glucosylceramide dan galactosylceramide
	<b>Lactase</b>	<b>Memecah ikatan <math>\beta</math>-1-4 pada glukosa dan galaktosa</b> . Terkadang memecah ikatan $\beta$ -1-4 antara disakarida pada cellulose
Trehalase	Trehalase	Memecah ikatan pada trehalose, yaitu 2 buah glucosyl yang terikat pada $\alpha$ -1-1 melalui carbon anomic.



**CHECKPOINT!**

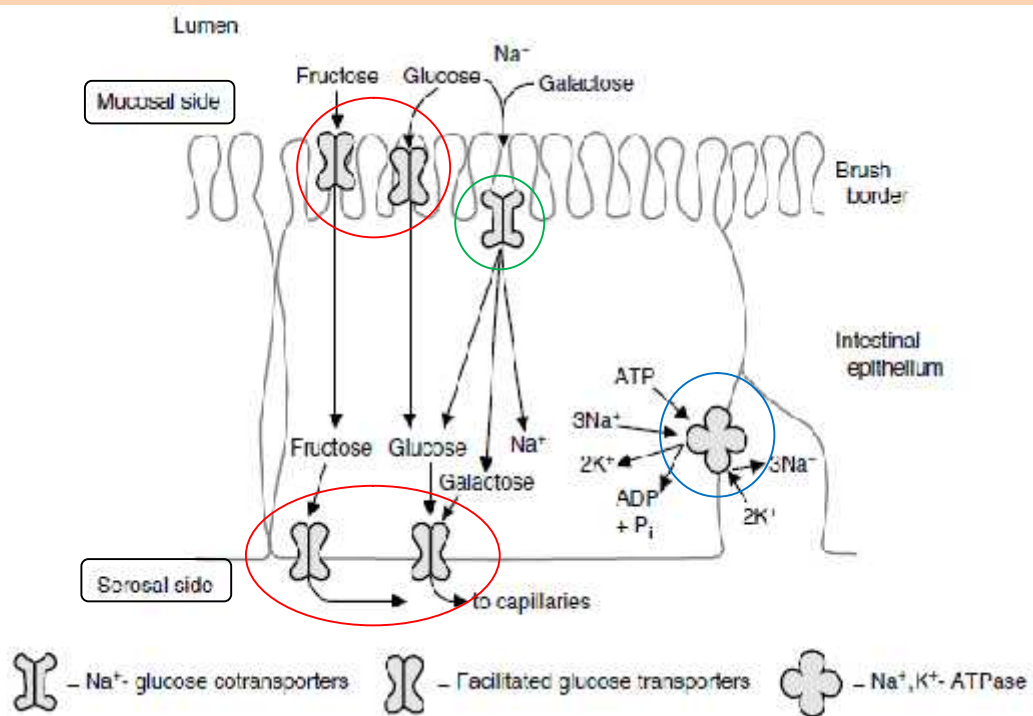


Which of the bonds in the structure above are hydrolyzed by the sucrase-isomaltase complex? Which by glucoamylase?

[Ayo, kelompokkan kelima ikatan diatas berdasarkan enzim pemecahnya! Lalu, cek jawabannya di terakhir yaaa]

