



MODUL KIMIA ORGANIK DASAR
NUT 253 (KJ101)

Materi Pertemuan 11
Asam Amino dan Protein

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

UNIVERSITAS ESA UNGGUL
2019

Pendahuluan

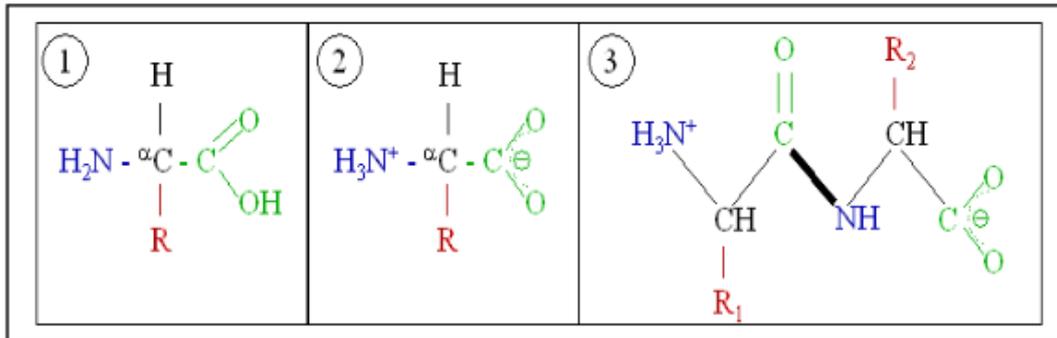
Protein merupakan senyawa yang terdapat dalam setiap sel hidup. Setengah dari berat kering dan 20% dari berat total tubuh manusia dewasa adalah protein. Hampir setengahnya terdapat di dalam otot (daging), seper limanya di dalam tulang dan kartilago, seper sepuluhnya dalam kulit dan sisanya dalam jaringan-jaringan lain serta cairan tubuh. Semua enzim yang terdapat di dalam tubuh adalah protein. Berbagai macam hormon merupakan protein atau turunannya. Asam nukleat di dalam sel, yang bertanggung jawab terhadap transmisi informasi genetika dalam reproduksi sel, sering terdapat dalam bentuk berkombinasi dengan protein, yaitu nukleoprotein.

Hanya urine dan cairan empedu yang dalam keadaan normal tidak mengandung protein. Protein yang terkandung dalam makanan yang dikonsumsi akan mengalami proses pencernaan (pemecahan, hidrolisis) oleh enzim-enzim protease di dalam saluran pencernaan (lambung, usus halus) menjadi unit-unit penyusunnya, yaitu asam-asam amino. Asam-asam amino inilah yang selanjutnya diserap oleh usus halus, kemudian dialirkan ke hati dan didistribusikan ke seluruh jaringan tubuh. Dalam jaringan, asam-asam amino tersebut digunakan untuk sintesis protein untuk pembentukan jaringan baru atau mengganti jaringan yang rusak.

Asam-asam amino yang berlebihan dapat digunakan sebagai sumber energi bagi tubuh, atau disimpan dalam bentuk lemak (jaringan adiposa) sebagai cadangan energi. Protein merupakan zat gizi yang sangat penting bagi tubuh karena selain sebagai sumber energi, protein berfungsi sebagai zat pembangun tubuh (sintesis protein tubuh) dan zat pengatur di dalam tubuh (enzim dan hormon). Sebagai zat pembangun, fungsi utamanya bagi tubuh adalah untuk membentuk jaringan baru (misalnya membentuk janin pada masa kehamilan seorang ibu, atau jaringan baru pada proses pertumbuhan bayi/anak), disamping untuk memelihara jaringan yang telah ada (mengganti bagian-bagian yang aus atau rusak).

Pengertian Nilai Gizi Protein

Protein merupakan senyawa kompleks yang terdiri dari asam-asam amino yang diikat satu sama lain dengan ikatan peptida (lihat Gambar 1.1). Asam amino sendiri terdiri dari rantai karbon (R = rantai cabang), atom hidrogen, gugus karboksilat (COOH), kadang-kadang gugus hidroksil (OH), belerang (S), serta gugus amino (NH₂). Atom nitrogen pada gugus amino suatu asam amino adalah karakteristik protein. Rata-rata terdapat sebanyak 16% nitrogen dalam suatu protein. Oleh karena itu, faktor konversi dari kadar nitrogen (hasil penetapan dengan metode Kjeldahl) menjadi protein adalah 6,25 (sebagai hasil bagi 100 dengan 16).



(1) asam amino, (2) struktur zwitter ion, (3) ikatan peptida antara dua asam amino

Gambar 1.1.

Struktur asam amino dan pembentukan ikatan peptida

Satu molekul protein dapat terdiri dari 12 sampai 20 macam asam amino; dan jumlah setiap macam asam amino tersebut dapat mencapai ratusan buah. Setiap macam asam amino dihubungkan dengan ikatan peptida membentuk peptida. Karena jumlah peptida tersebut sangat banyak maka protein sering kali disebut sebagai polipeptida. Macam, jumlah, dan susunan asam amino dalam suatu protein menentukan sifat-sifat protein tersebut. Asam amino penyusun protein dapat dibagi ke dalam tiga kelompok berdasarkan dapat atau tidaknya disintesis oleh tubuh manusia (Tabel 1.1), yaitu asam amino esensial (tidak dapat disintesis), semi-esensial dan nonesensial (dapat disintesis oleh tubuh). Agar sintesis protein di dalam tubuh berjalan lancar, misalnya untuk menjamin pertumbuhan pada anak-anak atau untuk mempertahankan keseimbangan nitrogen di dalam tubuh orang dewasa maka asam-asam amino esensial harus terdapat dalam makanan yang dikonsumsi karena tubuh tidak dapat mensintesisnya.

