

## **PENCERNAAN MAKANAN DAN METABOLISME ZAT GIZI**

### **Pendahuluan**

Pengubahan makanan dari sejak awal hingga menjadi berbentuk molecular yang siap untuk diserap melalui dinding usus, disebut pencernaan makanan dan proses ini berlangsung dalam sistem pencernaan makanan yang terdiri atas beberapa organ tubuh, yaitu mulut, lambung, dan usus dengan bantuan pancreas juga empedu. Makanan yang masuk ke dalam tubuh yang terdiri dari karbohidrat, lemak, protein, mineral, vitamin dan air harus diubah dahulu mejadi molekul-molekul yang dapat masuk ke dalam sel-sel melalui proses fisik maupun kimia.

Adapun tahap-tahap pencernaan makanan terdiri atas: Pencernaan (digestion), Penyerapan (absorption), Pengangkutan (transportation), Penggunaan (utilization), Pembuangan (exretion).

Modul ini akan membahas tentang : Alat-alat pencernaan dan fungsinya; Pencernaan karbohidrat, lemak dan protein; Penyerapan karbohidrat, lemak dan protein serta methabolisme karbohdrat, lemak dan protein.

## Tujuan

Setelah mempelajari modul ini mahasiswa diharapkan:

- 1 Memahami tentang proses Pencernaan Makanan
- 2 Mengetahui tentang sistem metabolisme zat gizi

Materi modul ini disusun menjadi dua kegiatan belajar, yaitu:

- Kegiatan Belajar 1 :       Pencernaan Makanan  
Kegiatan Belajar 2 :       Metabolisme Zat Gizi

Agar dapat memahami materi modul ini dengan baik serta mencapai kompetensi yang diharapkan, gunakan strategi belajar sebagai berikut:

1. Bacalah uraian materi setiap kegiatan belajar dengan seksama.
2. Lakukan latihan sesuai dengan petunjuk dalam kegiatan ini.
3. Cermati dan kerjakan tugas-tugas, gunakan hasil pemahaman yang telah anda miliki.
4. Kerjakan tes formatif seoptimal mungkin, dan gunakan rambu-rambu jawaban untuk membuat penilaian.
5. Nilailah hasil belajar anda sesuai dengan indikatornya.

## KEGIATAN BELAJAR I

### **Pencernaan Makanan (Digestive System)**

Tubuh manusia dilengkapi dengan alat-alat pencernaan yang bertugas mengubah makanan dari bentuk yang relatif kasar menjadi halus, sehingga mudah diserap usus. Jadi agar makanan yang dikonsumsi dapat digunakan tubuh maka harus diolah dahulu dalam tubuh oleh alat-alat pencernaan. Alat-alat tersebut membentuk sistem pencernaan (digestive system) di dalam pengolahan bahan makanan mulai dari mulut sampai ke rectum(dubur) dan anus(lubang pengeluaran).

### **Alat-alat Pencernaan dan Fungsinya**

#### **Gigi**

Gigi seri (dens incisivus) berfungsi untuk memotong-motong makanan, gigi taring (dens caninus) untuk mengoyak/merobek makanan, gigi geraham untuk mengunyah.

Dengan diketahuinya fungsi gigi tersebut maka gigi perlu dipelihara dan digunakan sesuai dengan fungsinya dan yang tidak kalah pentingnya adalah hindari makanan yang serba keras ,panas,dingin terus-menerus serta kunyahlah makanan sampai halus sehingga akan membantu proses pencernaan selanjutnya.

#### **Lidah**

Fungsi yang pokok lidah dalam proses pencernaan yaitu sebagai alat pengecap, sebagai pengaduk makanan di mulut, sebagai pembersih mulut dan membantu mendorong makanan dalam proses menelan.

#### **Glandula saliva**

Glandula saliva atau kelenjar ludah berfungsi memproduksi saliva atau ludah yang akan memudahkan proses pengunyahan dan penelanan juga mengandung hormon ptialin untuk proses pencernaan pertama karbohidrat.

#### **Kerongkongan/oesofagus**

Oesofagus merupakan alat penghubung antara mulut dengan lambung, sepertiga dari bagian oesofagus (bagian atas) kerjanya dipengaruhi oleh otot lurik dan bagian bawah yang dua pertiga lagi dipengaruhi otot polos dan gerak peristaltic kerongkongan itu sendiri. Jadi masa makanan yang telah mengalami pengunyahan dan bercampur dengan saliva di atas yang telah berbentuk bolus(bola-bola makanan yang agak hancur yang menyatu dan teikat saliva) akan bergerak ke arah oesofagus melalui gerakan peristaltic.

## **Lambung/ventrikulus**

Lambung merupakan kantung besar yang terbagi menjadi 3 bagian utama yaitu: lambung bagian atas yang berdekatan dengan hati disebut kardiak; lambung bagian tengah disebut fundus; bagian bawah dekat usus disebut pilorus.

Ventrikulus ini besar sekali artinya dalam menyimpan, menggiling dan mengirimkan bagian makanan yang sudah dicerna. Di dalam lambung terdapat getah lambung yang mengandung unsur-unsur : air, ion-ion organik, musin /lendir yang tersusun atas protein, asam klorida (HCL) yang disebut asam lambung . Makanan yang telah bercampur dengan getah lambung disebut chime melalui kelep/spinchter pilorus akan dilepskan sedikit demi sedikit masuk ke dalam usus halus.

## **Usus halus (intestinum tenue)**

Usus halus terdiri dari 3 bagian:

Doudenum yaitu usus 12 jari panjangnya 0,25 m

Jejunum yaitu usus kosong panjangnya 7 m

Ileum yaitu usus penyerapan panjangnya sekitar 1 meter

Pada usus halus makanan dicerna secara kimiawi dan biasanya makanan yang ada di usus halus telah berupa bubur bersifat asam sehubungan dengan kandungan HCL, asam klorida merangsang keluarnya hormone sekretin dan kolesistokinin (keduanya langsung diserap darah). Hormon sekretin berfungsi merangsang kelenjar pancreas agar mengeluarkan getahnya, yaitu getah yang mengandung: Tripsinogen (belum aktif) yang perlu diaktifkan oleh enterokonase menjadi tripsin yang berfungsi memecah pepton menjadi asam amino; Amilase fungsinya memecah molekul disakarida menjadi monosakarida; Lipase pancreas fungsinya menghidrolisasi emulsi lemak menjadi asam lemak dan gliserin.

