

Protein

GITA SEKAR PRIHANTI

CONTENT

Definisi Protein

Struktur
Protein

Jenis-Jenis
Protein

Protein dalam
Makanan

Sumber
Protein
Inkonvensional

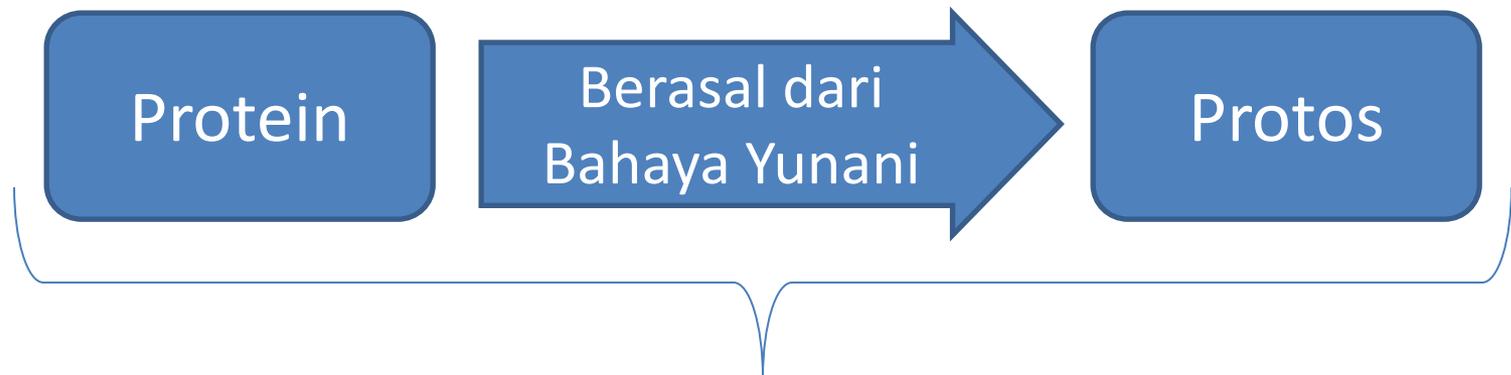
Fungsi Protein

Proses
Metabolisme
Protein

Kebutuhan
Protein

Definisi Protein

- Protein merupakan senyawa organik yang terdiri dari rangkaian asam amino yang diberikatan dan membentuk ikatan peptide yang dihubungkan dengan ikatan sulfhidril dan ikatan hydrogen



Yang berarti “menduduki tempat ke-satu/utama, yang mencerminkan peran penting dalam kelangsungan hidup mahluk. Protein berperan dalam hampir seluruh proses dan fungsi tubuh”.(Boerhan Hidajat, Sri S. Nasar, Damayanti Rusli Sjarif. 2011)

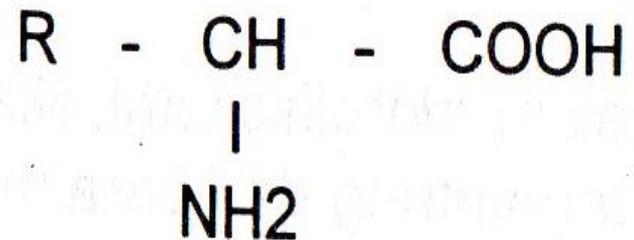
Struktur Protein

- Struktur umum asam amino:

Gugusan Amino

Gugusan Karboksil

Gugusan Sisa Molekul



COOH - karboksil

NH₂ - amino

R - sisa molekul

Protein

Pencernaan protein dimulai di perut, Protein → protease, pepton, dan polypeptide besar. *Pepsinogen* yang tidak aktif diubah menjadi enzim pepsin ketika berhubungan dengan asam hidroklorida dan molekul proteolitik lainnya, pepsin mencerna kolagen, protein utama dari jaringan penghubung

Kontak chyme dengan mukosa usus menstimulasi pelepasan *enterokinase*, enzim yang mengubah pancreatic *trypsinogen* tidak aktif menjadi *trypsin* aktif, yang kemudian mengaktifkan enzim proteolitik pankreas lainnya.

Pancreatic *trypsin*, *chymotrypsin*, dan *carboxypolypeptidase* memecah asupan protein dan melanjutkan pembelahan yang dimulai di dalam perut hingga polypeptid kecil dan asam amino terbentuk.

Proteolytic *peptidase* yang berada pada brush border juga bertindak pada polypeptides, yang mengubahnya menjadi asam amino, dipeptides, dan tripeptides. Beberapa peptides kecil adalah asupan yang diserap secara efektif.

Protein

Fase akhir pencernaan protein terjadi di dalam brush border, di mana dipeptide dan tripeptide dihidrolisasi pada unsur asam amino oleh peptida hydrolases.

Adanya antibody pada beberapa protein makanan di dalam sirkulasi individu sehat menunjukkan bahwa jumlah asupan peptida yang cukup besar secara imunologis meninggalkan hidrolisis dan bisa masuk ke dalam sirkulasi

Asam amino diserap melalui empat sistem transpor aktif yang berbeda: satu untuk asam amino netral, basa, dan asam, dan satu untuk proline dan hydroxproline.

Peptida yang diserap dan asam amino dikirimkan ke hati melalui saluran vena untuk pelepasan di dalam sirkulasi umum.

Sebagian besar pencernaan protein terjadi di dalam duodenum.

Hampir semua protein diserap pada waktu protein-protein tersebut mencapai ujung jejunum, dan hanya 1% protein yang ditelan ditemukan di dalam feses.

Beberapa asam amino mungkin masih berada di sel epitel dan digunakan dalam sintesis enzim usus dan sel-sel baru.

Sebagian besar protein endogen dari sekresi usus dan sel-sel epitel terbatas juga dicerna dan “didaur ulang” dan diserap dari usus kecil.

Perbedaan antara asam amino yang satu dengan yang lain terletak pada struktur sisa molekul R.