Tabel 1.1.

Klasifikasi asam amino berdasarkan dapat/tidaknya disintesis oleh tubuh

Karakteristik Molekul	Esensial (Tidak Dapat Disintesis)	Semi-Esensial	Non-Esensial (Dapat Disintesis)
Mono amino mono karboksilat (bersifat netral)	Valin Leusin Isoleusin	Glisin	Alanin
Di-amino mono karboksilat (bersifat basa)	Lisin	Arginin	-
Mono amino di-karboksilat (bersifat asam)	-	-	Asam Glutamat Asam Aspartat
Mengandung OH	Treonin	Serin	-
Mengandung S	Metionin	Sistin	Sistein
Aromatik	Fenilalanin	Tirosin	-
Heterosiklik	Triptofan	Histidin	Prolin Hidroksiprolin

Beberapa macam asam amino dapat menghemat penggunaan beberapa macam asam amino esensial, akan tetapi tidak dapat menggantikannya secara sempurna. Misalnya, sistin dapat menghemat penggunaan metionin, tirosin dapat menghemat penggunaan fenilalanin karena itu asam-asam amino tersebut disebut semi-esensial. Istilah semi-esensial dapat pula diartikan sebagai asam amino yang dapat menjamin proses kehidupan jaringan orang dewasa, tetapi tidak mencukupi untuk keperluan pertumbuhan anak-anak sehingga harus disuplai dari makanan, misalnya arginin dan histidin. Jika tidak terdapat dalam makanan, asam amino non-esensial dapat disintesis oleh tubuh sepanjang bahan dasarnya tersedia cukup, yaitu asam lemak dan senyawa bernitrogen.

A. KLASIFIKASI PROTEIN

Belum ada satu pun sistem klasifikasi protein yang secara umum dapat diterima dan memuaskan. Sampai sekarang masih digunakan beberapa sistem klasifikasi yang kadang-kadang bertentangan satu sama lain. Protein dapat digolongkan berdasarkan: (1) struktur molekulnya, (2) kelarutannya dalam pelarut, dan (3) nilai gizinya. Berdasarkan struktur molekulnya, protein dapat dikelompokkan menjadi dua bentuk, yaitu protein fibrosa (fibrous, berserat, berserabut) dan protein globular (bulat seperti bola). Protein fibrosa tidak larut dalam pelarut encer, baik larutan garam, asam, basa maupun alkohol. Protein fibrosa terutama berguna untuk membentuk struktur jaringan, misalnya kolagen pada tulang rawan, myosin, yaitu protein kontraktile utama pada otot, keratin, yaitu protein utama rambut dan kulit, serta fibrin, yaitu protein pada darah yang membeku.

Protein globular larut dalam larutan garam dan asam encer, juga mudah berubah di bawah pengaruh konsentrasi garam, serta pelarut asam dan basa, dibandingkan dengan protein fibrosa. Selain itu, protein ini lebih mudah terdenaturasi, yaitu berubahnya susunan molekulnya yang diikuti dengan perubahan sifat fisik dan fisiologisnya. Klasifikasi protein berdasarkan kelarutannya berkembang pada sekitar tahun 1907 – 1908, tetapi masih digunakan sampai sekarang walaupun garis batas antarkelasnya tidak jelas. Menurut kelarutannya, protein globular dapat digolongkan menjadi beberapa kelas, yaitu albumin, globulin, glutelin, prolamin, histon, dan protamin (Tabel 1.2.).

Protein susu (sapi) terdiri dari kasein (fosfoprotein) sebanyak kurang lebih 78% dari berat totalnya, serta protein serum susu (sekitar 17%) yang terdiri dari beta-lakto-globulin (8,5%), alfa-laktalbumin (5,1%), globulin imun (1,7%) dan serum albumin. Sekitar 5% merupakan senyawa yang mengandung nitrogen, tetapi bukan protein (non-protein nitrogen), seperti peptide dan asam amino. Protein telur dibedakan atas putih dan kuning telur. Protein putih telur terdiri dari sedikitnya delapan macam protein yang berbeda dengan sifat khusus masing-masing (ovalbumin, kon-albumin, ovomukoid, lisozim, flavoprotein, apoprotein, ovo-inhibitor, dan avidin). Putih telur mengandung sekitar 10 - 11% protein berdasarkan berat basah (sekitar 83% berdasarkan berat kering). Jenis-jenis protein yang terdapat dalam kuning telur, yaitu livetin, fosvitin, dan lipoprotein. Protein kuning telur mengandung sejumlah lipid (fosfolipid, misalnya lesitin) yang berikatan membentuk suatu

lipoprotein. Karena adanya lesitin maka kuning telur dapat membentuk emulsi (campuran air dengan minyak), misalnya dalam pembuatan mayonnaise.