Hormon kolesistokinin berfungsi merangsang empedu agar mengeluarkan bilus. Empedu tersebut dihasilkan oleh hati yang selanjutnya melalui pembuluh hepaticus disimpan di dalam vesika felea atau kantung empedu. Kandungan bilirubin dan garam-garam empedu dalam empedu mempunyai fungsi mengemulsikan lemak.

Kelenjar lieberkulin yang berada di dinding usus halus adalah penghasil getah usus halus, dengan kandungan-kandungan : a. Erepsinogen, yang perlu diaktifkan menjadi erepsin yang berfungsi memecah pepton menjadi asam amino; b. Enterokinase fungsinya mneaktifkan erepsinogen dan tripsinogen; c. Maltase, lactase, sakrase, dengan zat tersebut karbohidrat akan disederhanakan menjadi glukosa, galaktosa dan fruktosa.

Hasil akhir pencernaan makanan adalah berupa sari makanan yang siap diserap ke dalam pembuluh darah, adapun si-sisa makanan yang tidak dapat disarikan (ampas makanan) didorong memasuki colon. Residu makanan berikut lender serta sisa sel-sel yang mati dari dinding usus didekomposisi (dibusukkan) menjadi tinja (feses) dan dengan dorongan dari dalam akan keluar melalui anus sebagai buangan.

## **Pencernaan Karbohidrat, Lemak dan Protein**

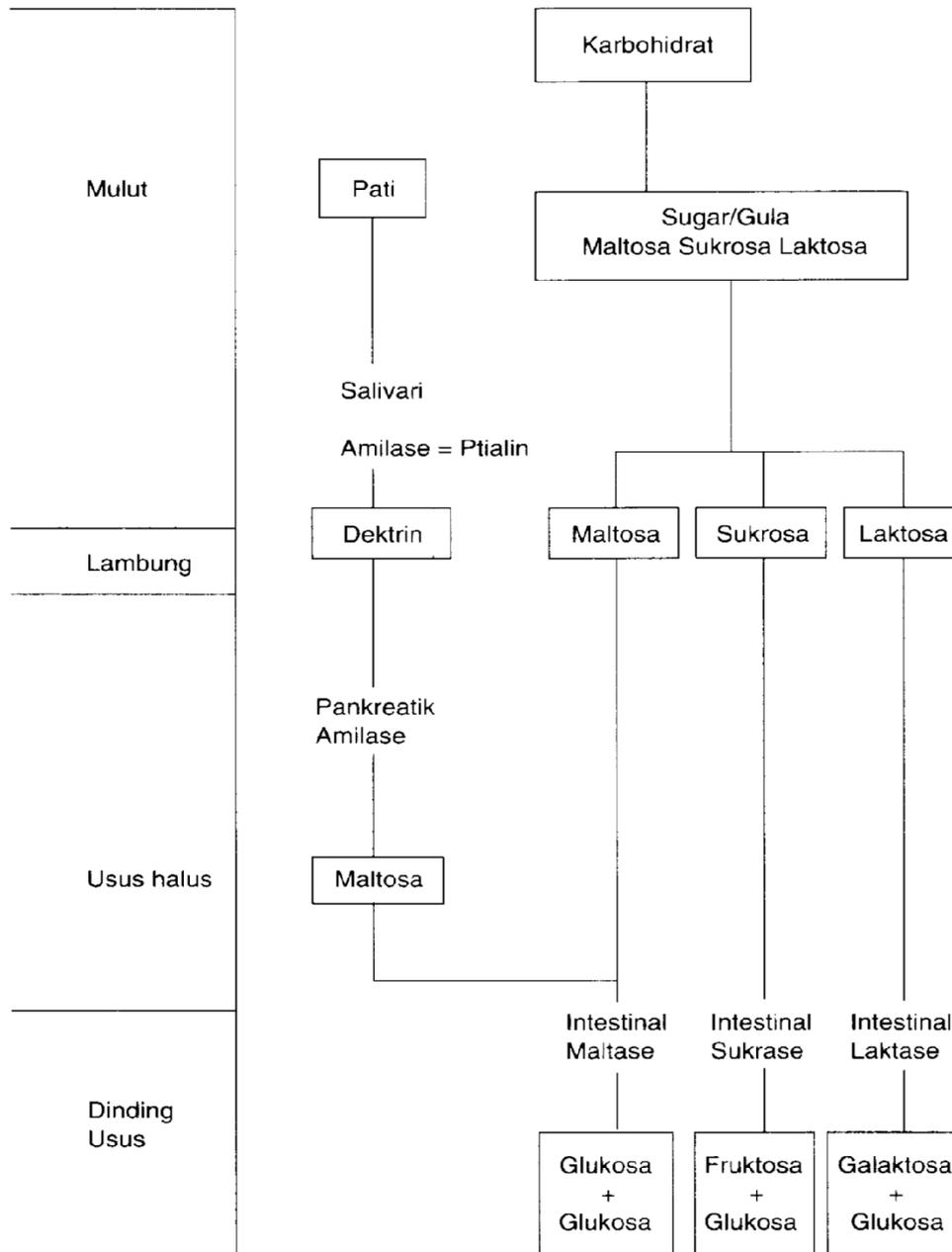
### *Pencernaan Karbohidrat*

Agar karbohidrat dapat dipergunakan untuk keperluan tubuh maka, karbohidrat harus dipecah menjadi senyawa yang sederhana sehingga dapat melewati dinding usus kemudian masuk ke sirkulasi darah.

Monosakarida adalah karbohidrat sederhana yang secara normal bisa melewati dinding usus. Proses pemecahan karbohidrat kompleks menjadi sederhana disebut proses pencernaan karbohidrat.

Di dalam mulut, makanan bercampur dengan amylase yang akan mengubah starch/pati menjadi dekstrin. Umumnya hanya sebagian kecil yang dapat dicerna. Sebelum makanan bereaksi asam dengan adanya HCL yang diproduksi lambung, pati akan diubah sedapat-dapatnya menjadi disakarida.