Dari 20 - 24 jenis asam amino yang dihasilkan dalam hidrolisa total suatu protein, ada yang dapat disintesa di dalam tubuh dan ada yang tidak

Asam amino yang dapat disintesa mempergunakan asam keto alpha (alpha keto acid) dengan ditambahkan gugusan amino dalam proses transaminasi, diambil dari asam amino lain

Asam amino yang tidak dapat disintesa harus tersedia dalam makanan yang dikonsumsi

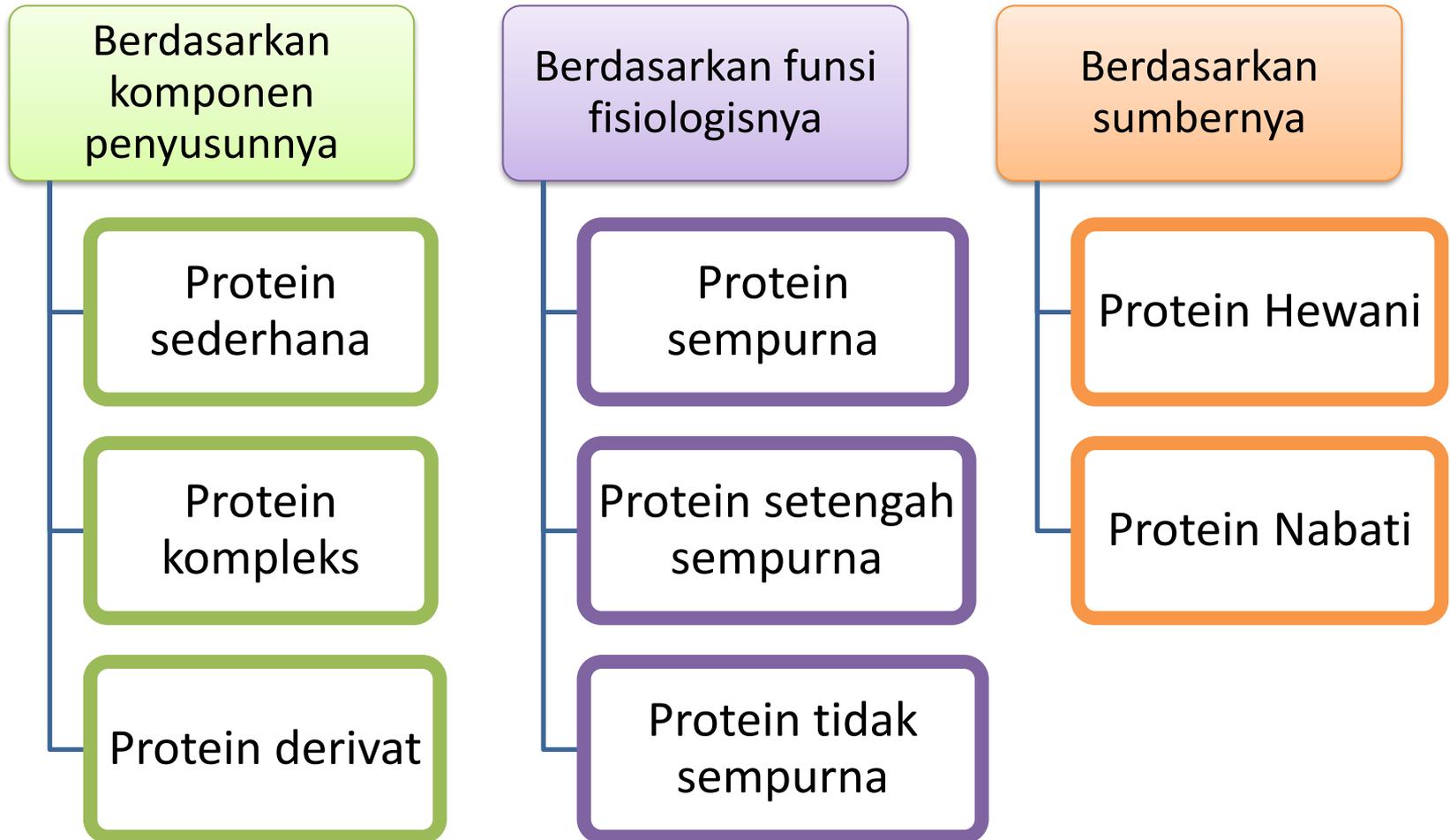
asam amino yang tidak dapat disintesa oleh tubuh, disebut asam amino esensial, sedangkan yang lainnya disebut asam amino non-esensial

untuk orang dewasa terdapat delapan jenis asam amino esensial, yaitu lysine, leucine, isoleucine, valine, threonine, phenylalanine, methionine, tryptophane, sedangkan untuk anak-anak yang sedang tumbuh, ditambahkan dua jenis lagi, ialah histidine dan arginine

TABEL 4.1 PROVISIONAL AMINO ACID PATTERN (PAP)

Asam amino esensial	g AAE/100g prot
Lysine	5,5
Methionine +cystine	3,5
Threonine	4,0
Isoleucine	4,0
Leucine	7,0
Valine	5,0
Phenylalanine + tyrosine	6,0
Tryotophane	1,0

Jenis-Jenis Protein



Tabel 4.2 KLASIFIKASI PROTEIN BERDASARKAN FUNGSINYA DI DALAM TUBUH (Djaeni A. 2012)

	Mendukung	Mendukung
Jenis Protein	pertumbuhan	Pemeliharaan jaringan
Protein lengkap	+	+
Protein setengah lengkap	-	+
Protein tak lengkap	-	-

Protein dalam Makanan

Sumber Protein

Penentuan
Protein dalam
Bahan Makanan

Kualitas Protein
dan Nilai Gizi
Protein

Parameter
untuk Menilai
Kualitas Protein

Meningkatkan
Jenis Protein

Sumber Protein

Protein Nabati

Sumber protein nabati terdapat dalam jagung, sereal, polong-polongan, gandum utuh (dengan bijinya), kacang, minyak biji-bijian dan kedelai, biji wijen dan bunga matahari, kacang, dan sayuran daun hijau

Protein Hewani

Sumber protein hewani dapat berbentuk daging dan alat-alat dalam seperti hati, pancreas, ginjal, paru, jantung dan jerohan

Penentuan Protein dalam Bahan Makanan

Penentuan protein di dalam makanan sebaiknya, mengenai kuantitas maupun kualitasnya

Kuantitas protein ditentukan melalui penentuan nitrogen total (N), dengan metoda destruksi menurut KYELDAHL

Nitrogen yang berasal dari protein disebut protein nitrogen (PN), sedangkan yang berasal dari ikatan lain yang mengandung nitrogen tetapi bukan protein, disebut non-protein nitrogen (NPN)