Sucrasedisomaltase	Glucoamylase

**Mekanisme Absorpsi Karbohidrat (Monosakarida) di Usus Halus**



✓ Absorpsi monosakarida di usus halus

1. Difusi terfasilitasi :

- Pada sisi luminal dan serosal
- GLUT 1 dan GLUT 5

2. Na<sup>+</sup> dependent facilitated transport

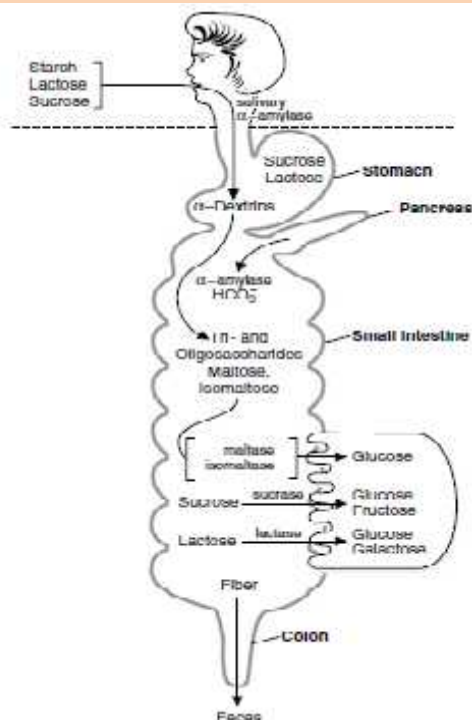
- Hanya pada sisi luminal

[\*ada juga pompa NaK ATPase untuk mengeluarkan Na dan butuh ATP]

[Penjelasan :]

[Glukosa dan galaktosa memerlukan cotransport menggunakan  $\text{Na}^+$  pada lumen. Tranpor ini bekerja dengan membawa glukosa dan galaktosa melawan gradient konsentrasi. Dengan bantuan  $\text{Na}^+$  yang kadarnya didalam sel sedikit sehingga  $\text{Na}^+$  tidak melawan konsentrasi, maka protein kotranspor ini (SGLT, transport glukosa yang memerlukan sodium) dapat memasukkan glukosa dan galaktosa yang terikat pada  $\text{Na}^+$  kedalam sel usus halus. Kotranspor ini terjadi pada sisi luminal. Mekanismenya Glukosa dan  $\text{Na}^+$  masuk ke dalam sel usus halus, pompa  $\text{Na}^+\text{-K}^+$  terdapat pada sisi serosal usus tujuannya memasukkan K ke dalam sel dan memompa  $\text{Na}^+$  keluar hal ini untuk menjaga konsentrasi  $\text{Na}^+$  pada usus sehingga dapat terus memasukkan glukosa melalui SGLT kedalam sel. Pompa ini bersifat ATPase, bekerja memerlukan energy. Berbeda dengan glukosa, fruktosa tidak memerlukan SGLT tetapi dapat berdifusi langsung ke dalam sel usus menggunakan GLUT-5. GLUT adalah protein yang berfungsi untuk memindahkan glukosa, terdapat berbagai jenis GLUT namun pada penyerapan karbohidrat ke usus halus yang berperan penting adalah GLUT-1 dan GLUT-5. GLUT-1 berfungsi mentransfer glukosa sedangkan GLUT-5 berfungsi mentransfer fruktosa. Kerja GLUT-1 dan GLUT-5 ini tidak bergantung pada keberadaan insulin. Untuk memudahkan mengingatnya glukosa memiliki struktur yang lebih besar daripada fruktosa sehingga fruktosa yang lebih kecil bisa dengan mudah masuk. Setelah itu glukosa galaktosa dan fruktosa yang telah di serap di sel usus berdifusi menuju darah melalui GLUT-2.]