Di dalam lambung tidak ada pemecahan pati, kemudian dari lambung makanan masuk ke usus, media yang sedikit basa adalah penting untuk bekerjanya "starch splitting enzym" yang disekresikan oleh kelenjar dinding usus. Pancreatic amylase memecah pati menjadi disakarida. Perubahan akhir pemecahan sukrosa > fruktosa + glukosa dilakukan oleh enzim intestinal sukrase. Maltosa > glukosa + glukosa dilakukan oleh enzim intestinal maltase. Laktosa > galaktosa + glukosa dilakukan oleh enzim intestinal laktase.



Gambar Proses Pencernaan Karbohidrat

### *Pencernaan Lemak*

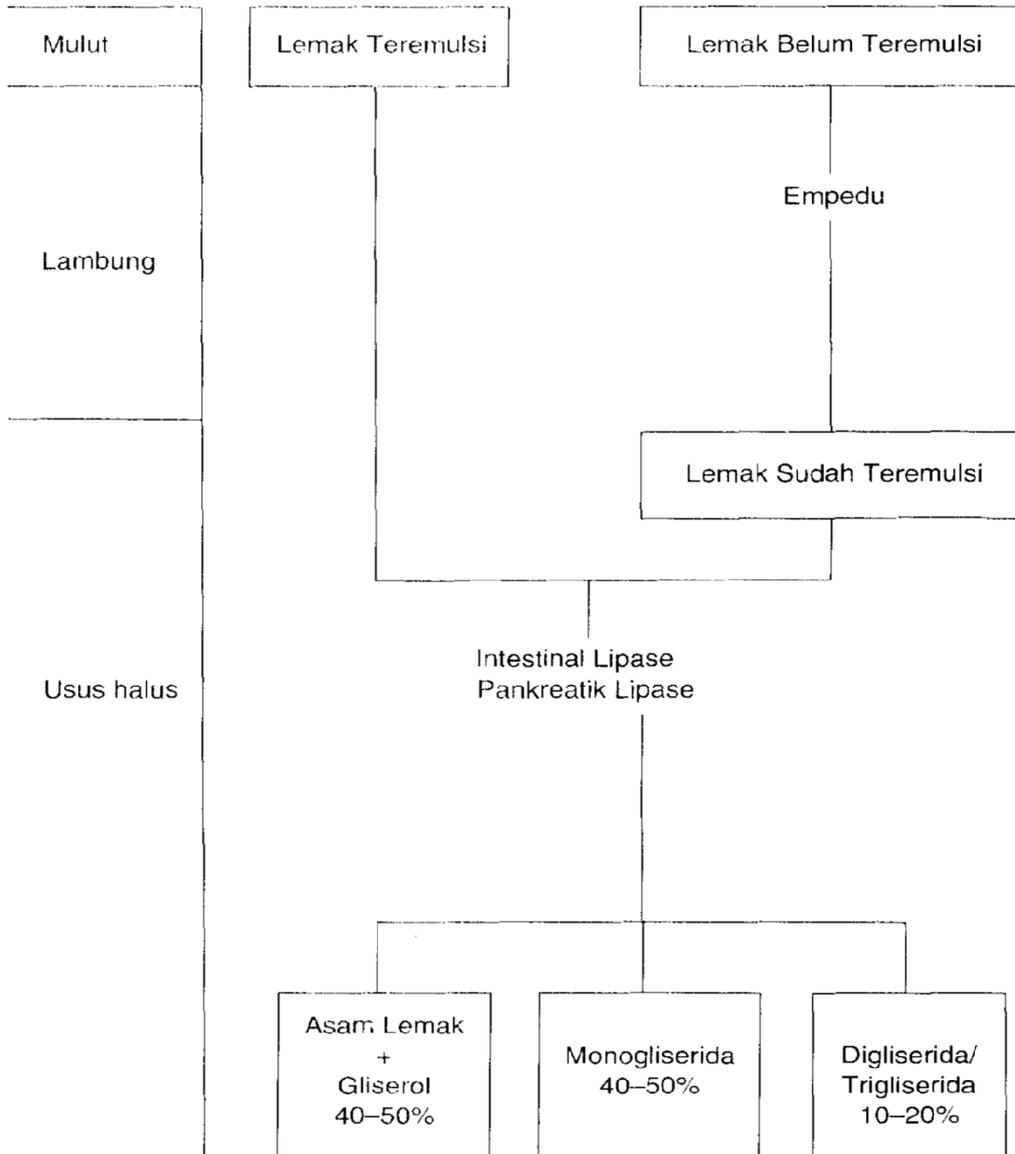
Lemak yang didapat dari makanan terdiri dari dua bentuk:

Sebagai lemak yang telah diemulsikan (emulsified fat)

Sebagai lemak yang belum diemulsikan (unemulsified fat)

Pencernaan lemak dimulai di lambung, lemak yang belum diemulsi di lambung dengan bantuan empedu diubah menjadi lemak yang telah diemulsi dan selanjutnya bersama-sama dengan lemak yang sudah diemulsi akan masuk ke dalam usus halus. Setelah di usus halus dengan bantuan enzim intestinal lipase dan pancreatic lipase, lemak akan dipecah menjadi struktur yang lebih sederhana sehingga lemak bisa melalui selaput membran Tractus Gastro Intestinal selanjutnya masuk ke sirkulasi darah dan kemudian dibawa ke jaringan tubuh.

Lemak dipecah menjadi > asam lemak + gliserol (40% - 50%), dipecah menjadi monogliserida (40 - 50%), sisanya akan diserap dalam bentuk digliserida, trigliserida kira-kira 10 - 20 %. Pada tubuh yang sehat lemak dapat dicerna 95 - 100 %.