Kesalahan yang terkandung di dalam cara menentukan protein berdasarkan penentuan nitrogen total ini tergantung dari besarnya jumlah NPN

Kualitas Protein dan Nilai Gizi Protein

persentase penggunaan protein makanan ditentukan oleh ada atau tidaknya semua jenis asam amino esensial di dalam makanan, masing-masing dalam jumlah yang mencukupi kebutuhan untuk sintesa protein tubuh

Asam amino esensial yang kuantumnya kurang dari 100% dibandingkan dengan PAP, disebut asam amino pembatas (limiting amino acid)

Disimpulkan → kualitas sesuatu protein makanan ditentukan oleh terdapat tidaknya asam-asam amino esensial masing-masing dalam jumlah yang mencukupi kebutuhan tubuh untuk sintesa protein badan

Parameter untuk Menilai Kualitas Protein

Skor Kimia atau
Skor Protein
(Chemical Score,
Protein Score)

Protein Efficiency
Ratio (PER)

Net Protein
Utilization (NPU)

Net Dietary Protein
Calorie Percentage
(NDpCal%)

Keseimbangan
Nitrogen/*Nitrogen*
balance

Skor Kimia atau Skor Protein (Chemical Score, Protein Score)

- persentase kuantum asam amino pembatas pertama, dibandingkan dengan kebutuhan tubuh, seperti yang tercantum pada provisional amino acid pattern (PAP)

$$CS = \frac{\text{Kwantum asam amino limiting pertama}}{\text{kwantum asam amino tersebut dalam PAP}} \times 100$$

Protein Efficiency Ratio (PER)

- Didefinisikan sebagai gram perubahan berat badan binatang percobaan, untuk setiap gram protein makanan yang dikonsumsi, selama suatu periode percobaan tertentu (biasanya 3 - 4 minggu)
- ditentukan dengan percobaan biologik, menggunakan binatang percobaan
- Lama percobaan biasanya 3 sampai 4 minggu

$$PER = \frac{\text{gram perubahan perubahan berat badan}}{\text{gram protein makanan yang dikonsumsi}}$$

Net Protein Utilization (NPU)

- persentase nitrogen makanan yang diretensi tubuh per gram protein yang dikonsumsi
- Biasanya yang diukur bukan protein makanan, tetapi nitrogen
- NPU_{st} digunakan untuk membandingkan nilai NPU berbagai bahan makanan sumber protein yang ditentukan oleh berbagai peneliti di berbagai laboratorium, mempergunakan binatang percobaan yang sejenis
- NPU_{op} berguna untuk menilai kualitas sumber protein

$$NPU = \frac{\text{gram retensi protein makanan (N)}}{\text{gram protein yang dikonsumsi (N)}} \times 100$$

Net Dietary Protein Calorie Percentage (NDpCal%)

- Digunakan menghubungkan kualitas protein dengan jumlah kalori yang dihasilkannya

$$\text{NDpCal\%} = \frac{\text{kalori dari protein makanan}}{\text{kalori total yang dikonsumsi}} \times 100$$

Keseimbangan Nitrogen/*Nitrogen balance*

- dipergunakan untuk menentukan kebutuhan tubuh akan protein
- Di sini diukur jumlah protein (nitrogen) yang diekskresikan tubuh dibandingkan dengan jumlahnya di dalam makanan yang dikonsumsi

$$\text{Nilai Biologik (BV)} = \frac{N \text{ yang diretensi}}{N \text{ yang dicerna}} \times 100\%$$

Meningkatkan Jenis Protein

- kualitas protein sesuatu bahan makanan ditentukan oleh asam-asam amino esensial yang menyusun protein tersebut
- peningkatan kadar asam amino pembatas harus ditingkatkan kadarnya untuk semua, dari yang pembatas pertama sampai yang tertinggi

- Cara meningkatkan kualitas protein makanan dengan cara meningkatkan kadar asam amino limiting disebut suplementasi
- Dalam prakteknya teknik suplementasi ini dapat dilakukan dengan dua metoda:
 1. suplementasi dengan menambahkan asam amino pembatas yang murni
 2. suplementasi dengan mencampurkan dua atau lebih sumber protein yang berbeda jenis asam amino pembatasnya

- Di Indonesia, parameter yang biasa dipergunakan untuk menilai kualitas protein bahan makanan ialah PER dan NPU, dan kadang-kadang NDPCal%.
- Makanan yang diteliti secara rutin kualitas proteinnya, ialah makanan bayi dan BALITA, khususnya susu bubuk dan campuran makanan bagi bayi lainnya dalam bentuk tepung.
- Contoh (sampel) bahan makanan ini diambil di pasaran bebas secara acak dan ditentukan PER dan NPUst; kadang-kadang dihitung NDPCal% untuk melengkapi data yang terdapat di laboratorium.
- Tepung bahan makanan bayi yang telah disimpan lama mungkin mengalami perubahan fisiko-kimiawi, sehingga nilai proteinnya menurun.
- Anak-anak yang sedang tumbuh pesat, terutama bayi dan BALITA, memerlukan bahan makanan sumber protein dengan kualitas protein lengkap

- Sumber protein hewani pada umumnya mengandung protein berkualitas tinggi, yang disebut protein lengkap (Protein sempurna); nilai-nilai parameter ialah Skor Kimia: 65 - 100; PER: 2.5 -4.0 dan NPU st: 70 - 100.
- Protein nabati pada umumnya berkualitas setengah lengkap atau tidak lengkap.
- Yang setengah lengkap mempunyai nilai-nilai Skor Protein: 40 - 65, PER:1,0 - 2,4 dan NPUS_t: 40 - 69.
- Protein tak lengkap menunjukkan nilai-nilai PER: kurang dan1.0, Skor Kimia kurang dari 40, dan NPUS_t kurang dari 40.
- Pada umumnya terdapat persesuaian antara nilai parameter-parameter suatu sumber protein makanan tertentu.
- Bila PER-rendah, demikian pula Skor Kimia dan NPU-nya. Sebaliknya juga benar, bahwa bila nilai NPU tinggi, akan terdapat nilai tinggi pula untuk PER dan Skor Kimianya.
- Namun harus diakui pula bahwa hal ini tidak selalu benar, ada kalanya nilai berbagai parameter tersebut tidak sejajar.