### Ikhtisar Pencernaan Karbohidrat



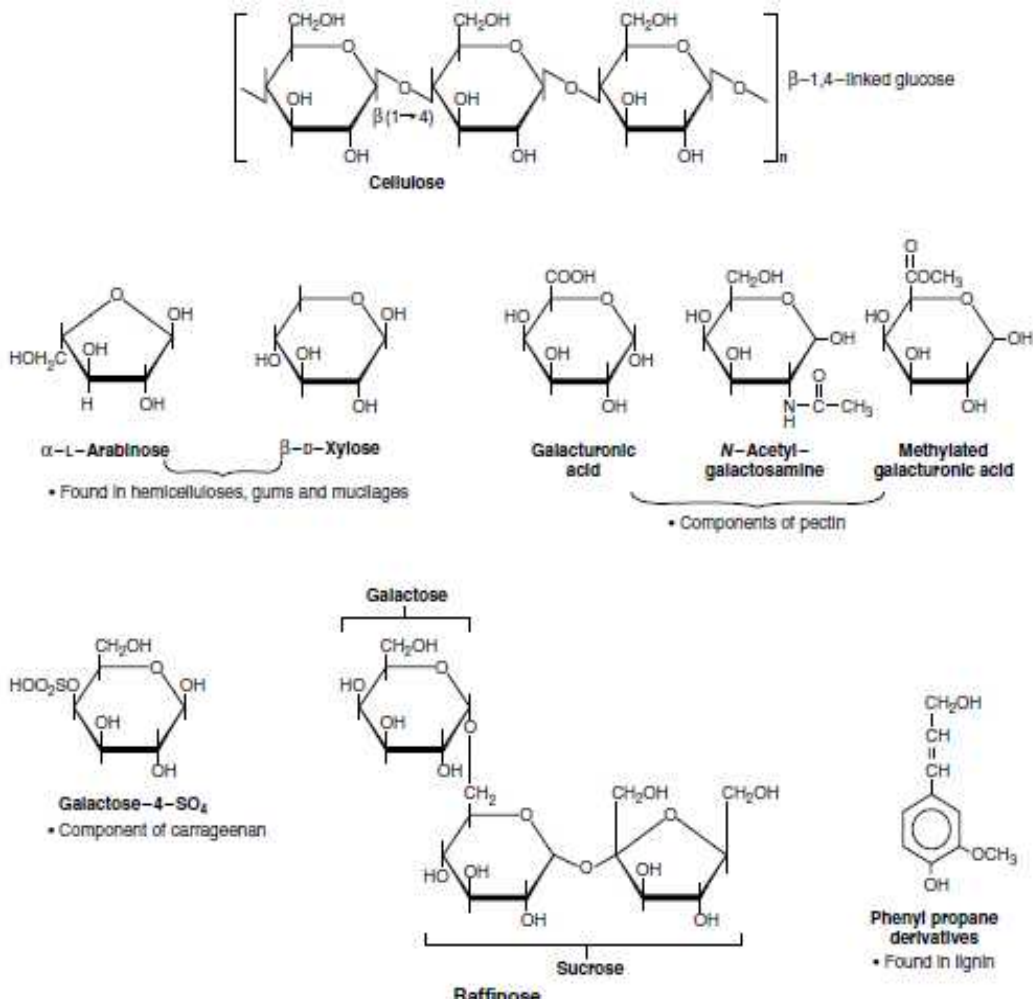
[Makanan dalam bentuk gandum, laktosa dan sukrosa masuk ke dalam mulut akan dipecah oleh  $\alpha$ -amilase yang dihasilkan kelenjar ludah. Kemudian masuk ke dalam lambung tidak terjadi pencernaan. Di dalam duodenum akan terjadi pencernaan menjadi  $\alpha$ -dekstrin. Kemudian didalam usus halus kemudian akan dipecah pecah menjadi glukosa, fruktosa dan galaktosa baru kemudian akan diserap. Serat yang tidak tercerna dan tidak terserap akan keluar lewat feses.]



## Metabolisme Karbohidrat oleh Koloni Bakteri dalam Usus

- ✓ Kanji sebagai karbohidrat tidak dicerna dng baik dalam sal.pencernaan
- ✓ Serat makanan dan karbohidrat yang tidak tercerna dimetabolisme oleh bakteri colon menjadi : gas, asam lemak rantai pendek, asam laktat

## Karbohidrat yang Tidak Tercerna



[Beberapa karbohidrat yang tidak dapat dicerna, merupakan komponen serat dalam makan. Ada 5 katagori; selulosa, hemiselulosa, pectin, musilago dan getah (gum), serta lignin (yang bukan karbohidrat tapi polimernya fenilpropana). Enzim manusia tidak dapat mencerna serat, namun bakteri normal dalam usus manusia dapat mencernanya, dan akan menghasilkan produk CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O, H<sub>2</sub>, metana, asam lemak rantai pendek (asam lemak ini dapat diabsorpsi dan menuju hati melalui vena porta hepatica), secara total sekitar 10% kalori dari pencernaan oleh bakteri ini.]