Tabel 1.2.
Klasifikasi protein berdasarkan kelarutannya

Kelas Protein	Sifat Kelarutan dan Sifat Fisik Lainnya	Contoh
Albumin	Larut dalam air dan larutan garam, terkoagulasi oleh panas	Albumin telur, Albumin serum, Laktalbumin (susu)
Globulin	Tidak larut dalam air, terkoagulasi oleh panas, larut dalam pelarut encer, mengendap dalam larutan garam konsentrasi tinggi (<i>salting out</i>)	Miosinogen (otot), ovalbumin (kuning telur), legumin (kacang-kacangan)
Glutelin	Tidak larut dalam pelarut netral, larut dalam asam, dan basa encer	Glutelin (gandum), orizenin (beras)
Prolamin (Gliadin)	Larut dalam alkohol 70-80 %, tidak larut dalam air, dan alkohol absolute	Gliadin (gandum), zein (jagung), hordain (barley)
Histon	Larut dalam air dan larutan garam, tidak larut dalam amonia encer; Histon yang terkoagulasi oleh panas bersifat larut dalam asam encer	Globin (hemoglobin)
Protamin	Larut dalam etanol 70-80 %, tidak larut dalam air dan etanol absolute, tidak terkoagulasi oleh panas, kaya akan arginin	Salmin (ikan Salmon), kluepin (ikan Herring), scrombin (ikan Mackerel)

Protein daging (sapi) terdiri dari protein struktural (sekitar 70%) dan protein larut air (sekitar 30%). Protein struktural (fibril) mengandung sekitar 32 - 38% miosin, 13 - 17% aktin, 7% tropomiosin dan sekitar 6% protein plasma. Protein ikan terdiri dari serat-serat pendek yang mengandung protein utama, yaitu miosin, aktin, aktomiosin dan tropomiosin. Miosin dan aktin merupakan protein struktural. Aktomiosin bersifat labil, mudah berubah selama proses pengolahan atau penyimpanan, misalnya menjadi tidak mudah larut.

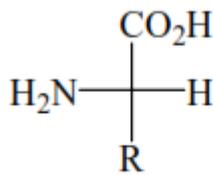
Asam Amino dan Protein

Protein dijumpai dalam organisme hidup, protein terdiri dari beraneka jenis dan fungsi biologi. keratin kulit dan kuku, aneka enzim dalam tubuh termasuk dalam golongan protein. Protein adalah poliamida, yang tersusun dalam rantai asam amino, hidrolisis protein menghasilkan asam-asam amino.

A. STRUKTUR ASAM AMINO

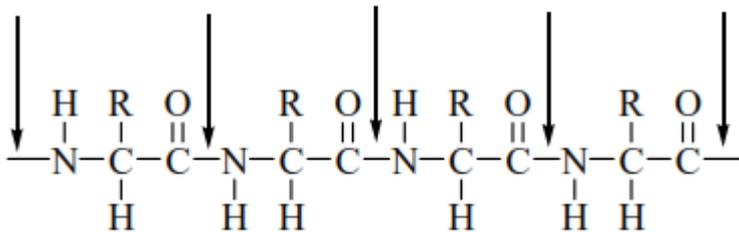
Asam-asam amino yang terdapat dalam protein adalah asam α -aminokarboksilat. Asam amino mengandung gugus amino (-NH) dan karboksilat (-COOH). Struktur asam amino dapat digambarkan seperti di

bawah ini dengan variasi dalam struktur monomer-monomer ini terjadi dalam rantai samping (R).



struktur umum asam amino

Asam amino akan berikatan sehingga membentuk poliamida, ikatan yang terbentuk disebut dengan ikatan peptida.



ikatan peptida

Asam amino mengandung suatu gugus amino yang berada dalam bentuk kation amonium dan gugus karboksil yang berada dalam bentuk anion karboksilat. Sehingga asam amino mengandung gugus yang bersifat basa dan gugus bersifat asam dalam molekul yang sama. Suatu asam amino mengalami reaksi asam-basa internal yang menghasilkan suatu ion dipolar, yang juga disebut zwitterion. Karena strukturnya ini maka asam amino tidak selalu bersifat seperti senyawa-senyawa organik. Asam amino mempunyai titik leleh yang tinggi (di atas 200 C), tidak larut dalam pelarut organik tetapi larut dalam pelarut polar. Asam amino berdasarkan fungsi biologisnya diklasifikasikan menjadi :

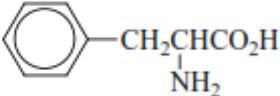
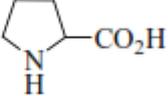
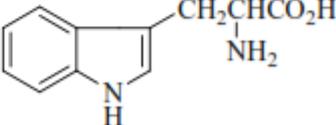
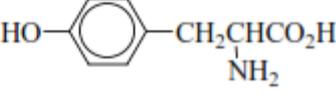
1. Asam amino esensial, yaitu asam amino yang hanya diperoleh dari makanan yang dikonsumsi karena asam amino jenis ini tidak dapat disintesis dalam tubuh.
2. Asam amino non esensial, yaitu asam amino yang diperoleh dari makanan juga dapat disintesis dalam tubuh sendiri.