- Dengan mempergunakan nilai-nilai parameter ini → kita dapat mengetahui secara obyektif numerik kualitas protein sesuatu sumber → sehingga dapat memilih bahan makanan yang mana yang sesuai disediakan untuk seseorang yang tumbuh (anak-anak dan BALITA, ibu hamil dan ibu yang menyusukan), atau untuk memilih campuran bahan-bahan yang akan memberikan efek suplementasi.
- Telah kita ketahui bahwa anak-anak yang sedang tumbuh dan para anggota kelompok rentan gizi lainnya memerlukan sumber protein yang mengandung kualitas protein lengkap, dan bahwa protein berkualitas tidak lengkap tidak akan sanggup memberikan kesehatan gizi yang dikehendaki kepada siapapun.
- Seorang dewasa sebenarnya cukup bila diberi protein kualitas setengah lengkap, karena protein kualitas lengkap umumnya akan lebih mahal.

- Pada cara pertama yang ditambahkan ialah asam amino pembatas yang murni, dan meningkatkan nilai Skor Kimia sampai mencapai nilai yang sesuai dengan kualitas protein lengkap.
- Bila terdapat beberapa asam amino pembatas, maka setelah asam amino pembatas pertama dinaikkan konsentrasinya, mungkin pula meningkatkan kadar asam amino pembatas kedua dan seterusnya.
- Tetapi biasanya pada suplementasi dengan cara pertama itu hanya diperlukan untuk meningkatkan satu asam amino pembatas saja, yaitu yang pertama; asam amino pembatas yang lainnya tidak terlalu rendah, sehingga sudah mencapai nilai Skor Kimia yang sesuai dengan nilai kualitas protein lengkap

- Pada cara kedua dicampurkan dua atau lebih bahan makanan sumber protein yang mempunyai jenis asam amino pembatas pertama yang berbeda.
- Maka asam amino pembatas yang kurang pada sumber protein yang satu, ditingkatkan oleh kadar asam amino limiting tersebut yang terdapat cukup dalam bahan makanan yang lain.
- Contoh yang baik sekali bagi suplementasi dengan mencampurkan dua jenis bahan makanan ialah campuran bubur kacang hijau dan ketan hitam.
- Bubur ini banyak dijual di warungwarung kaki lima

- Banyak komposisi makanan bayi yang berupa tepung, disusun dengan dasar campuran sereal dengan kacang-kacangan.
- Pada sereal lysine merupakan asam amino pembatas pertama, sedangkan pada kacang-kacangan methionine yang menjadi asam amino pembatas pertama.
- Bila kedua jenis bahan makanan tersebut dicampurkan, maka kadar lysine yang rendah ditingkatkan oleh kacang, sedangkan kadar methionine yang kurang, ditambah oleh sereal.
- Jadi untuk dapat membuat campuran yang saling mensuplementasikan, perlu diketahui kadar asam amino esensial dari bahan makanan yang akan saling dicampurkan tersebut.

- Pada dasarnya bahan makanan nabati dari spesies yang sama akan mempunyai asam amino pembatas yang sejenis, jadi tidak benar untuk mencampurkan dua jenis bahan makanan dari spesies yang sama, dengan harapan dapat meningkatkan nilai kualitas protein campuran yang terjadi.
- Yang dicampurkan harus dua jenis bahan makanan dari dua spesies yang berbeda, misalnya kacang-kacangan dengan sereal.
- Jadi mencampurkan beras dengan jagung tidak akan menghasilkan efek saling suplementasi yang diharapkan.

- Cara suplementasi yang mempergunakan asam amino murni memerlukan ketelitian.
- Dalam menambahkan kuantum asam amino limiting yang akan ditingkatkan kadarnya, kontrol yang teliti sangat diperlukan.
- Hal ini tidak dapat dikerjakan oleh masyarakat umum, tetapi harus dilaksanakan di pabrik dengan pengawasan kualitas (quality control).
- Penambahan asam amino limiting terlalu banyak atau terlalu sedikit tidak akan memberikan efek suplementasi yang diharapkan, karena akan timbul gejala ketidakseimbangan asam-asam amino (imbalance of the amino acid mixture), yang memberikan gejala-gejala yang merugikan

- Cara suplementasi yang kedua tidak memerlukan ketelitian, dan dapat dikerjakan di dalam rumah tangga oleh rakyat umum.
- Pada cara yang kedua ini, ketelitian tidak begitu diperlukan, karena yang dicampurkan adalah beberapa asam amino sekaligus, sehingga kemungkinan terdapat konsentrasi satu asam amino saja menjadi sangat kecil.
- Dan sebenarnya dengan menyusun hidangan yang terdiri atas berbagai jenis bahan makanan, efek suplementasi ini dengan tidak sadar sudah dikerjakan oleh masyarakat.
- Tambahan pula dengan mencampurkan beberapa jenis bahan makanan, dicampurkan pula berbagai zat gizi yang kurang terdapat di dalam satu jenis bahan makanan saja.
- Cara kedua ini biasanya dengan mempergunakan bahan-bahan makanan yang relatif murah harganya, sehingga terjangkau oleh daya beli masyarakat secara umum.

- Cara suplementasi dengan asam amino limiting murni pernah dikerjakan secara komersial di Indonesia, untuk meningkatkan kualitas protein beras dengan penambahan asam amino pembatas lysine.
- Lysine dan beberapa zat gizi lain yang kurang di dalam hidangan di Indonesia, yang berdasarkan bahan makanan pokok beras, dilarutkan di dalam gelatin yang tidak larut air, kemudian dilapiskan pada butir beras. Hasilnya yang terjadi disebut "beras premix".

- Beras yang telah dicuci sebelum dimasak ditambah dahulu dengan beras premix ini dengan dosis satu sendok makan (5 gram) untuk 1 kilogram beras biasa.
- Beras premix Indonesia dijual di apotik, dan tidak dapat dibeli di pasar biasa atau di toko maupun di supermarket.
- Sayang bahwa beras ini tidak cukup dipropagandakan, sehingga tidak pernah menjadi populer, dan menghilang dengan sendirinya, tidak lagi diproduksi
- Premix Indonesia mengandung Riboflavin yang berwarna kuning-oranye, sehingga setelah beras ditanak, nasi putih yang terjadi memperlihatkan bercak-bercak kuning pada berbagai tempat di sekitar butir premix, yang oleh masyarakat awam disangka butir beras busuk atau beras rusak.
- Juga penyuluhan dan penerangan kepada para konsumen kurang cukup, sehingga masyarakat kurang mengetahui tentang manfaat penggunaan beras premix tersebut.