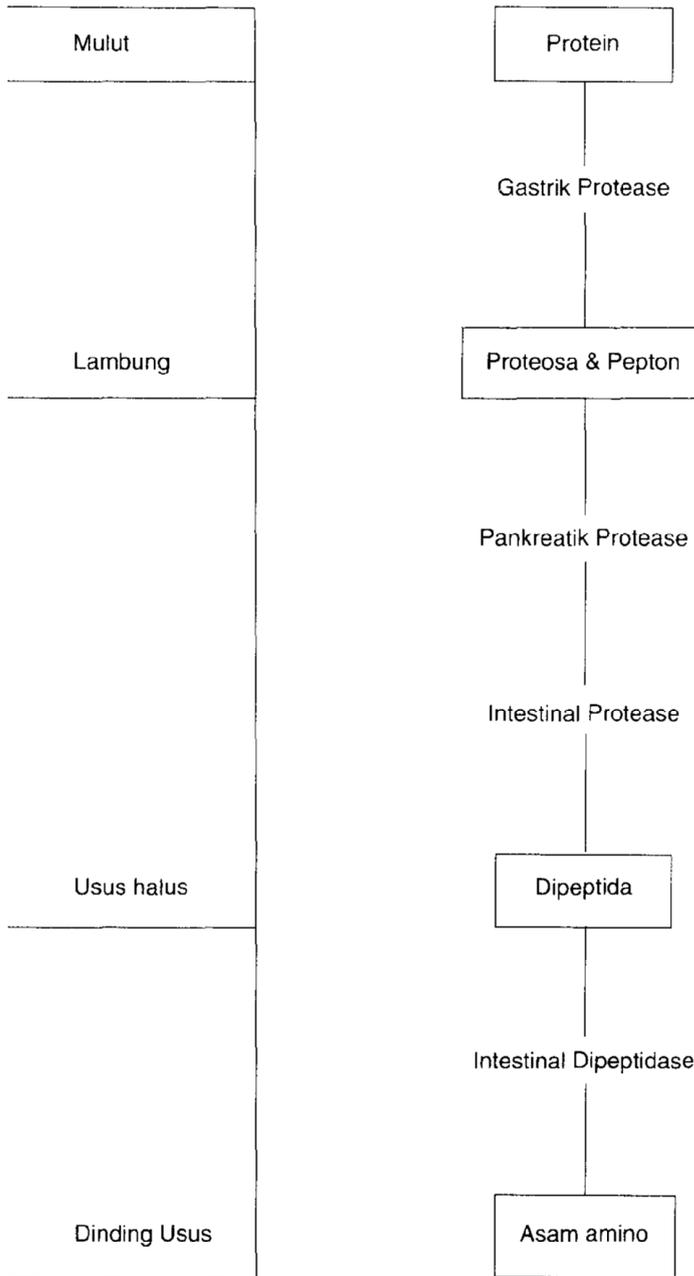


Gambar Proses Pencernaan Lemak

*Pencernaan Protein*

Enzim pengubah protein, menurut penelitian para pakar, ternyata tidak terkandung pada saliva, dengan demikian perombakan terhadap protein tidak terjadi di dalam mulut. Perombakan protein baru dimulai di dalam lambung dengan media cairan lambung yang asam sangat membantu dan mempermudah pepsin untuk bekerja merombak rantaian spesifik ikatan peptida dari asam amino yang rantainya lebih pendek yang disebut pepton. Selanjutnya sebagian protein yang sudah dicerna masuk ke dalam usus, di sini ditemukan bahwa media yang asam dari cairan lambung telah dinetralisasi menjadi sedikit alkalis dan disini pula diketahui bahwa cairan pancreas mengandung 2 macam enzim pengubah protein, yaitu: a. Protease pankreatik ( tripsin dan khimotripsin ---→ sekitar 30 % protein dirombak menjadi → asam amino sederhana → yang langsung dapat diserap oleh usus. Sekitar 70 % lagi protein dipecah menjadi dipeptida, tripeptida atau terdiri atas lebih dari 3 asam amino.

b. Enzim proteolitik yang lain yang berkemampuan memecah protein yaitu Karboksi peptidase, amino peptidase . Protein komplek -→ dipeptida → asam amino + asam amino. Enzim pengubah protein bersifat hidrolis sehingga memerlukan air pada proses perombakan atau pelepasan asam amino.



Gambar Proses Pencernaan Protein

### C. Penyerapan Karbohidrat, Lemak dan Protein

#### *Penyerapan Karbohidrat*

Starch atau pati setelah mengalami proses pencernaan sempurna yang dimulai di lambung, akan diserap melalui pump mechanism yang membutuhkan energy dan perlu bantuan "Carrier" (transporting agents). Perlu diingat berbagai jenis gula di dalam tubuh akan diubah menjadi glukosa. Glukosa ini akan dikirim ke hati melalui pembuluh darah vena porta, setelah itu akan dikirim ke seluruh jaringan tubuh sesuai kebutuhan. Sebagian glukosa disimpan di otot dan di hati sebagai cadangan yang disebut glikogen. Kapasitas pembentukan glikogen ini sangat terbatas, kelebihan karbohidrat akan diubah menjadi lemak dan ditimbun di dalam jaringan lemak /jaringan adiposa.

Fruktosa dan galaktosa akan diubah menjadi glukosa terutama di hati dan akan disirkulasikan di dalam darah dalam bentuk glukosa (gula darah). Kadar gula darah normal berkisar 80 - 120 mg per 100 ml darah.

Faktor-faktor yang mempengaruhi penyerapan karbohidrat:

Hormon insulin akan meningkatkan transport glukosa ke dalam jaringan sel. Berarti mempertinggi oksidasi glukosa di dalam jaringan, akibatnya akan mempercepat perubahan glukosa menjadi glikogen dalam hati.

Tiamin (vit.B1), piridoksin, asam panthotenat, hormon tiroksin berperan besar terhadap penyerapan dan metabolisme karbohidrat.

#### *Penyerapan Lemak*

Pada penyerapan lemak dapat diperhatikan tentang keadaan lemak yang tidak dapat larut dalam air, agar lemak dapat diserap perlu dilakukan pencernaan-pencernaan dengan bantuan beberapa reaksi C. Jadi pencernaan lemak dapat dibedakan berdasarkan pada panjangnya rantai C yaitu:

Asam lemak berantai C pendek akan mudah diserap, biasanya langsung penyerapannya melalui vena portal → hati

Asam lemak berantai sedang : gliserol, trigliserida berantai sedang diserap dalam jejunum melalui system darah portal (melalui vena portal → hati)

Asam lemak berantai panjang : monogliserida, digliserida, digliserida, diserap melalui system limfatik.

