

DIKTAT

BIOKIMIA

D
I
S
U
S
U
N

Oleh:

Leni Widiarti, M.Si.
NIP. 19920805 202012 2 023



PROGRAM STUDI BIOLOGI
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI UNIVERSITAS ISLAM
NEGERI SUMATERA UTARA
MEDAN
2022

**LEMBAR PENGESAHAN
DIKTAT**

MATA KULIAH : BIOKIMIA
SEMESTER : III (TIGA)
PROGRAM STUDI : BIOLOGI
FAKULTAS : SAINS DAN TEKNOLOGI UIN SUMATERA UTARA

DISAHKAN OLEH
TANGGAL : 19 SEPTEMBER 2022
DI : MEDAN

MEDAN, 19 SEPTEMBER 2022

Mengetahui
Wakil Dekan Bidang Akademik dan Kelembagaan
Fakultas Sains dan Teknologi
UIN Sumatera Utara

Dr. Abdul Halim Daulay, S.T., M.Si
NIP. 19811106 2005 01 1003

SURAT REKOMENDASI

Saya yang bertanda tangan di bawah ini

Nama : Dr. Abdul Halim Daulay, S.T., M.Si
NIP. : 19811106 200501 1 003
Pangkat/ Gol. : Penata Tk. I (III/d)
Unit Kerja : Fakultas Sains dan Teknologi

menyatakan bahwa diktat saudara

Nama : Leni Widiarti, M.Si.
NIP : 19920805 202012 2 023
Pangkat/ Gol. : Penata Muda Tk. I (III/b)
Unit Kerja : Program Studi Biologi
Fakultas Sains dan Teknologi UIN SU
Medan
Judul Diktat : Biokimia

Telah memenuhi syarat sebagai suatu karya ilmiah (Diktat) dalam mata kuliah Biokimia pada Program Studi Biologi Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sumatera Utara Medan.

Demikianlah rekomendasi ini diberikan untuk dapat dipergunakan seperlunya.

Medan, 19 September 2022
Konsultan,

Dr. Abdul Halim Daulay, S.T., M.Si
NIP. 19811106 200501 1 003

KATA PENGANTAR

Alhamdulillahirabbil'alamin, segala puji bagi Allah Azza wa Jalla atas segala rahmat, nikmat, anugerah, dan karunianya sehingga saya dapat menyelesaikan diktat yang berjudul BOKIMIA. Semoga shalawat dan salam selalu senantiasa tercurahkan bagi Junjungan Baginda Nabi Muhammad Shalallahu'alaihi wa salam.

Diktat ini merupakan salah satu syarat pengangkatan pertama sebagai Asisten Ahli. Dalam proses penyusunannya, semua itu tidak terlepas dari bantuan dan dukungan dari berbagai pihak. Oleh sebab itu, penulis mengucapkan terima kasih kepada banyak pihak yang tidak bias disebutkan satu persatu yang telah memberi masukan-masukan positif untuk membuat diktat ini menjadi lebih baik. Penulis juga menyadari bahwa diktat ini masih kurang sempurna sehingga penulis mengharapkan saran yang membangun demi kesempurnaan diktat ini. Akhirnya, Penulis juga mengharap semoga diktat ini dapat berguna bagi pembaca, peneliti dan pihak-pihak yang membutuhkan.