Dalam protein tumbuhan dan hewan, hanya terdapat duapuluh asam amino yang lazim dijumpai, ke-20 asam amino tersebut seperti tercantum dalam tabel 6.1 di bawah. Dari ke-20 asam amino tersebut sepuluh diantaranya merupakan asam amino esensial yaitu asam amino yang diperlukan untuk sintesis protein dan tidak disintesis sendiri oleh organisme itu tetapi harus terdapat dalam makanannya. Sepuluh asam amino esensial

tersebut adalah arginina, histidina, isoleusina, leusina, lisina, metionina, fenilalanina, treonina, triptofan, dan valina.

Tabel 6.1. Dua puluh asam amino

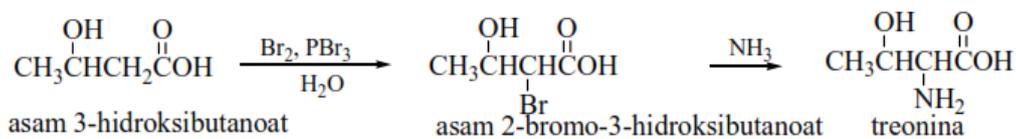
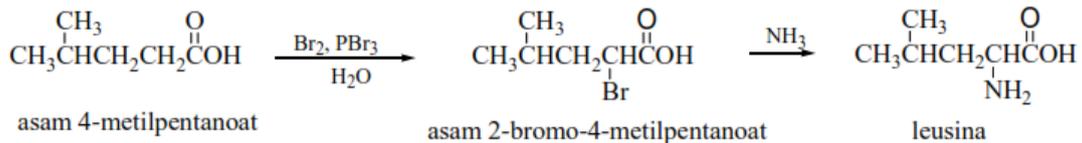
Nama	Singkatan	Struktur
Alanina	Ala	$\text{CH}_3\text{CH}(\text{NH}_2)\text{CO}_2\text{H}$
Arginina	Arg	$\text{H}_2\text{N}-\text{C}(\text{NH})\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}(\text{NH}_2)\text{CO}_2\text{H}$
Asparagina	Asn	$\text{NH}_2\text{C}(=\text{O})\text{CH}_2\text{CH}(\text{NH}_2)\text{CO}_2\text{H}$
asam aspartat	Asp	$\text{HO}_2\text{CCH}_2\text{CH}(\text{NH}_2)\text{CO}_2\text{H}$
Sisteina (cysteine)	Cys	$\text{HSCH}_2\text{CH}(\text{NH}_2)\text{CO}_2\text{H}$
asam glutamat	Glu	$\text{HO}_2\text{CCH}_2\text{CH}_2\text{CH}(\text{NH}_2)\text{CO}_2\text{H}$
Glutamin	Gln	$\text{H}_2\text{NC}(=\text{O})\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}(\text{NH}_2)\text{CO}_2\text{H}$
Glisina	Gly	$\text{CH}_2(\text{NH}_2)\text{CO}_2\text{H}$
Histidina	His	$\text{Imidazole ring}-\text{CH}_2\text{CH}(\text{NH}_2)\text{CO}_2\text{H}$

Nama	Singkatan	Struktur
Isoleusina	Ile	$\text{CH}_3\text{CH}_2\overset{\text{CH}_3}{\underset{\text{NH}_2}{\text{C}}}\text{HCO}_2\text{H}$
Leusina	Leu	$(\text{CH}_3)_2\text{CHCH}_2\underset{\text{NH}_2}{\text{C}}\text{HCO}_2\text{H}$
Lisina	Lys	$\text{NH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\underset{\text{NH}_2}{\text{C}}\text{HCO}_2\text{H}$
Metionina	Met	$\text{CH}_3\text{SCH}_2\text{CH}_2\underset{\text{NH}_2}{\text{C}}\text{HCO}_2\text{H}$
Fenilalanina	Phe	
Prolina	Pro	
Serina	Ser	$\text{HOCH}_2\underset{\text{NH}_2}{\text{C}}\text{HCO}_2\text{H}$
Treonina	Thr	$\text{CH}_3\overset{\text{OH}}{\underset{\text{NH}_2}{\text{C}}}\text{HCH}_2\text{CO}_2\text{H}$
Triptofan	Try	
Tirosina (tyrosine)	Tyr	
Valina	Val	$(\text{CH}_3)_2\underset{\text{NH}_2}{\text{C}}\text{HCHCO}_2\text{H}$

Asam amino yang mengandung rantai samping karboksil dikelompokkan dalam asam amino asam, sedangkan asam amino yang mengandung rantai samping amino dikelompokkan sebagai asam amino basa, sisa dari kedua kelompok ini disebut sebagai asam amino netral. Asam amino asam adalah asam glutamat dan asam aspartat, asam amino basa adalah lisina, histidina, dan arginina, sedangkan sisanya adalah asam amino netral.

B. SINTESIS ASAM AMINO

Asam amino dapat disintesis di laboratorium dengan berbagai cara, salah satunya adalah reaksi brominasi asam karboksilat dengan menggunakan Br₂ dan PBr₃ kemudian dilanjutkan dengan reaksi dengan NH₃.