Jadi gliserol yang larut dalam air dapat langsung diserap dinding usus melalui vena portal → hati, sedangkan asam lemak yang tidak larut dalam air akan berikatan dengan garam empedu, setelah melalui membran usus, asam lemak melepaskan lagi ikatannya dengan empedu, selanjutnya

melakukan ikatan kembali dengan gliserol dan sejumlah kecil protein (disebut chilomicron) yang diserap ke dalam lacteal/sistem limfatik dan selanjutnya disampaikan ke seluruh tubuh melalui pembuluh limfe → ductus thoracicus → jantung.

#### *Penyerapan Protein*

Setelah protein dipecah menjadi asam amino yang ternyata larut dalam air maka penyerapan mudah dilakukan yaitu melalui : proses difusi pasif dan selektif diantara yang aktif. Dengan demikian lebih memudahkan dalam penyerapannya.

Penyerapan berlangsung setelah melalui membrane usus → vena portal → hati → masuk sirkulasi darah → ke jaringan di seluruh tubuh. Penyerapan asam amino terutama berlangsung pada bagian atas usus. Jelasnya: 60 % dari asam amino bebas diserap di usus halus, 28 % di usus besar atau colon, 12 % telah di mulai di lambung.

#### *Penyerapan Mineral dan Vitamin*

Penyerapan mineral yang penting bagi pertumbuhan dan pemeliharaan tubuh didapatkan lebih mudah, karena mineral pada umumnya larut dalam air. Diketahui juga ada yang diserap lebih selektif misal: zat besi dalam bentuk ferro akan lebih mudah diserap dari pada ferri. Penyerapan vitamin yang larut dalam air akan melewati membrane usus secara langsung masuk sistem pembuluh darah , kecuali vitamin B12 membutuhkan carrier berupa protein (special protein carrier). Sedangkan vitamin yang larut dalam lemak akan diserap secara tak langsung yaitu melalui sistem limfatik dan pada umumnya membutuhkan "protein carrier". Penyerapan air dan elektrolit sebagian besar terjadi di dalam kolon (usus besar).

## KEGIATAN BELAJAR II

### **Metabolisme (pertukaran zat) Karbohidrat, Lemak dan Protein**

Setelah zat makanan diserap dari usus ke dalam saluran darah, zat tersebut sudah siap untuk digunakan oleh tubuh dan dibawa ke sel-sel jaringan. Di dalam jaringan terjadi pengolahan zat-zat tersebut lebih lanjut dalam bentuk reaksi-reaksi kimia. Keseluruhan proses reaksi-reaksi kimia di dalam sel jaringan disebut metabolisme atau pertukaran zat. Proses pengolahan zat-zat makanan yang ruwet ini mempunyai tujuan akhir pertumbuhan dan penghasilan energi. Ketiga zat utama tidak diolah terpisah-pisah, tetapi proses-prosesnya saling berkaitan.

Proses-proses yang menyangkut karbohidrat dan lemak, terutama ditujukan pada penghasilan energi, sedangkan metabolisme protein mementingkan usaha kearah pemeliharaan/ pertumbuhan badan. Jika makanan kita hanya cukup untuk memenuhi keperluan bahan bakar, maka seluruh karbohidrat, lemak dan asam amino yang diserap akan dibakar untuk menghasilkan energi. Tetapi jika jumlah kalori yang dihasilkan dari makanan melebihi yang diperlukan, maka kelebihan akan disimpan di dalam tubuh dalam bentuk lemak di jaringan lemak ( dalam bentuk glikogen hati dan glikogen otot). Jika kalori yang dihasilkan oleh bahan makanan tidak mencukupi keperluan tubuh, maka sebagian dari timbunan lemak akan diubah kembali ke dalam energi dan jika jaringan lemak tak mencukupi, maka akan dipergunakan jaringan lainnya seperti jaringan otot. Pada orang yang kelaparan, mula-mula jaringan lemaknya hilang kemudian disusul oleh jaringan otot. Jelaslah bahwa keperluan akan energi merupakan hal primer dan pertumbuhan/ pemeliharaan merupakan hal yang sekunder. Pembakaran dari ketiga zat makanan tadi menghasilkan  $\text{CO}_2$  dan  $\text{H}_2\text{O}$ .

### **Metabolisme Karbohidrat**

Setelah melalui dinding usus, karbohidrat terdapat sebagai glukosa di dalam aliran darah, dan melalui Vena portae dialirkan ke hati. Di dalam organ ini, sebagian dari glukosa diubah kedalam glikogen dan kadar gula darah diusahakan dalam batas-batas konstan (80-120 mg%). Karbohidrat yang terdapat dalam saluran darah, praktis hanya dalam bentuk glukosa, karena fruktosa dan galaktosa diubah menjadi glukosa terlebih dahulu. Semua monosakarida ini termasuk golongan heksosa, yaitu molekul gula yang hanya mengandung enam buah atom karbon. Pentose pada umumnya tidak dipergunakan oleh tubuh, meskipun terdapat beberapa pentose (ribosa) yang merupakan bagian molekul-molekul penting didalam proses metabolisme.

Jika jumlah karbohidrat yang dimakan melebihi keperluan badan akan kalori, sebagian daripadanya akan ditimbun dalam hati dan otot sebagai glikogen. Kapasitas pembentukan glikogen ini terbatas sekali, dan jika penimbunan dalam bentuk glikogen ini telah mencapai batasnya, kelebihan

karbohidrat diubah menjadi lemak dan ditimbun didalam jaringan-jaringan lemak. Jika badan memerlukan energi itu, simpanan glikogen dipergunakan terlebih dahulu, disusul oleh mobilisasi lemak. jika dihitung dalam bentuk kalori, simpanan enersi dalam bentuk lemak jauh melebihi simpanan dalam bentuk glikogen. Sel-sel yang sangat aktif dan memerlukan banyak enersi, mendapat enersi dari pembakaran glukosa, yang diambilnya dari aliran darah. Kadar glukosa darah akan diisi kembali dari cadangan glikogen yang ada dalam hati. Kalau enersi yang diperlukan itu lebih banyak lagi, timbunan lemak dari jaringan-jaringan lemak mulai dipergunakan. Dalam jaringan lemak, zat lemak diubah kedalam zat antara yang dialirkan kedalam hati. Disini zat antara itu diubah kedalam glikogen, mengisi kembali cadangan glikogen yang telah dipergunakan untuk menambah kadar glukosa darah.