## Pencernaan Serat Makanan

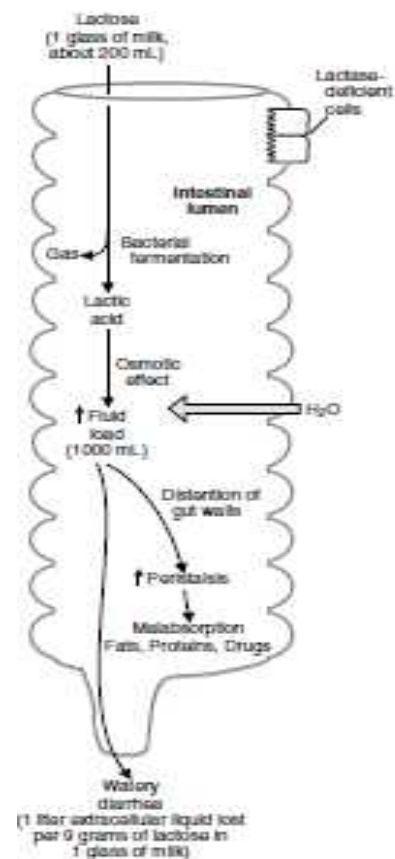
- ✓ Serat tidak dapat dicerna oleh sal. Pencernaan
- ✓ Berasal dari turunan polisakarida dan lignin
- ✓ Dimetabolisme oleh koloni bakteri dalam colon
- ✓ Menghasilkan gas dan asam lemak rantai pendek

Classical Nomenclature	Classes of compounds	Dietary Sources
<b>Insoluble Fiber</b>		
Cellulose	Polysaccharide composed of glucosyl residues linked $\beta$ -1,4.	Whole wheat flour, unprocessed bran, cabbage, peas, green beans, wax beans, broccoli, brussel sprouts, cucumber with skin, green peppers, paplos, carrot
Hemicelluloses	Polymers of arabinoxylians or galactomannans	Bran cereals, whole grains, brussel sprouts, mustard beans, beef root
Lignin	Noncarbohydrate polymeric derivatives of phenylpropane	Bran cereals, unprocessed bran, strawberries, eggplant, peas, green beans, radishes
<b>Water Soluble Fiber (or dispersible)</b>		
Pectic Substances	Galactouranans, arabinogalans, $\beta$ -glucans, arabinoxylians	Squash, apples, citrus fruits
Gums	Galactomannans, arabinogalactans	Detmex, dried beans, cauliflower, green beans, cabbage, carrots, dried peas, potatoes, strawberries
Mucilages	Wide range of branched and substituted galactans	Flax seed, psyllium, mustard seed

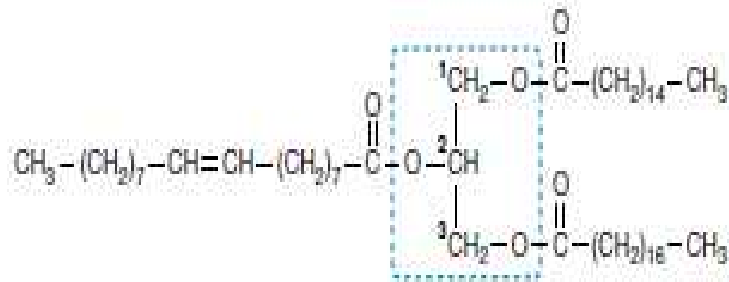
## Kelainan Pencernaan

- ✓ Diare : kekurangan salah satu hasil pencernaan, absorpsi air tidak baik
- ✓ Intoleransi laktosa :
  - Nonpersistent atau persistent lactase
  - Cedera intestinal

[Intoleransi laktosa juga berhubungan dengan diare. Intoleransi laktosa bisa disebabkan oleh defisiensi pembentukan lactase di usus halus, atau karena cedera mukosa usus di tempat sintesisnya. Hubungan tersebut terletak pada laktosa yang tidak dicerna ini akan diambil alih oleh bakteri normal usus besar menjadi asam laktat, gas metana, gas H<sub>2</sub>, memberikan efek osmotik yang menarik air dari plasma ke lumen usus sehingga kadar air meningkat dan menyebabkan *watery* diare. Intoleransi laktosa juga bisa timbul akibat sensitivitas terhadap protein susu (intoleransi susu) dan akibat malabsorpsi gula lain.]