Tabel 4.3 Contoh Kombinasi Protein dengan skor Protein berbeda (Ettinger S. dalam Mahan LK, Stump SE, Raymond JL, 2011)

Kombinasi yang sangat baik	Contoh
Padi-padian – polong-polongan	Nasi/kacang, sup kacang hijau/roti panggang, lentil curry/nasi
Padi-padian – susu	Pasta/keju, puding nasi, sandwich keju
Polong-polongan – biji-bijian	Kacang garbanzo/biji wijen seperti dip, falafel atau sup
Kombinasi lainnya, susu – biji-bijian, susu – kacang polong, padi-padian – biji-bijian, kurang efektif karena skor kimianya sama dan tidak efektif untuk pelengkap.	

Sumber Protein Inkonvensional

Ampas biji-bijian

- kacang kedele, bungkil kacang tanah, bungkil, jagung, bungkil biji kapas dan bungkil biji bunga matahari

Tepung ikan

- Ikan sisa ini ditepungkan tanpa diseleksi dapat dijadikan tepung
- Tepung ikan sisa tangkapan ini disebut FPC

Protein daun

- diekstraksi dari daun
- metodenya mirip dengan pembuatan tahu dari kacang kedelai

Unicellular Algae

- Terdapat dua jenis spesies yang dapat dibudidayakan dan dikonsumsi manusia, yaitu *Scenedesmus spp.* dan *Chlorella spp.*

Ragi (Yeast)

- Ada jenis ragi yang dapat ditumbuhkan di dalam medium sisa minyak bumi atau di dalam molasses, bahan sisa dari pembuatan gula pasir dari tebu

Fungsi Protein

- protein berfungsi dalam pertumbuhan dan pemeliharaan jaringan, menggantikan sel-sel yang mati dan aus terpakai, sebagai protein struktural
- berfungsi dalam mekanisme pertahanan tubuh melawan berbagai mikroba dan zat toksik lain yang datang dari luar
- mengatur proses-proses metabolisme dalam bentuk enzim dan hormon
- berperan dalam menyimpan dan meneruskan sifat-sifat keturunan dalam bentuk genes
- mempertahankan tekanan osmotik dan mempertahankan konsentrasi ion hidrogen dari cairan tubuh

Proses Metabolisme Protein

- Protein yang dikonsumsi akan dipecah di lambung oleh asam hidroklorida dan protease menjadi peptide dengan pemecahan ikatan peptide pada rantai asam amino
- Dalam usus halus, duodenum, enzim pankreas tripsin merubah polipeptida menjadi dipeptida (dua asam amino), dan tripeptida (tiga asam amino)
- Proses selanjutnya, amino peptidase termasuk dipeptidase, mengubah protein menjadi asam amino tunggal
- Molekul asam amino ini akan diabsorpsi dan dibawa ke hati melalui vena porta

Protein dalam Makanan

- Protein dalam makanan nabati terlindung oleh dinding sel yang terdiri atas selulosa, yang tidak dapat dicerna oleh cairan pencernaan kita, sehingga daya cerna sumber protein nabati pada umumnya lebih rendah dibandingkan dengan sumber protein hewani.
- Memasak makanan dengan memanaskannya akan merusak dan memecahkan dinding sel tersebut, sehingga protein yang terdapat di dalam sel menjadi terbuka dan dapat dicapai oleh cairan pencernaan saluran gastrointestinal.

- Protein hewani pada umumnya mempunyai kualitas (nilai gizi) lebih tinggi dibandingkan dengan protein nabati.
- Namun demikian, campuran beberapa bahan makanan sumber protein nabati dapat menghasilkan komposisi asam amino yang secara keseluruhannya mempunyai kualitas cukup tinggi. Bahan makanan sumber protein hewani pada umumnya lebih mahal dibanding dengan sumber protein nabati

- Campuran nasi dengan kacang kedele atau hasil olah kedele, memberikan komposisi asam-asam amino yang bernilai gizi tinggi, karena pengaruh saling suplementasi.
- Juga bubur kacang hijau dengan ketan hitam yang banyak dijual di warung-warung adalah komposisi yang baik untuk mendapatkan campuran asam-asam amino bernilai protein tinggi.
- Juga mie bakso merupakan makanan rakyat yang bernilai protein tinggi, karena protein terigu di dalam mie dicampur dengan protein daging atau ikan di dalam baksonya

Pencernaan
Protein
Makanan

Absorpsi dan
Transpor

Pool Asam
Amino

Keseimbangan
Asam-Asam
Amino

Utilisasi
Protein

Ekskresi
Protein

Pemrosesan
dan Daya
Cerna Protein

Sintesa Protein

Pencernaan Protein Makanan

- Protein baru dicerna di dalam lambung karena enzim pepsins dan HCl yang bekerjasama memecah protein makanan menjadi metabolite intermediate tingkat polypeptida, yaitu peptone, albumosa dan proteosa
- Di dalam duodenum protein dicerna oleh enzim yang berasal dari cairan pancreas dan dari dinding usus halus
- Pancreas menghasilkan enzim-enzim proteolitik trypsine dan chemotrypsine, sedangkan sekresi dinding usus hanya terdiri atas satu enzim yang diberi nama erepsine

Absorpsi dan Transpor

- Di dalam usus halus protein makanan dicerna total menjadi asam-asam amino kemudian diserap melalui sel-sel epithelium dinding usus
- Semua asam amino larut di dalam air sehingga dapat berdifusi secara pasif melalui membran sel

- Asam-asam amino diserap secara aktif
- Ada tanda-tanda bahwa masing-masing kelompok asam amino (asam amino netral, asam amino basa dan asam amino asam), diserap secara aktif mempergunakan satu transport carrier untuk masing-masing kelompok
- Beberapa sifat terdapat pada suatu mekanisme penyerapan aktif
 - aliran zat yang diserap dapat menentang gradien konsentrasi,
 - memerlukan energi,
 - menunjukkan fenomena jenuh pada ketinggian konsentrasi tertentu,
 - menunjukkan gejala persaingan antara para anggota dari satu kelompok yang mempergunakan carrier yang sama, dan
 - dihambat oleh zat-zat penghambat oksidasi