Peristiwa oksidasi glukosa didalam jaringan-jaringan terjadi secara bertingkat dan pada tingkat-tingkat itulah dilepaskan enersi sedikit demi sedikit, yang dapat dipergunakan lebih lanjut. Melalui suatu deretan proses-proses kimiawi, glukosa dan glikogen diubah menjadi asam pyruvat. Asam pyruvat ini zat antara yang sangat penting dalam metabolisme karbohidrat. Asam pyruvat dapat segera diolah lebih lanjut dalam satu proses siklis yang disebut "Lingkaran trikarbiksilat" yang dikemukakan oleh Krebs, sehingga lingkaran ini disebut juga "Lingkaran Krebs", nama lain ialah "Lingkaran asam sitrat". Dalam proses siklis ini dihasilkan CO<sub>2</sub> dan H<sub>2</sub>O dan terlepas enersi dalam bentuk persenyawaan yang mengandung tenaga kimia yang besar, ialah Adenosine triphosphate, yang biasa disingkat ATP. ATP ini mudah sekali melepaskan enersinya sambil berubah menjadi Adenosine diphosphate atau ADP. Tak perlu dijelaskan lagi bahwa setiap tingkat dari proses kimiawi itu memerlukan enzim-enzim yang khusus.

Sebagian asam pyruvat dapat pula diubah menjadi "asam laktat". Asam laktat ini dapat dialirkan keluar dari sel-sel jaringan dan masuk kedalam pembuluh darah, diteruskan ke hati. Didalam hati asam laktat diubah kembali menjadi asam pyruvat dan diteruskan menjadi glikogen. Perubahan asam pyruvat melalui asam laktat menjadi glikogen dan dengan demikian menghasilkan glukosa itu hanya terjadi di dalam hati, tidak dapat berlangsung dalam otot, meskipun dalam otot ini terdapat juga glikogen, sumber glikogen otot hanyalah glukosa yang diberikan oleh saluran darah.

Metabolisma karbohidrat, selain di pengaruhi oleh enzim-enzim, juga di atur oleh hormon-hormon tertentu. Hormon insulin yang di hasilkan oleh "Pulau- pulau Langerhans" dalam kelenjar ludah perut mempunyai peranan penting sekali. Hormon ini mempercepat oksidasi glukosa dalam jaringan, menggiatkan perubahan glukosa menjadi glikogen di dalam hati dan ada beberapa pengaruh lain yang berhubungan dengan metabolisme karbohidrat dan lemak.

Juga beberapa hormon yang di hasilkan oleh hypophysis dan kelenjar suprarenal merupakan pengatur-pengatur penting dari metabolisme karbohidrat.

Enzim adalah suatu keharusan bagi berlangsungnya proses-proses kimiawi metabolisme zat-zat makanan. Vitamin-vitamin sebagai bagian dari enzim secara tidak langsung berpengaruh pula pada metabolisme karbohidrat ini. Thiamine diperlukan dalam proses dekarboksilasi karbohidrat. Kekurangan vitamin B1 (thiamine) akan menyebabkan terhambatnya enzim dekarboksilase dengan akibat tertimbunnya zat-zat antara hasil pembakaran karbohidrat. Karena dekarboksilase bekerja pada proses pengubahan asam piruvat lebih lanjut, maka merendahnya kegiatan enzim ini menyebabkan timbunan asam piruvat dan asam laktat. Penyakit yang ditimbulkan oleh defisiensi vitamin B1 itu dikenal dengan penyakit beri-beri.

### **Metabolisma zat lemak**

Metabolisma lemak di mulai dengan proses hidrolisa yang menghasilkan gliserol dan asam-asam lemak. Gliserol mengalami serentetan peristiwa-peristiwa kimiawi yang berakhir dengan pengubahan gliserol kedalam glikogen. Untuk selanjutnya gliserol ini di perlakukan sebagai karbohidrat dan mengikuti proses-proses seperti glukosa.

Asam-asam lemak dipecah lebih lanjut melalui jalan tersendiri. Pemecahan asam lemak menghasilkan ikatan-dua-karbon yang di sebut "Acetyl Co-enzim A." Ikatan ini sebenarnya suatu ikatan antara gugusan acetyl dengan Co-enzim A. Dua gugusan acetyl ini dapat dikondensasikan menjadi Asam aceto-acetat, yaitu ikatan yang terdiri atas empat buah unsur karbon. Asam aceto-acetat dapat masuk kedalam Lingkaran Krebs sebagai asam oksalo-acetat. Di sinilah bertemu proses metabolisme karbohidrat dan lemak. Jalan lain yang dapat ditempuh oleh asam aceto-acetat ialah kearah asam hidroksibutirat dan aceton.

Tentang mekanik pemecahan asam lemak menjadi acetyl Co-enzim A. Belum lagi ada kata sepakat. Teori yang banyak di anut ialah apa yang di sebut "Teori oksidasi beta" yang di ajukan oleh Knoop. Ia mengatakan bahwa pemecahan asam lemak itu terjadi dengan oksidasi pada karbon dengan posisi beta, yaitu karbon kedua setelah tempat melekat gugusan hidroksil. Dengan cara ini, secara berangsur-angsur di lepaskan dua unsur karbon sebagai gugusan acetyl yang melekat pada Co-enzim A. Teori-teori lain pada dasarnya hampir sama dengan teori oksidasi beta ini, hanya merupakan tambahan atau variasi saja daripadanya. Teori oksidasi omega yang diajukan oleh Verkade mengatakan bahwa oksidasi terjadi juga pada unsur karbon ujung. Yang kemudian diikuti oleh oksidasi beta yang berlangsung dari kedua ujungmolekul sekaligus. Yang ketiga ialah teori oksidasi berseling, pada hakekatnya merupakan oksidasi beta yang terjadi secara simultan.