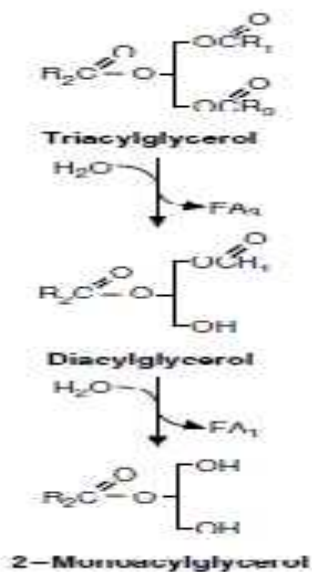


# PENCERNAAN LIPID



- ✓ Lemak dalam diet : [terutama dalam bentuk] triasilgliserol [ada juga bentuk kolesterol dan fosfolipid]
- ✓ Pencernaan dimulai di usus halus, di mulut dan di lambung juga terjadi pencernaan lipid t.u as lemak rantai pendek dan sedang
- ✓ Dalam usus halus triasilgliserol [cenderung menggumpal, maka akan dipisah-pisah dengan cara] diemulsifikasi oleh garam empedu : [menjadi bentuk] micelles
- ✓ Garam empedu di produksi di liver [bahan bakunya kolesterol]
- ✓ Sekresi dirangsang oleh hormon kolesistokinin dalam usus halus
- ✓ Menghasilkan lipid teremulsifikasi sehingga mudah terpapar enzim [karena dipecah-pecah makan luas permukaan ↑ jadi lebih banyak yg terpapar enzim]
- ✓ Enzim utama pencernaan lipid : lipase pankreas
- ✓ Disekresi bersama dng colipase, meningkatkan aktivitas lipase
- ✓ Enzim lain : esterase, phospholipase A2

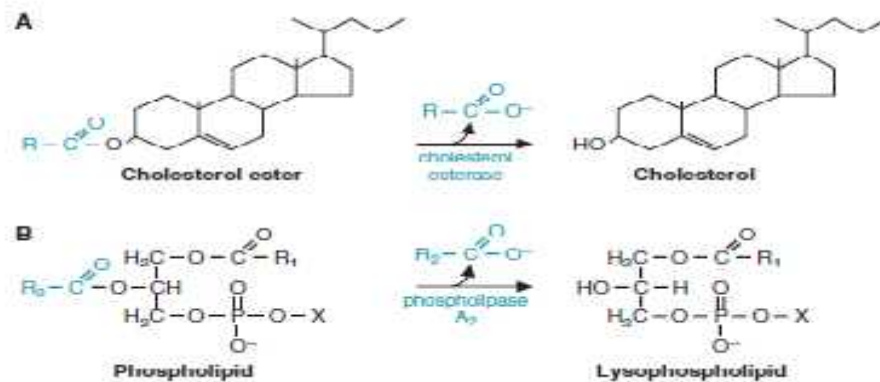
## Kerja Lipase Pankreas



[Lipase Pankreas termasuk golongan enzim hidrolase, kerjanya pake air. Pemecahan pertama, yang lepas klo nd asam lemak di C1 brarti C3. Pemecahan pertama hasilnya asam lemak sama diasilgliserol. Lalu diasilgliserol nih dipecah lagi dan hasilnya asam amino dan 2-monoasilgliserol. Jadi, hasil akhir dari kerja lipase pancreas terdiri dari 2 buah asam lemak dan 1 buah 2-monoasilgliserol]

## Kerja Esterase dan Phospholipase A2

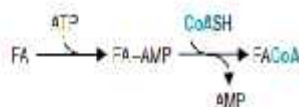
[Bisa langsung dilihat dibawah gimana esterase memecah kolesterol ester dan phospholipase A2 yang memecah fosfolipid. Nanti bentuk kolesterol dan lisofosfolipid ini yang akan diabsorbsi]