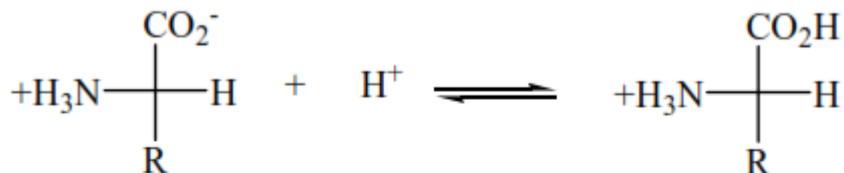


C. REAKSI ASAM AMINO

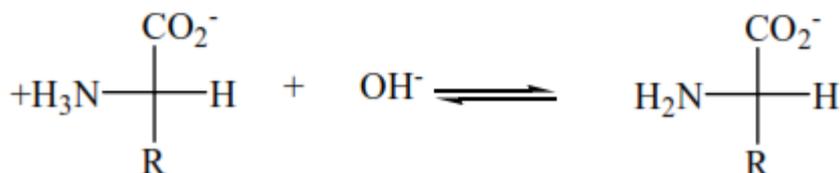
a. Keamfoteran Asam Amino

Suatu asam amino dapat bereaksi dengan asam ataupun dengan basa, masing-masing akan menghasilkan suatu kation atau suatu anion. Dalam larutan asam, asam amino akan bersifat basa yang akan menerima proton sehingga akan menghasilkan kation. Dalam larutan basa, asam amino akan bersifat asam yang akan memberikan proton sehingga akan menghasilkan suatu anion.

dalam larutan asam :

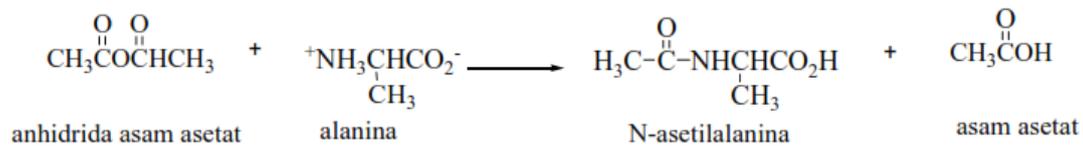


dalam larutan basa



b. Asilasi

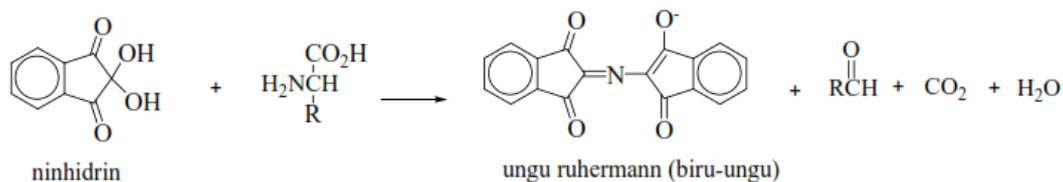
Asilasi gugus amino dengan suatu halida asam atau anhidrida asam akan menghasilkan amida.



Tetapi sifat dari amida ini akan berbeda dibandingkan dengan senyawa asam amino karena Nitrogen pada amida tidak bersifat basa, sehingga senyawa amino yang terasilasi membentuk amida ini berbeda sifatnya dibandingkan asam amino.

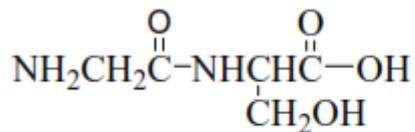
c. Reaksi dengan ninhidrina

Reaksi dengan ninhidrin digunakan sebagai uji bercak senyawa asam amino pada pada kertas kromatografi. Asam-amino bereaksi dengan ninhidrin untuk membentuk produk yang disebut ungu Ruheman.

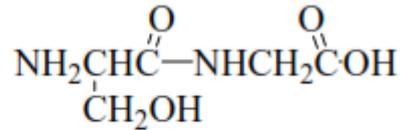


D. PEPTIDA

Peptida dan protein adalah polimer yang terbentuk dari satuan asam amino melalui ikatan peptida antara suatu gugus α -amino dari satu asam amino dan gugus karboksil dari asam amino lain. Ikatan peptida ini akan membentuk gugus amida. Asam amino pembentuk peptida disebut sebagai residu. Contoh peptida yang dibentuk dari glisina dan serina disebut glisilserina. Untuk dipeptida ada dua kemungkinan penggabungan seperti dibawah ini. Tripeptida dapat membentuk kombinasi gabungan asam amino dengan enam cara. Jadi semakin banyak residu asam amino penyusun peptida maka semakin banyak kemungkinan kombinasi gabungan asam amino tersebut. Penamaan peptida dimulai dari nama asam amino dari kiri ke kanan.



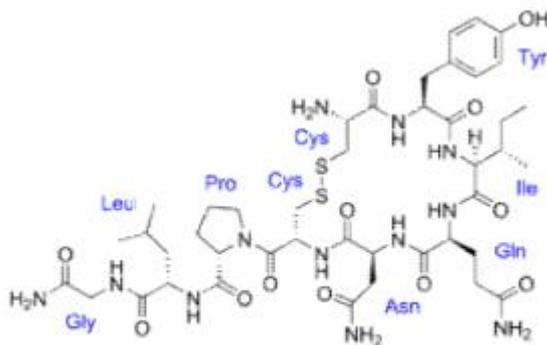
glisilserina (gly-ser)



serilglisina (ser-gly)