Medan, 19 September 2022
Peneliti,

Leni Widiarti, M.Si.
NIP. 19920805 202012 2 023

BAB I

BIOKIMIA DAN KESATUAN KEHIDUPAN

Biokimia telah menjadi bidang penelitian aktif selama lebih dari satu abad. Banyak pengetahuan telah diperoleh tentang bagaimana berbagai organisme memanipulasi energi dan informasi. Namun, salah satu hasil paling menarik dari penelitian biokimia adalah kesadaran bahwa semua organisme memiliki banyak kesamaan dalam hal biokimia. Organisme sangat seragam pada tingkat molekuler. Pengamatan ini sering disebut sebagai kesatuan biokimia, tetapi pada kenyataannya menggambarkan kesatuan kehidupan. Ahli biokimia Prancis Jacques Monod merangkum gagasan ini pada tahun 1954 dengan frasa “Apa pun yang ditemukan benar untuk bakteri *E. coli* harus benar juga untuk gajah.” Keseragaman ini mengungkapkan bahwa semua organisme di Bumi telah muncul dari nenek moyang yang sama. Inti dari biokimia penting, proses umum untuk semua organisme, muncul di awal evolusi kehidupan. Keanekaragaman kehidupan di dunia modern telah dihasilkan oleh proses evolusioner yang bekerja pada proses inti ini selama jutaan atau bahkan miliaran tahun. “Kami memulai studi kami tentang biokimia dengan melihat kesamaan. Kami akan memeriksa molekul dan konstituen molekuler yang digunakan oleh semua bentuk kehidupan dan kemudian akan mempertimbangkan aturan yang mengatur bagaimana informasi biokimia diakses dan bagaimana informasi itu diteruskan dari satu generasi ke generasi berikutnya”.

Materi hidup terdiri dari sejumlah kecil unsur. Misalnya, C, H, O, N, P, Ca, dan S menyumbang 97% dari berat kering tubuh manusia (manusia dan sebagian besar organisme lain adalah 70% air). Organisme hidup juga dapat mengandung sejumlah kecil unsur lain, termasuk B, F, Al, Si, V, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, As, Se, Br, Mo, Cd, I, dan W, meskipun tidak setiap organisme menggunakan masing-masing zat ini. Bukti fosil kehidupan paling awal yang diketahui berusia 3,5 miliar tahun. Era prebiotik sebelumnya, yang dimulai dengan pembentukan bumi 4,6 miliar tahun yang lalu, tidak meninggalkan catatan langsung, tetapi para ilmuwan dapat secara eksperimental menduplikasi jenis reaksi kimia yang mungkin telah memunculkan organisme hidup selama periode miliaran tahun itu. Atmosfer bumi awal mungkin terdiri dari komponen-komponen kecil yang sederhana seperti H_2O , N_2 , CO_2 , dan sejumlah kecil CH_4 dan NH_3 . Pada 1920-an, Alexander Oparin dan J. B. S. Haldane secara independen menyatakan bahwa radiasi ultraviolet dari matahari atau pelepasan petir menyebabkan molekul-molekul atmosfer purba bereaksi membentuk senyawa organik sederhana (mengandung karbon). Proses ini direplikasi pada tahun 1953 oleh Stanley Miller dan Harold Urey, yang menggunakan campuran H_2O , CH_4 , NH_3 , dan H_2 untuk pelepasan listrik selama sekitar satu minggu. Solusi yang dihasilkan mengandung senyawa organik yang larut dalam air, termasuk beberapa asam amino (yang merupakan komponen protein) dan senyawa biokimia lainnya yang signifikan.

BAB 2

ASAM AMINO DAN PROTEIN

1. Komposisi dan Struktur Protein

Protein adalah makromolekul paling serbaguna dalam sistem kehidupan dan mempunyai fungsi penting pada dasarnya semua proses biologis. Mereka berfungsi sebagai katalis, memberikan dukungan mekanis, menghasilkan gerakan, mengontrol pertumbuhan dan diferensiasi, dan banyak lagi. (Tymoczko et al., 2015)