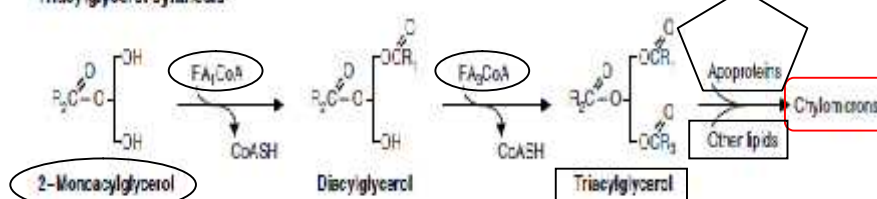
## Absorbsi Lipid

- ✓ Micelles yang mengandung [1 buah] 2-monoasilgliserol dan [2 buah] asam lemak, serta lipid lain diabsorbsi oleh usus halus
- ✓ Asam lemak rantai pendek dan sedang [panjangnya 6-10 al] langsung diabsorbsi tanpa dikemas dalam micelles [dibawa oleh chylomicron]
- ✓ Dalam usus halus triasilgliserol dirakit kembali [menjadi triasilgliserol] dari [1 buah] 2-monoasilgliserol dan [2 buah] asam lemak

### Activation of fatty acids



### Triacylglycerol synthesis



[Sintesis triasilgliserol yang ada pada gambar diatas dimulai dengan sintesis diasilgliserol dari 2-monoasilgliserol dan asam lemak ujung C1. Dilanjutkan dengan sintesis triasilgliserol dari diasilgliserol yang dibentuk sebelumnya, dengan asam lemak ujung C3. Triasilgliserol, bersama dengan lipid lain yang dalam hal ini adalah kolesterol dan lipofosfolipid yang sudah dibentuk sebelumnya, melalui protein carrier berupa apoprotein, akan dibawa oleh chylomicron yang selanjutnya akan masuk proses penyerapan lipid]

- ✓ Triasilgliserol, kolesterol, fosfolipid dikemas dalam protein chylomicron
- ✓ Lipoprotein densitas paling rendah, sintesis di retikulum endoplasma usus halus
- ✓ Masuk ke pembuluh limfe melalui proses eksositosis [perbedaan lipid dengan karbohidrat dan protein, karena lipid hrs masuk ke pembuluh limfe dulu]
- ✓ Masuk ke pembuluh darah ml ductus thoracicus