Pool Asam Amino

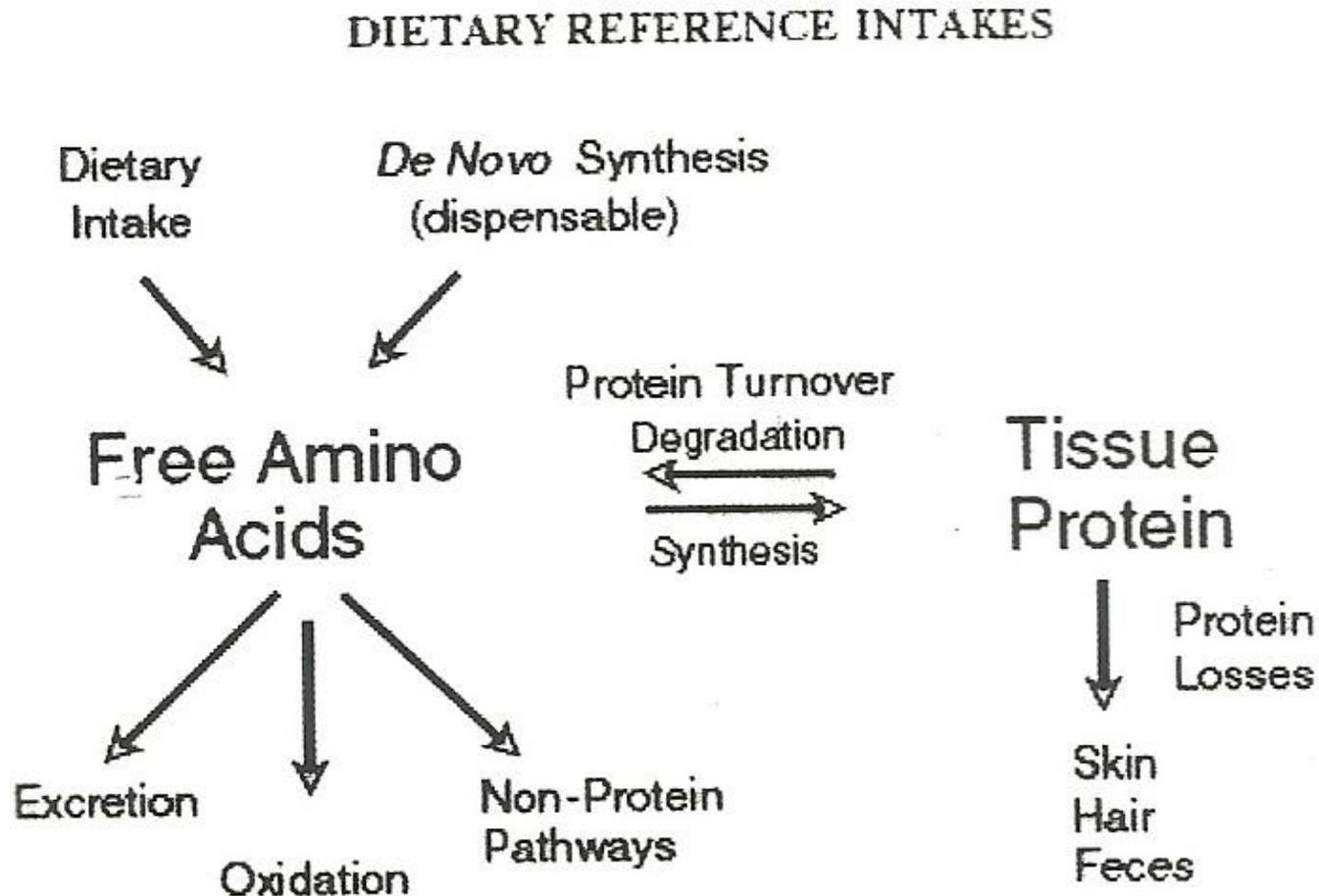
- Di dalam tubuh terdapat sejumlah asam amino yang setiap saat siap untuk dipergunakan sebagai cadangan darurat
- Amino acid pool ini bukan merupakan timbunan cadangan seperti misalnya glikogen maupun lemak, yang bersifat lebih inert, tidak berperan serta aktif dalam fungsi fisiologis jaringan
- Amino acid pool memang berbentuk cadangan yang sewaktu-waktu dapat dimobilisasikan oleh tubuh, tetapi sebenarnya sedang memegang suatu fungsi tertentu di dalam jaringan

- Pool asam amino yang terbesar terdapat dalam bentuk jaringan otot skelet
- Bila penyediaan protein dari makanan tidak mencukupi dan diperlukan asam amino untuk sintesa protein tubuh yang tidak dapat ditunda, maka sel otot-otot tertentu dipecah dan asam asam aminonya masuk ke dalam pool untuk dapat dipergunakan

Keseimbangan Asam-Asam Amino

- Protein tubuh selalu dalam kondisi dinamis antara sintesis (anabolisme) dan katabolisme
- Secara fisiologis asam amino berasal dari pemecahan protein akan digunakan kembali untuk sintesis protein sehingga pada keadaan ini pembentukan kembali protein (*protein turnover*) akan meningkat

Gambar 4.2 Pertukaran antara protein tubuh dan cadangan asam amino



- Kualitas sesuatu protein ditentukan oleh adanya semua asam amino esensial dalam jumlah sesuai dengan kebutuhan tubuh
- Jadi harus terdapat suatu perbandingan kuantum tertentu di antara semua asam amino esensial tersebut
- Ketidakseimbangan asam-asam amino terdapat pada makanan yang mengandung protein dengan skor kimia rendah, jadi mempunyai efisiensi yang rendah pula pada penggunaan proteinnnya

Utilisasi Protein

- Di dalam tubuh, fungsi protein makanan ialah menyediakan asam-asam amino yang diperlukan untuk berbagai kebutuhan:
 - sintesa protein tubuh,
 - Salah satu penghasil utama energi,
 - sintesa zat-zat organik lain yang mengandung nitrogen
- Jadi inti penggunaan protein makanan dapat dikembalikan sebagai penggunaan asam amino yang dihasilkan pada pemecahan protein makanan tersebut

- Pada transaminasi, gugusan amino tersebut dipindahkan dari asam amino asal ke asam keto (ketoacid), sehingga terbentuk asam amino baru, yang berbeda dari asam amino asal
- Ini terjadi bila diperlukan pembentukan asam amino non-esensial
- Enzim yang melaksanakan dan mengatur proses ini disebut transaminase
- Pada deaminasi, gugusan amino yang dilepaskan dari suatu asam amino asal, diproses lebih lanjut di dalam suatu reaksi siklus dan menghasilkan ikatan organik ureum (urea), yang kemudian dibuang melalui ginjal di dalam air seni.