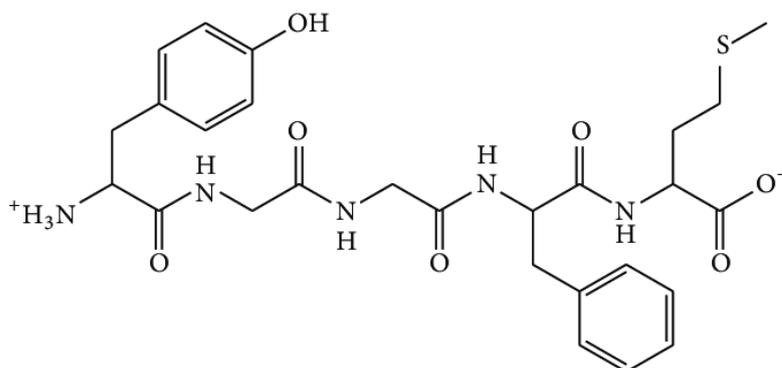
Peptida yang tersusun dari dua residu asam amino disebut dipeptida, tiga residu asam amino disebut tripeptida, dan polipeptida adalah peptida yang tersusun atas banyak residu asam amino. Apa yang membedakan peptida (polipeptida) dengan protein? polipeptida dan protein adalah poliamida, keduanya sama. Hanya saja untuk poliamida dengan residu asam amino kurang dari 50 dikenal sebagai peptida, sedangkan yang lebih dari 50 disebut sebagai protein

Beberapa contoh peptida yang mempunyai aktifitas fisiologis dalam tubuh adalah oksitosin dan enkefalin. Oksitosin adalah suatu hormon yang berasal dari kelenjar di bawah otak (pituitary hormone) yang membantu proses persalinan yang bekerja dengan cara menyebabkan kontraksi uterus.



Struktur oksitosin

Enkefalin adalah zat-zat yang dihasilkan oleh tubuh yang mempunyai efek menghilangkan nyeri. Enkefalin ini adalah peptida-peptida otak yang mengandung hanya lima residu asam amino. Contoh dua enkefalin adalah tyr-gly-gly-phe-met dan tyr-gly-gly-phe-leu



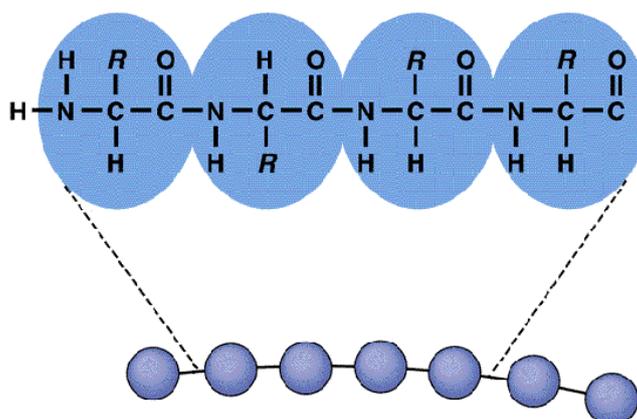
E. PROTEIN

Protein adalah suatu polipeptida yang tersusun dari banyak asam amino. Protein merupakan molekul yg sangat vital untuk organisme yang terdapt di semua sel. Rantai asam amino dihubungkan dengan kovalen yg spesifik. Struktur dan fungsi protein ditentukan oleh kombinasi, jumlah, dan urutan asam amino. Sifat fisika dan kimiawi asam amino dipengaruhi oleh asam-asam amino penyusunnya. Protein dalam tubuh dikelompokkan berdasarkan tugas dan fungsi dari protein tersebut. Kelompok protein tersebut adalah protein serat, protein globular, dan protein konjugasi.

Protein serat disebut juga protein struktural yang bertugas membentuk kulit, otot, pembuluh darah, dan rambut. Protein-protein pembentuk tersebut diantaranya adalah kolagen yang bertugas membentuk jaringan penyambung, elastin yang membentuk urat dan pembuluh darah, dan keratin yang membentuk rambut dan kuku. Protein globular adalah protein larut, yang termasuk dalam kelompok protein ini adalah albumin yang terdapat telur dan serum, globulin terdapat dalam serum, histon terdapat dalam jaringan kelenjar dan bersama dengan asam nukleat, rotamina yang berhubungan dengan asam nukleat. Contoh dari protein globular adalah hemoglobin (bagian dari eritrosit) yang bertanggung jawab atas pengangkutan oksigen dalam aliran darah. Satu satuan hemoglobin mempunyai bobot molekul sekitar 65.000, mengandung empat molekul protein yang disebut globin. Keracunan karbon monoksida terjadi bila molekul CO₂ menggantikan tempat molekul O₂ dalam hemoglobin. Molekul CO terikat erat oleh besi dan dilepaskan tidak semudah molekul oksigen.

Sylvia S. Mader, Inquiry into Life, 8th edition Copyright © 1997 The McGraw-Hill Companies, Inc. All rights reserved.