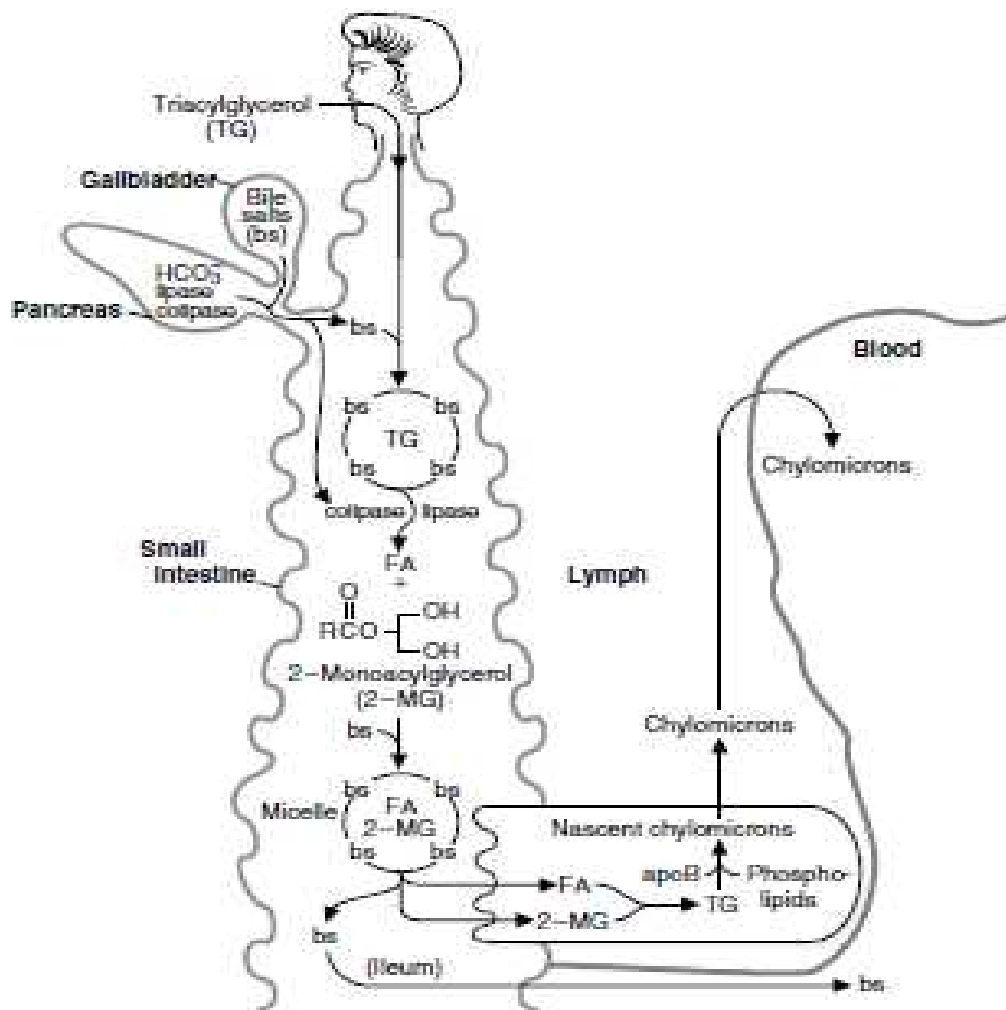
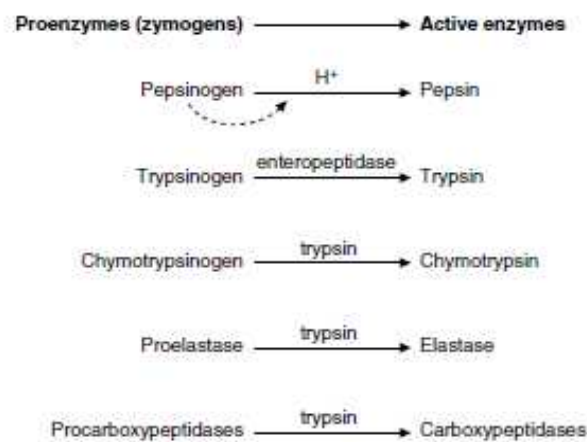


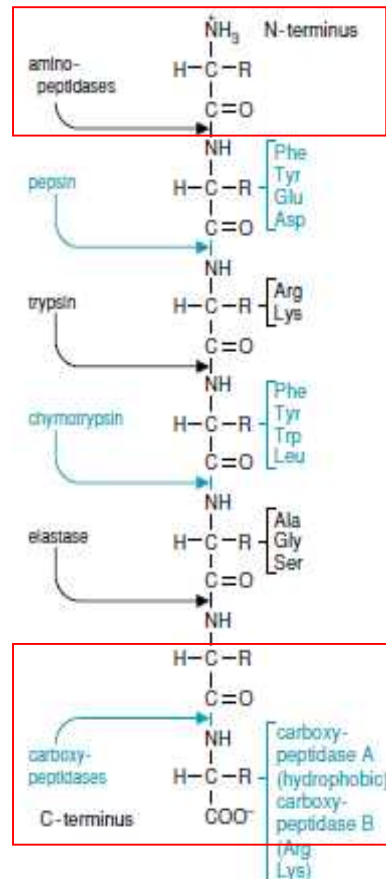
Fig. 32-3. Digestion of triacylglycerols in the intestinal lumen. TG = triacylglycerol; bs = bile salts; FA = fatty acid; 2-MG = 2-monoacylglycerol.