Untuk metabolisme lemak diperlukan kegiatan hati. Dari tempat penimbunan, lemak dikirim ke hati dalam bentuk lecithin. Di sini gliserol dipisah-pisah dari asam lemak, gliserol mengikuti proses lebih lanjut seperti karbohidrat, sedangkan asam lemak diubah menjadi zat-antara yang terdiri atas empat unsure karbon, yaitu aceto-acetat, asam hidroksi-butirat, untuk dikirim kembali ke sel jaringan. Dalam sel jaringan, zat-zat ini di bakar lebih lanjut dalam Lingkaran Krebs, untuk menghasilkan

energy. Di dalam sel jaringan, di bentuk kembali Acetyl – CoA dan zat inilah yang masuk kedalam Cyclus Krebs, untuk di bakar dengan pertolongan oksigen.

Pada gangguan metabolisma, dapat terjadi timbunan zat-antara ini dalam cairan darah. Zat-zat antara ini berupa ikatan asam keton, sehingga reaksi darah menjadi lebih asam dari biasanya di sebut acidosis. Pada acidosis ini terdapat timbunan zat antara Aceto-Acetate, asam hidroksi butirat dan keton. Ketiga zat tersebut mengandung gugusan karbonil sehingga di se but benda-benda keton. Keadaan dimana dalam cairan tubuh tertimbun benda-benda keton di sebut juga ketosis

Asam lemak dapat pula dibentuk di dalam badan dari asam aceto-acetate atau asam pyruvat; yang terkahir ini berasal dari pemecahan karbohidrat. Di sini kita lihat kemungkinan pembentukan asam lemak dari karbohidrat, sehingga pembentukan antara karbohidrat dan lemak itu adalah suatu proses yang timbale balik. Meskipun demikian tidaklah semua asam lemak dapat dibuat di dalam tubuh. Asam lemak yang tak dapat disintesa dalam tubuh disebut asam lemak esensial. Asam lemak esensial ini mempunyai ikatan-ikatan tak jenuh, misalnya asam lemak linolat, asam lemak linolenat dan asam lemak arachidonat. Asam-asam lemak ini memegang peranan dalam memelihara kesehatan kulit, dan harus terdapat dalam makanan kita.

Telah dikatakan, bahwa kelebihan kalori yang dimakan, baik dalam bentuk karbohidrat maupun lemak, akan ditimbun dalam tubuh sebagai jaringan lemak. Simpanan lemak tubuh mempunyai tiga fungsi fisiologik :

Sebagai persediaan energi yang dapat dipergunakan lagi sewaktu-waktu diperlukan. Simpanan lemak ini kira-kira 97% dapat dimobilisasikan kembali jika diperlukan

Menjaga dan melindungi alat-alat tubuh penting supaya tidak bergerak dari tempatnya misalnya ginjal, mata dan sebagainya

Sebagai isolator yang dapat menghalangi kehilangan panas yang terlalu banyak. Dengan demikian keperluan tubuh akan pemakaian energi jadi berkurang, dan tubuh terjaga dari iklim yang terlalu dingin.

Sebaliknya simpanan lemak yang berlebihan sebagai akibat terlalu banyak makan, dapat pula memberikan akibat-akibat yang merugikan. Orang yang terlampau gemuk, mudah merasa terganggu oleh panas sewaktu bekerja, karena panas yang terjadi sewaktu melakukan kerja itu tak mudah dibuang keluar tubuh, tetahan oleh lapisan lemak bawah kulit. Kelebihan berat yang disebabkan oleh timbunan lemak itupun memaksa badan melakukan kerja tambahan, yang berakibat pula pembentukan panas yang bertambah. Selain itu, kerja yang bertambah inipun menambah beban jantung. Untuk mengurangi pengaruh kelebihan berat itu, orang akan menjadi lebih segan untuk menggerakkan badannya dan bekerja. Kurangnya pemakaian tenaga itu akan menyebabkan pula penambahan penimbunan lemak, demikianlah akan terjadi suatu lingkaran yang tak berujung pangkal.

Teranglah bahwa prinsip untuk mengurangi kelebihan timbunan lemak ialah pengurangan kalori yang dimakan disertai penambahan kerja otot yang memerlukan pemakaian kalori yang diambilnya dari timbunan lemak itu. Meskipun terdengarnya sangat mudah, usaha menurunkan berat badan karena kelebihan lemak ini bukanlah suatu pekerjaan yang mudah untuk dilakukan. Cuma kemauan keras yang bermotif saja biasanya dapat merupakan pendorong bagi usaha pengurusan berat badan ini.

### **Metabolisma protein**

Sudah dijelaskan, bahwa protein diserap melalui dinding usus sebagai asam amino, dan dialirkan melalui Vena portae. Asam amino hasil pencernaan itu hampir seluruhnya dapat diserap dengan cepat. Dari cairan darah, asam-asam amino itu dengan cepat pula diambil oleh sel-sel jaringan, sehingga kenaikan kadar asam amino dalam cairan darah itu hanya sedikit sekali, meskipun baru makan sejumlah besar daging. Asam amino terutama dipergunakan untuk pembentukan jaringan baru atau menggantikan jaringan yang rusak atau aus, seperti epitel alat pencernaan, kulit, enzim-enzim dan sebagainya. Sebagian dari asam-asam amino itu dipecah di dalam sel-sel untuk disintesa kembali menjadi zat-zat lain tau menghasilkan enersi. Zat-zat yang baru dibentuk itu mungkin masih mengandung unsur nitrogen, tapi mungkin pula tidak mengandungnya. Persenyawaan yang tidak lagi mengandung nitrogen dapat diubah menjadi glikogen dan glikosa untuk selanjutnya mengalami pembakaran seperti karbohidrat, atau dapat pula disintesa menjadi asam lemak, untuk selanjutnya mengikuti proses-proses metabolisma lemak. Atas dasar kedua kemungkinan jalan yang ditempuh oleh asam amino ini, dapat dibedakan menjadi asam amino glikogenik dan asam amino ketogenik. Adapula asam amino yang tak dapat digolongkan kedalam salah satu dari kedua kemungkinan itu, karena mengalami proses yang berlainan, tidak melalui pembentukan glikogen maupun lemak.

Diantara ikatan yang mengandung nitrogen sebagai hasil pemecahan asam amino itu ialah ureum. Ureum ini merupakan hasil akhir dari proses pemecahan dan tak dapat pula dipergunakan lagi oleh tubuh, sehingga zat ini dibuang keluar dalam air seni.