- Pada reaksi dekarboksilasi dilepaskan gugusan karboksil dari asam amino dan terjadilah ikatan organik amino, sedangkan gugusan karboksil menghasilkan gas karbondioksida (CO₂)
- Gugusan CO₂ kemudian diikat oleh hemoglobine dan dibawa ke paru-paru, untuk dilepaskan di dalam udara pernapasan
- CO₂ diproses menjadi gugusan karbonat dan larut dalam cairan darah, untuk dibuang melalui ginjal ke dalam air seni

Ekskresi Protein

- Pada umumnya orang sehat tidak mengekskresikan protein, melainkan sebagai metabolitnya atau sisa metabolisme (metabolic waste product)
- Nitrogen yang dilepaskan pada proses deaminasi masuk ke dalam siklus Urea dari KREBS-HEINSLET dan diekskresikan urea melalui ginjal di dalam air seni
- Nitrogen yang dilepaskan pada proses transaminasi tidak dibuang ke luar tubuh, tetapi dipergunakan lagi dalam sintesa protein tubuh

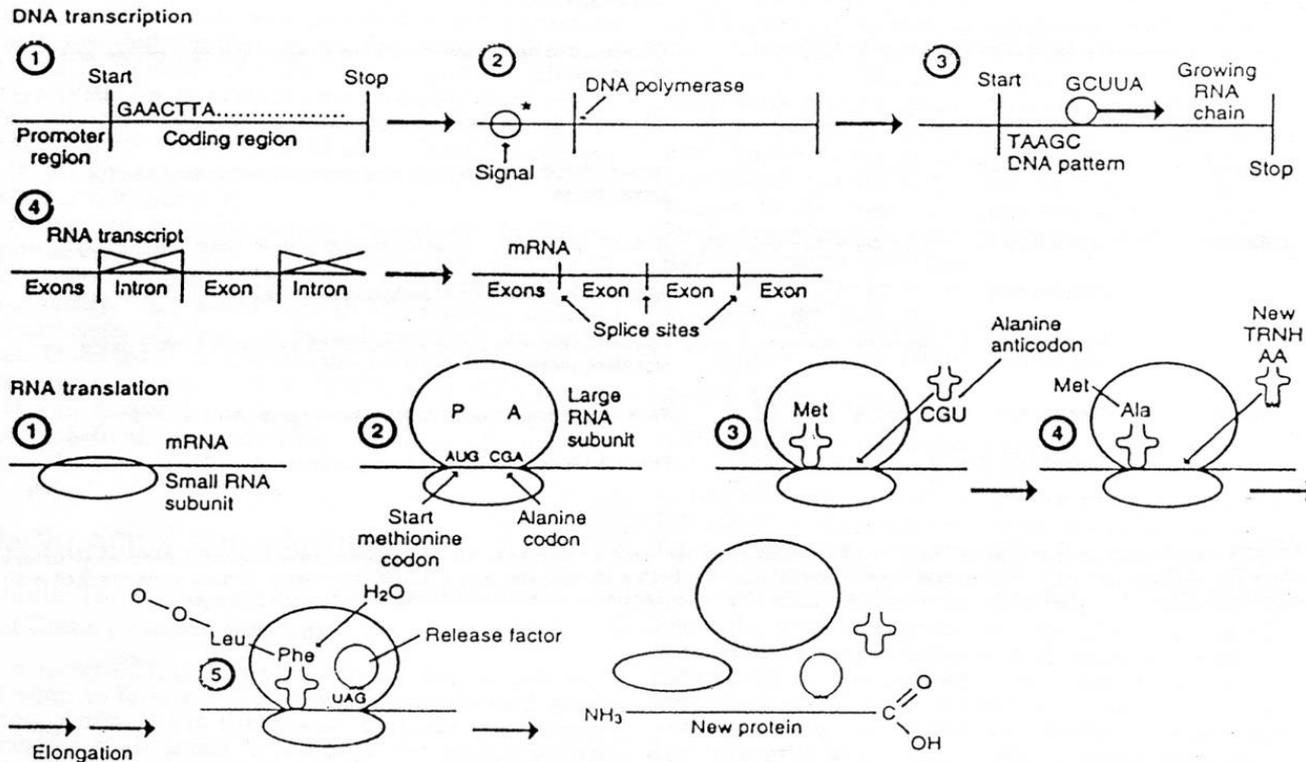
Pemrosesan dan Daya Cerna Protein

- Daya cerna sumber protein dipengaruhi oleh beberapa faktor
- Protein dipertahankan dengan konfigurasi yang sesuai melalui interaksi hidrogen dan ionik; ikatan-ikatan ini dilonggarkan dalam keberadaan asam, garam, dan panas
- Dengan mendenaturasi protein, metode-metode ini juga melunakkan jaringan tulang rawan atau jaringan konektif protein dan melepaskan protein otot dari tempelannya, dengan demikian membuat semua protein lebih tersedia pada enzim pencernaan

- Pemrosesan makanan bisa merusak asam amino dan menurunkan ketersediaannya dengan cara-cara berikut ini : perlakuan panas ringan dengan adanya gula pereduksi (glukosa dan galaktosa)
- Pada kondisi pemanasan yang kuat dengan keberadaan gula atau lipid oksidasi, atau bahkan pada ketiadaannya, semua asam amino di dalam protein makanan menjadi tahan terhadap pencernaan
- Ketika protein diberikan perlakuan yang kuat dengan alkali, maka lysine dan cysteine asam amino bisa bereaksi bersama dan membentuk lysinoalanine yang berpotensi beracun
- Pemrosesan protein dengan panas dan penyimpanan dengan kelembaban rendah juga bisa menghasilkan ikatan reduktif vitamin B₆ pada residu lysine, dengan demikian tidak mengaktifkan vitamin