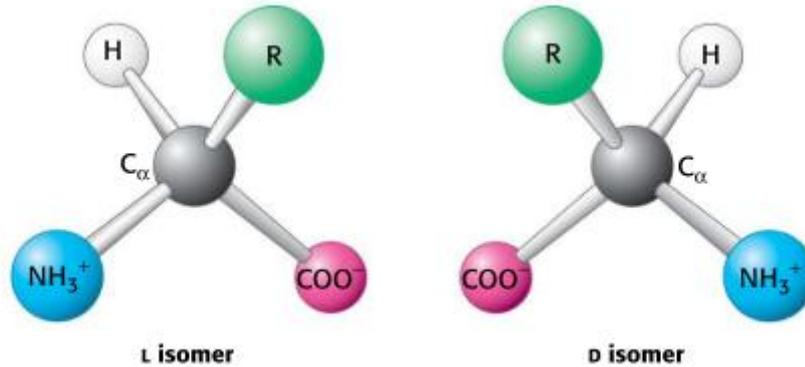
Kata "protein" berasal dari bahasa Yunani *proteios*, yang berarti "sangat penting", dan para ilmuwan yang menamai senyawa ini lebih dari 100 tahun yang lalu memilih istilah yang tepat. Ada banyak jenis protein, dan mereka melakukan berbagai fungsi, termasuk yang berikut:

1. Bahan struktural utama bagi tumbuhan adalah selulosa. Untuk hewan, itu adalah protein struktural, yang merupakan konstituen utama dari kulit, tulang, rambut, dan kuku. Dua protein struktural penting adalah kolagen dan keratin.
2. Katalisis hampir semua reaksi yang terjadi pada organisme hidup dikatalisis oleh protein yang disebut enzim. Tanpa enzim, reaksi akan berlangsung terlalu lambat.
3. Gerakan setiap kali kita menekuk jari, menaiki tangga, atau mengedipkan mata, kita menggunakan otot kita. Ekspansi dan kontraksi otot terlibat dalam setiap gerakan yang kita lakukan. Otot terdiri dari protein yang disebut miosin dan aktin.
4. Transportasi protein transpor memiliki banyak fungsi. Misalnya, hemoglobin, suatu protein dalam darah, membawa oksigen dari paru-paru ke sel-sel di mana ia digunakan dan karbon dioksida dari sel-sel ke paru-paru. Protein lain mengangkut molekul melintasi membran sel.
5. Hormon tidak seperti hormon steroid, banyak hormon adalah protein, termasuk insulin, eritropoietin, dan hormon pertumbuhan manusia.
6. Perlindungan ketika protein dari sumber luar atau zat asing lainnya (disebut antigen) memasuki tubuh, tubuh membuat protein sendiri (disebut antibodi) untuk melawan molekul asing. Produksi antibodi ini merupakan salah satu mekanisme yang digunakan tubuh untuk melawan penyakit. Pembekuan darah adalah fungsi pelindung lain yang dilakukan oleh protein, fibrinogen. Tanpa pembekuan darah, kita akan mati kehabisan darah karena luka kecil apa pun.
7. Penyimpanan beberapa protein menyimpan bahan seperti pati dan glikogen menyimpan energi. Misalnya, kasein dalam susu dan ovalbumin dalam telur menyimpan nutrisi untuk mamalia dan burung yang baru lahir. Ferritin, protein di hati, menyimpan zat besi.
8. Regulasi protein dapat mengontrol ekspresi gen, mengatur jenis protein yang disintesis dalam sel tertentu, dan mengontrol kapan pembuatan tersebut berlangsung.

Seorang individu membutuhkan banyak sekali protein untuk menjalankan beragam fungsi ini. Sebuah sel yang khas mengandung sekitar 9000 protein yang berbeda; seluruh tubuh manusia memiliki sekitar 100.000 protein yang berbeda. Kita dapat mengklasifikasikan protein menjadi dua jenis utama: protein berserat, yang tidak larut dalam air dan digunakan terutama untuk tujuan struktural, dan protein globular, yang lebih larut dalam air dan digunakan terutama untuk tujuan nonstruktural. (*Frederick March, Jerry Brown, Willia Bettelheim, William H. Brown, Mary K. Campbell, Shawn O Farrell, Omar Torres - Introduction to General, Organic, and Biochemistry-Cengage Learning (2019), 2020*).