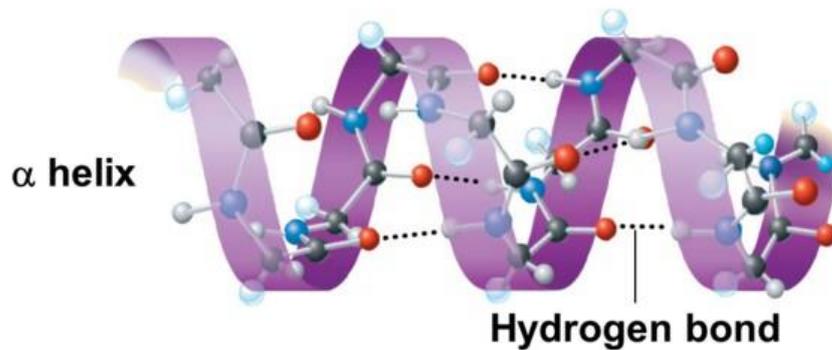
Primary Structure of Protein



Protein konjugasi adalah protein yang berhubungan dengan suatu bagian nonprotein misalnya gula yang mempunyai pelbagai fungsi dalam seluruh tubuh. Contoh yang termasuk dalam kelompok ini adalah nukleoprotein yang bersenyawa dengan asam nukleat, mukoprotein dan glikoprotein yang berhubungan dengan karbohidrat, lipoprotein berhubungan dengan lipida, fosfolipida atau kolesterol. Struktur protein dibedakan

menjadi struktur primer, sekunder, tersier, dan kuartener. Struktur primer adalah rentetan asam amino dalam suatu molekul protein. Bentuk kerangka atau tulang belakang dari suatu protein disebut sebagai struktur sekunder yang merupakan pola lipatan berulang dari rangka protein. Dua pola terbanyak adalah alpha helix dan beta sheet.

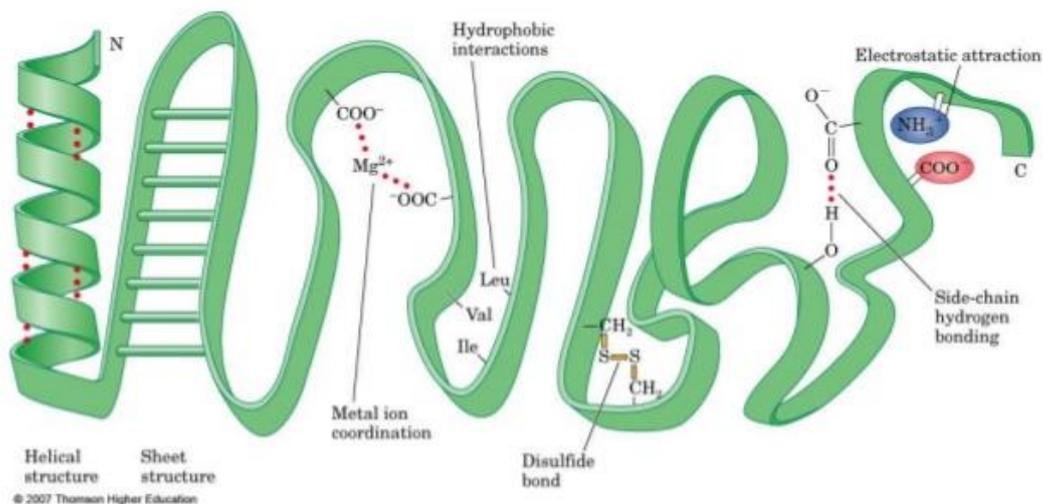
Secondary structure



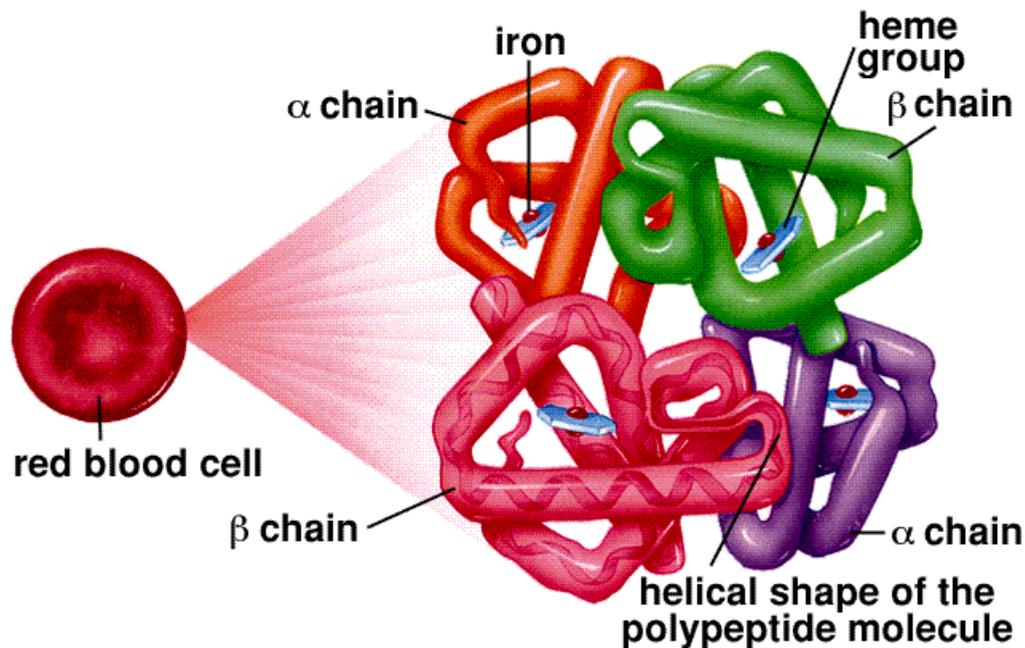
Antaraksi lebih lanjut dari struktur sekunder yang membentuk bulatan disebut struktur tersier, dan antaraksi sub-unit protein tertentu yang membentuk protein besar seperti globin dalam hemoglobin disebut struktur kuartener.