Sintesa Protein

- Sintesa protein tubuh sangat kompleks, menyangkut faktor yang diturunkan (faktor keturunan - gene)



Transkripsi DNA terjadi seperti berikut ini:

- Semua sel mempunyai kemampuan untuk membuat semua protein diperlukan oleh tubuh. Rangkaian linear kode tiga basa untuk setiap 20 asam amino. Karena empat basa bisa dikombinasikan dengan 64 cara, lebih dari satu kodon tiga basa bisa dikodekan untuk satu asam amino
- Ketika sel-sel itu berbeda, maka kode sel tidak aktif untuk protein
- Di depan setiap wilayah pengodean adalah wilayah pendukung. Wilayah pendukung menerima sinyal di mana protein diperlukan.

- Pada sinyalnya, polimerase RNA terikat pada kode awal di dalam wilayah pengodean, membuka helix ganda, dan membangun rangkaian RNA baru, wilayah pengodean negatif
- Ketika mencapai ujung kode protein, kode berhenti, molekul polimerase terlepas, melepaskan transkrip RNA lengkap. Helix DNA terbentuk dan transkrip RNA dimodifikasi untuk menghilangkan introns (rangkaiannya intervensi) bukan bagian susunan pengodean protein
- Pada waktu yang sama, pada wilayah lain DNA, molekul polimerase DNA telah membuat salinan ribosomal RNA (rRNA) dan transfer RNA (tRNA)
- mRNA, rRNA, dan tRNA meninggalkan nukleus dan memasuki sitoplasma

Translasi RNA kemudian mengikuti langkah-langkah ini:

- Sub unit rRNA kecil diaktifkan dan mengikat mRNA.
- Sub unit rRNA besar mengikat mRNA dengan kuat. mRNA diapit di antara dua sub unit dengan dua kodon tiga basa yang ada untuk pengikatan.
- Setiap 10 tipe tRNA mengikat asam amino yang menyesuaikan wilayah anti kodonnya. Anti kodon mengetahui dan mengikat kodon mRNA.

- Proses berlanjut, setelah setiap tRNA mengikat bagian A, asam aminonya dihubungkan pada pertumbuhan rangkaian peptida oleh enzim, peptidyl transferase, yang membentuk ikatan peptida antara ujung karboksil dan kelompok amino dari asam amino yang muncul
- Ribosom bergerak ke depan; sekarang tRNA menempel pada rangkaian peptida yang berada pada sisi P dan sehingga tRNA lainnya asuk.
- Pada sinyal berhenti, UAG, faktor pelepasan, terikat pada sisi A. Pelepasan ini mengikat molekul air pada rangkaian peptida, menciptakan batasan karboksil (COOH). Rangkaian peptida yang baru terbentuk terlepas dan unit tRNA dan rRNA terpisah

Tingkatan struktur protein:

- *Struktur primer*: Ikatan peptida terbentuk antara rangkaian asam amino menurut arahan pada mRNA. Protein lengkap adalah rangkaian linear asam amino.
- *Struktur sekunder*: Atraksi antara kelompok R asam amino menciptakan heliks dan struktur lembaran berlipat.
- *Struktur tersier*: Heliks dan lembaran berlipat dilipat pada domain rapat. Protein-protein kecil mempunyai satu domain, protein besar mempunyai berbagai domain.
- *Struktur kuarterner*: Polipeptida individual bisa bertindak sebagai sub unit dalam formasi pertemuan atau kompleks. Beberapa sub unit diikat bersama oleh berbagai interaksi noncovalent lemah; kadang-kadang sub-sub unit tersebut distabilkan oleh ikatan disulfida

Kebutuhan Protein

- Kebutuhan protein meliputi dua komponen, yaitu:
 1. nitrogen total untuk sintesis asam amino yang disediakan dalam tubuh (*dispensable*), asam amino yang tidak disediakan (*conditionally indispensable*), dan sintesis senyawa lain yang mengandung nitrogen sesuai fungsi fisiologik
 2. menyediakan asam amino yang tidak disediakan dari makanan (*indispensable amino acid*) yang tidak dapat disintesis oleh jaringan tubuh untuk merumut kebutuhan metabolik dan harus didapat dari sumber eksogen

- **Tabel 4.4. Indispensable, dispensable and conditionally indispensable asam amino dari diet** (Boerhan Hidajat, Sri S. Nasar, Damayanti Rusli Sjarif. 2011)

Indispensable	Dispensable	Conditionally Indispensable	Precursors of Conditionally Indispensable
Histidine	Alanine	Arginine	Glutamine / glutamate, aspartate
Isoleucine	Aspartic acid	Cysteine	Methionine, serine
Leucine	Asparagines	Glutamine	Glutamic acid / ammonia
Lysine	Glutamic acid	Glycine	Serine, choline
Methionine	Serine	Proline	Glutamate
Phenylalanine		Tyrosine	Phenylalanine
Threonine			
Trythophan			
Valine			

- **Tabel 4.5. Rekomendasi asupan Protein (Boerhan Hidajat, Sri S. Nasar, Damayanti Rusli Sjarif. 2011)**

Kelompok umur	Protein (gram/hari)	
Bayi		
0-6 bln	9.1	
7-12 bln	13.5	
Anak		
1-3 tahun	13	
4-8 tahun	19	
	Laki-laki	Perempuan
9-13 tahun	34	34
14-18 tahun	52	46

Tabel 4.6 Perkiraan Kebutuhan asam amino

Asam amino	Persyaratan (mg/kg/hari) menurut kelompok usia			
	Bayi, 3-4 bulan	Anak-anak, ~ 2 tahun	Anak-anak, 10-12 tahun	Dewasa
Histidina	28	7	?	8-12
Isoleucine	70	31	28	10
Leucine	161	73	44	14
Lysine	103	64	44	12
Methionine plus cystine	58	27	22	13
Phenylalanine plus tyrosine	125	69	22	14
Threonine	87	37	28	7
Tryptophan	17	12.5	3.3	3.5
Valine	93	38	25	10
Total tanpa histidina	714	352	216	84