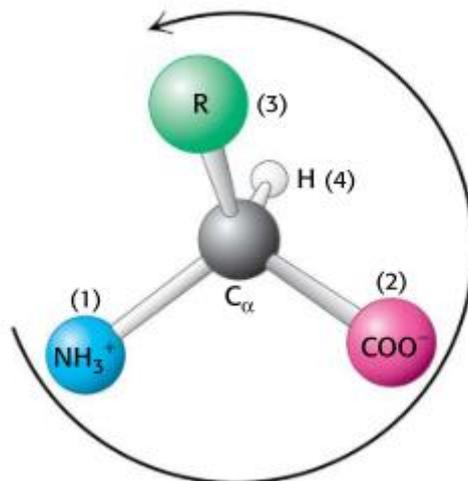
2. Asam Amino

Asam amino adalah blok bangunan protein. Sebuah - asam amino terdiri dari atom karbon pusat, yang disebut karbon, terkait dengan gugus amino, gugus asam karboksilat, atom hidrogen, dan gugus R yang khas. Gugus R sering disebut sebagai rantai samping. Dengan empat gugus berbeda yang terhubung ke atom karbon tetrahedral, asam α -amino bersifat kiral: mereka mungkin ada dalam satu atau yang lain dari dua bentuk bayangan cermin, yang disebut isomer L dan isomer D (Gambar 1).



Gambar 1. Isomer L dan D dari asam amino. Huruf R mengacu pada rantai samping. Isomer L dan D adalah bayangan cermin satu sama lain

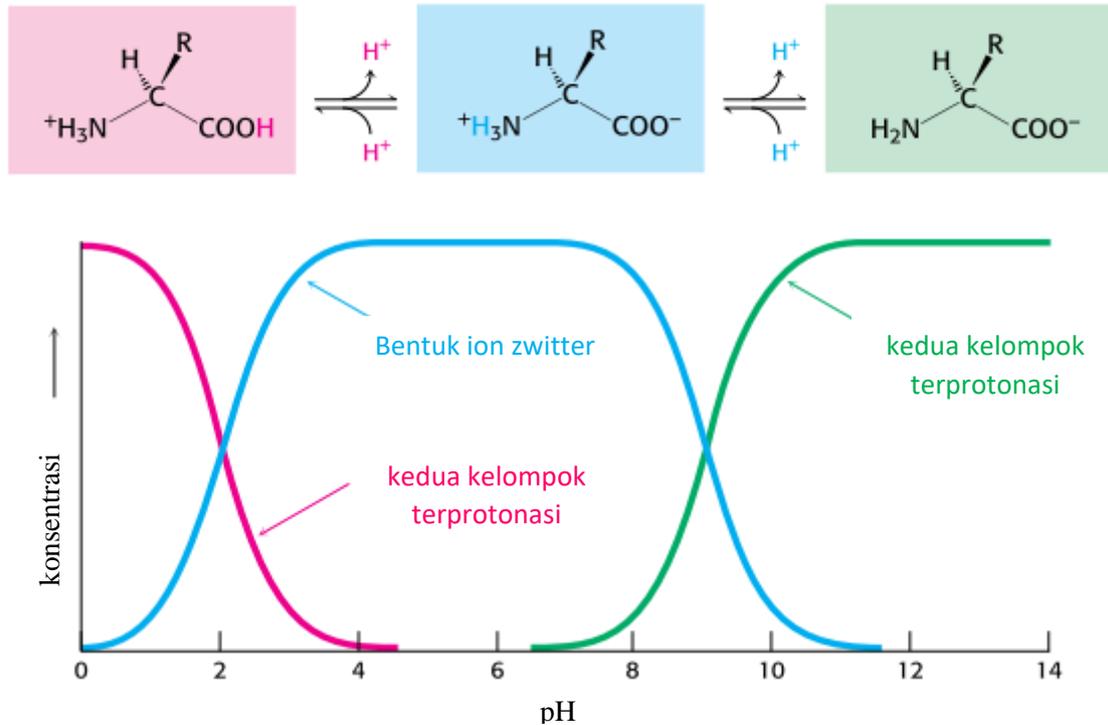
Hanya asam amino L yang merupakan penyusun protein. Untuk hampir semua asam amino, isomer L memiliki konfigurasi absolut S (bukan R) (Gambar 1).