# PENCERNAAN PROTEIN

- ✓ Pencernaan protein di mulai di lambung
- ✓ Enzim pencerna protein disekresi dalam bentuk zimogen [zimogen artinya enzim dalam bentuk tidak aktif. Kenapa dalam bentuk zimogen? Agar protein tsb tidak mencerna sel tubuh kita sendiri.]
- ✓ Untuk mencerna sebuah protein diperlukan berbagai jenis enzim [karena struktur tubuh kita tersusun dari banyak jenis protein, tiap-tiap protein tersusun dari asam amino yang bervariasi sehingga untuk mencernanya diperlukan enzim yang spesifik]



- ✓ Dalam lambung, protein terdenaturasi karena suasana asam
- ✓ Pepsinogen diaktifkan oleh suasana asam lambung menjadi pepsin
- ✓ Pepsin merupakan endopeptidase
- ✓ Dalam duodenum suasana kembali menjadi netral
- ✓ Enzim protease pankreas disekresi dalam bentuk zimogen
- ✓ Tripsin : [dihasilkan oleh pancreas]
  - mencerna protein diet
  - mengaktifkan enzim lain
- ✓ Tripsin, kemotripsin, elastase : gol. Endopeptidase
- ✓ Carboxypeptidase , aminopeptidase : gol. Eksopeptidase



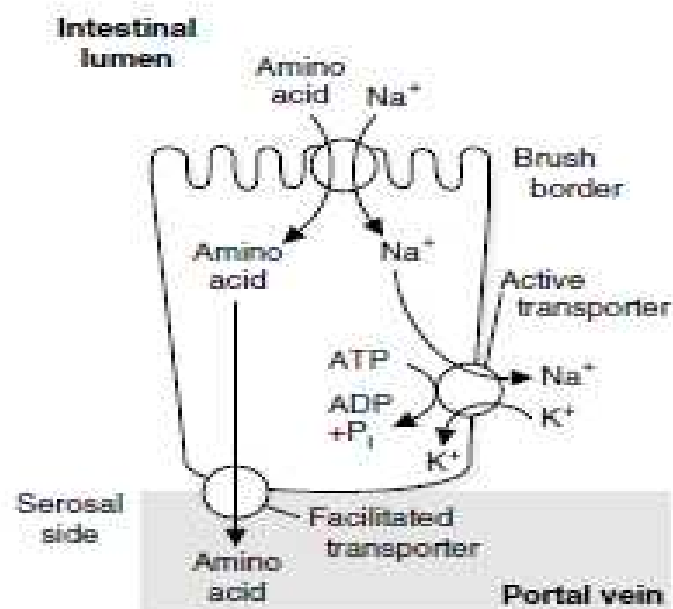
[Kerja enzim sangat spesifik, masing-masing enzim memecah ikatan peptide berbeda dari 1 molekul protein]

[Tadi di lambung pepsin kan sifat enzimnya endopeptidase, di duodenum juga tripsin sifatnya endopeptidase. Jadi ikatan peptida pada protein yang udah terpotong baru bagian dalamnya aja. Nah untuk memotong ikatan peptida yang bagian ujung-ujungnya, enzim yang bekerja yaitu **Carboxypeptidase** , **aminopeptidase**.]

[As.amino kan ada yang memiliki ujung N dan ujung C.]

- Kalau ujung asam aminonya C – yang memecah ikatannya dalah **Carboxypeptidase**
- Kalau ujung asam aminonya N – yang memecah ikatannya adalah **Aminopeptidase**

### Absorpsi Protein



[Pada sel epitel usus, asam amino punya transporter, transporternya yaitu **Na-dependen**, kalo Na masuk – asam amino juga ikut masuk ke dalam sel → masuk ke pembuluh darah → masuk ke vena porta, dalam bentuk asam amino langsung tanpa mengalami perubahan struktur seperti lipid.]

JAWABAN CHECKPOINT!

Sucrasedisomaltase	Glucoamilase
2	1,3,4,5

Enzim sucrose-isomaltase kompleks berarti ada 2 enzim yang bergabung yang fungsinya untuk memecah sukrosa dan isomaltosa. Sukrosa dipecah menjadi fruktosa dan glukosa sedangkan isomaltosa dipecah menjadi 2 molekul glukosa. Terlihat di gambar tidak ada sukrosa, yang terlihat hanya ikatan 1-4 dan 1-6 dari glukosa. Sehingga dapat disimpulkan yang bekerja adalah pemecahan isomaltosa menjadi 2 molekul glukosa. Sehingga yang dipecah isomaltase adalah no 2. Yang dipecah glucoamilase? Sisanya, yaitu no. 1,3,4,5, karena glucoamilase memecah ikatan 1-4