Tertiary Structure

- Forces that stabilize 3° structure of proteins



Hemoglobin Molecule



Kuartener struktur

Denaturasi Protein

Protein dapat mengalami denaturasi yang mengakibatkan hilangnya sifat biologis dari protein. Denaturasi adalah rusaknya ikatan hidrogen dan gaya sekunder lain dalam protein sehingga menyebabkan hilangnya sifat-sifat struktur yang lebih tinggi. Faktor-faktor yang menyebabkan denaturasi antara lain :

1. perubahan temperatur, seperti memasak putih telur akan mengakibatkan albumin itu membuka lipatan dan mengendap; dihasilkan suatu zat padat putih.
2. perubahan pH, bila susu menjadi asam perubahan pH yang disebabkan oleh pembentukan asam laktat akan menyebabkan penggumpalan susu (curdling), atau pengendapan protein yang semula larut.
3. Detergen
4. Radiasi
5. zat pengoksidasi atau pereduksi

Denaturasi dapat reversibel bila kondisi denaturasi yang lembut seperti sedikit perubahan pH. Jika protein ini dikembalikan ke lingkungan alamnya, protein ini dapat memperoleh kembali struktur lebih tingginya yang alamiah dalam suatu proses yang disebut renaturasi. Tetapi umumnya renaturasi ini sangat lambat dan tidak terjadi sama sekali.

F. ENZIM

Enzim, suatu protein besar, adalah suatu senyawa yang bertindak sebagai katalis dalam reaksi biologi. Enzim merupakan katalis yang lebih efisien daripada kebanyakan katalis laboratorium atau industri. Enzim bekerja menurunkan energi aktivasi reaksi sehingga akan mempercepat terjadinya reaksi. Enzim bekerja secara spesifik. Satu jenis enzim hanya akan bekerja pada substrat tertentu saja. Contohnya enzim amilase yang ditemukan dalam saluran cerna manusia hanya bekerja pada pati yang akan menghasilkan glukosa, amilase tidak bekerja pada selulosa atau karbohidrat jenis lain. Tetapi terdapat enzim yang bekerja dalam substrat yang lebih luas, misalnya papain, suatu protein globular yang diisolasi dari buah pepaya dapat bekerja dengan cara menghidrolisis banyak ikatan peptida sehingga papain dapat digunakan untuk melunakkan daging.

Penamaan suatu enzim umumnya memakai akhiran *-ase*. Misalnya suatu polimerase adalah enzyme yang mengkatalisis suatu reaksi polimerisasi. Enzim diklasifikasikan dalam 6 kategori berdasarkan jenis reaksi yang dikatalisasinya. Keenam kelompok enzim tersebut adalah :

1. Oksidoreduktase adalah enzim yang pada reaksi oksidasi-reduksi. Yang termasuk dalam kelompok enzim ini adalah dehidrogenase yang bekerja pada ikatan rangkap, oksidase, dan reduktase.
2. Transferase adalah enzim yang bekerja pada proses perpindahan suatu gugus pada satu substrat ke yang lainnya. Contoh enzim golongan ini adalah kinase yang bekerja pada gugus fosfat dan transaminase yang bekerja pada gugus amino.
3. Hidrolase adalah enzim yang bekerja pada reaksi hidrolisis amida, ester, dan substrat sejenis. Contohnya adalah protease yang menghidrolisis amida, lipase yang menghidrolisis ester, dan nuklease menghidrolisis fosfat.
4. Liase adalah enzim yang bekerja pada reaksi eliminasi dan adisi molekul kecil seperti H₂O dari dan terhadap substrat. Contohnya adalah dekarboksilase yang menyebabkan eliminasi CO₂ dan dehidrasi yang mengeliminasi H₂O.
5. Isomerase adalah enzim yang bekerja mengkatalis reaksi isomerisasi. Contohnya adalah epimerase yang mengkatalis reaksi pada pusat kiral.
6. Ligase adalah enzim yang mengkatalis ikatan antar dua molekul dan bersamaan dengan hidrolisis ATP. Contohnya adalah karboksilase yang bekerja pada adisi CO₂ dan sintetase yang bekerja pada pembentukan senyawa baru.

Untuk aktivitas biologis, beberapa enzim memerlukan gugus-gugus prostetik atau kofaktor. Kofaktor merupakan bagian nonprotein dari enzim tersebut yang dapat berupa gugus anorganik seperti Zn²⁺. Gugus prostetik organik disebut sebagai koenzim.

Jika suatu organisme tidak dapat mensintesis suatu kofaktor yang diperlukan, maka kofaktor itu harus terdapat dalam makanan dalam jumlah kecil. Satuan-satuan aktif dari banyak kofaktor adalah vitamin. Enzim bekerja dengan cara menyesuaikan diri dengan di sekitar substrat (molekul yang akan dikerjakan) untuk membentuk kompleks enzim-substrat. Ikatan-ikatan substrat dapat menjadi tegang oleh gaya tarik antara substrat dan enzim. Ikatan tegang memiliki energi tinggi dan lebih mudah terputuskan ; oleh karena itu, reaksi yang diinginkan berlangsung lebih mudah dan menghasilkan suatu kompleks enzim-produk.