Gambar 2. Hanya asam amino L yang ditemukan dalam protein. Hampir semua asam amino L memiliki konfigurasi absolut S. Arah panah berlawanan arah jarum jam dari substituen berprioritas tertinggi ke terendah menunjukkan bahwa pusat kiral berkonfigurasi S.

Apa dasar pemilihan asam amino L? Ada kemungkinan bahwa preferensi untuk asam amino L daripada D adalah konsekuensi dari pemilihan kebetulan. Namun, ada bukti bahwa asam amino L sedikit lebih larut daripada campuran rasemat asam amino D dan L, yang cenderung membentuk kristal. Perbedaan kelarutan yang kecil ini dapat diperkuat dari waktu ke waktu sehingga isomer L menjadi dominan dalam larutan. Asam amino dalam larutan pada pH netral

ada terutama sebagai ion dipolar (juga disebut zwitterion). Dalam bentuk dipolar, gugus amino terprotonasi. ($-\text{NH}_3^+$) dan gugus karboksil terdeprotonasi ($-\text{COO}^-$). Keadaan ionisasi asam amino bervariasi dengan pH (Gambar 3). Dalam larutan asam (misalnya, pH 1), gugus amino terprotonasi ($-\text{NH}_3^+$) dan gugus karboksilnya adalah tidak terdisosiasi ($-\text{COOH}$). Saat pH dinaikkan, asam karboksilat adalah gugus pertama yang melepaskan proton, karena pKa-nya mendekati 2. Bentuk dipolar bertahan sampai pH mendekati 9, ketika gugus amino yang terprotonasi kehilangan proton.



Gambar 3. Keadaan ionisasi sebagai fungsi pH. Keadaan ionisasi asam amino diubah oleh perubahan pH. Bentuk zwitterionik mendominasi mendekati pH fisiologis