Tiga jenis proses utama mendahului deretan proses-proses metabolisma asam amino itu. Proses dekarbolisasi memisahkan gugusan karboksil dari asam amino, sehingga terjadi ikatan baru yang merupakan zat-antara yang masih mengandung unsure nitrogen. Proses yang kedua ialah transaminasi, yang menghasilkan pemindahan gugusan amino (NH<sub>2</sub>) dari suatu asam amino ke ikatan lain, yang biasanya suatu asam keton, sehingga terjadi asam amino lagi yang berbeda dari asam amino yang pertama. Proses ketiga ialah deaminasi : di sini gugusan amino dipisahkan dari asam amino untuk di jadikan ureum, atau garam-garam amonium yang kemudian di buang ke luar tubuh.

***“Pool asam amino”***

Jaringan-jaringan tubuh itu tidaklah merupakan ikatan-ikatan yang statis tetapi selalu di perbaharui, dengan di lepaskannya molekul-molekul lama untuk diganti oleh molekul-molekul yang baru dating dari makanan. Jika sebagai hasil akhir tak terjadi penambahan atau pengurangan jaringan, terjadilah apa yang di sebut suatu “keseimbangan dinamik”. Hal ini berlaku bagi karbohidrat, lemak, maupun protein.

Asam amino yang terikat sebagai protein sel mengadakan keseimbangan dinamik dengan asam-asam amino yang bebas terdapat di dalam cairan jaringan. Kumpulan asam-asam amino yang bebas terdapat di dalam cairan jaringan. Kumpulan asam-asam amino yang terakhir ini pada waktu akhir-akhir ini di beri nama pool asam amino. Pool asam amino ini berasal dari makanan atau dari asam-asam amino hasil pemecahan jaringan-jaringan tubuh yang sudah tidak diperlukan. Kalau bahan bakar tubuh tidak mencukupi, maka asam-asam amino dari pool inilah yang mulai dipergunakan untuk dibakar sebagai sumber enersi. Karena itu pool asam amino ini sering di sebut pula “cadangan asam-asam amino.” Kalau cadangan ini berkurang, diisi kembali dengan asam-asam amino yang dihasilkan dari pemecahan jaringan-jaringan tubuh yang tidak di perlukan, biasanya sel-sel otot yang paling sedikit di pergunakan. Konsep cadangan asam amino ini agak berbeda dengan pengertian cadangan kalori yang terdapat sebagai glikogen atau jaringan lemak. Pada cadangan asam amino, zat ini berbentuk protein yang mempunyai fungsi aktif tidak sebagai glikogen dan lemak yang umumnya berfungsi pasif. Dalam kepustakaan lama selalu di tekankan bahwa asam amino tak dapat di simpan sebagai cadangan seperti halnya karbohidrat dan lemak. Dengan pengertian “pool asam amino” ini sebenarnya terdapat sejumlah asam amino yang pada hakekatnya merupakan cadangan.

***Interelasi antara metabolisme karbohidrat, lemak dan protein.***

Meskipun pada permulaan proses-proses metabolisme dari ketiga zat makanan utama itu mengambil jalan yang berlain-lainan, akhirnya ketiganya berkonvergensi ke arah satu proses bersama, ialah lingkaran Krebs, untuk pembakaran oksidatif yang menghasilkan enersi dalam bentuk tenaga kimia yang tersimpan dalam ikatan ATP (adenosine triphosphate).

Karbohidrat menghasilkan glukosa dan melalui asam pyruvat terus masuk ke dalam asam oksalo-acetat dari lingkaran Krebs. Lemak menghasilkan gliserol yang masuk ke dalam garis proses glukosa, selanjutnya menghasilkan asam pyruvat yang masuk pula ke dalam lingkaran Krebs; asam pyruvat masuk kedalam cyclus Krebs pada dua titik. Pertama dapat masuk lingkungan Krebs sebagai asam axalo-acetat dan kedua setelah berubah menjadi Acetyl CoA yang bereaksi dengan axalo-acetat menjadi asam lemak menghasilkan asetil-Co-enzim A, yang masuk pula ke dalam asam oksalo-acetat dari lingkaran Krebs. Protein menghasilkan asam-asam amino yang dapat tergolong glukogenik atau

ketogenik. Asam amino glukogenik melalui garis proses karbohidrat, sedangkan asam amino ketogenik mengambil garis proses asam lemak, dan keduanya masuk pula ke dalam lingkaran Krebs. Ada pula beberapa asam amino yang langsung dapat masuk ke dalam lingkaran Krebs melalui asam alpha-ketoglutarat.

Jelaslah bahwa metabolisme zat makanan yang satu akan mempengaruhi zat makanan yang lainnya. Untuk mendapatkan proses-proses yang harmonis diperlukan metabolisme ketiga zat makanan itu yang seimbang.

## **KESIMPULAN**

Pengolahan makanan yang terdiri dari karbohidrat, lemak, protein, mineral dan vitamin hasil akhir adalah diperolehnya zat dengan susunan kimia yang sederhana yang disebut nutrient sehingga bisa diserap dinding-dinding pembuluh darah usus yang sel kemudian diangkut oleh darah melalui pembuluh darah menuju sel untuk dilakukan pengolahan selanjutnya (metabolism) untuk mendapatkan energy dan untuk pemeliharaan dan pertumbuhan sel tubuh.

## **LATIHAN**

Sebutkan alat-alat pencernaan yang anda ketahui ?

Fungsi utama gigi adalah.....?

Tuliskan bagan pencernaan karbohidrat ?

Jelaskas apa yang dimaksud dengan pencernaan makanan ?

Jelaskan apa bedanya antara pencernaan dengan metabolisme ?

## **KEPUSTAKAAN**

Suhardjo; dan Clara M.Kusharto; Prinsip-prinsip Ilmu Gizi; Penerbit Kanisius, 1992

Poerwo Soedarmo; dan Achmad Djaeni S.; Ilmu Gizi; Penerbit Dian Rakyat; 1997.

Achmad Djaeni S.; Ilmu Gizi ; jilid 1 dan 2.