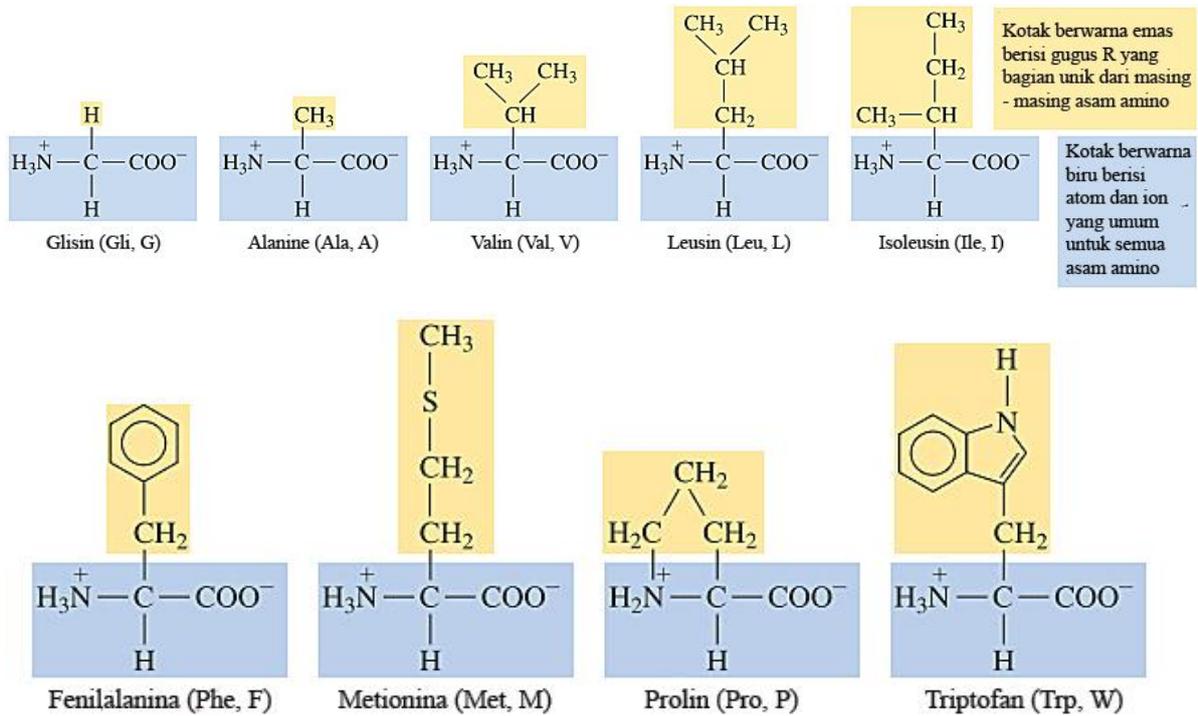
Dua puluh jenis rantai samping yang bervariasi dalam ukuran, bentuk, muatan, kapasitas ikatan hidrogen, karakter hidrofobik, dan reaktivitas kimia umumnya ditemukan dalam protein. Memang, semua protein di semua spesies bakteri, archaeal, dan eukariotik terbentuk dari rangkaian 20 asam amino yang sama dengan hanya beberapa pengecualian. Alfabet dasar untuk konstruksi protein ini berumur beberapa miliar tahun. Rentang fungsi yang luar biasa yang dimediasi oleh protein dihasilkan dari keragaman dan keserbagunaan dari 20 blok bangunan ini. Memahami bagaimana alfabet ini digunakan untuk menciptakan struktur tiga dimensi yang rumit yang memungkinkan protein melakukan begitu banyak proses biologis adalah bidang biokimia yang menarik.

Meskipun ada banyak cara untuk mengklasifikasikan asam amino, kami akan mengurutkan molekul-molekul ini menjadi empat kelompok, berdasarkan karakteristik kimia umum dari kelompok R mereka:

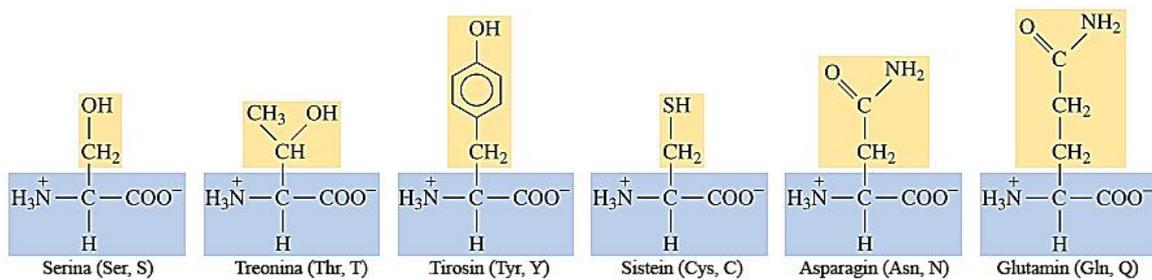
1. Asam amino hidrofobik dengan gugus R nonpolar
2. Asam amino polar dengan gugus R netral tetapi muatannya tidak terdistribusi secara merata

- Asam amino bermuatan positif dengan gugus R yang bermuatan positif pada pH fisiologis
- Asam amino bermuatan negatif dengan gugus R yang bermuatan negatif pada pH fisiologis
- Hidrofobik. (Tymoczko, John L, Berg, Jeremy M, Gatto, Gregory J, Stryer, 2015).

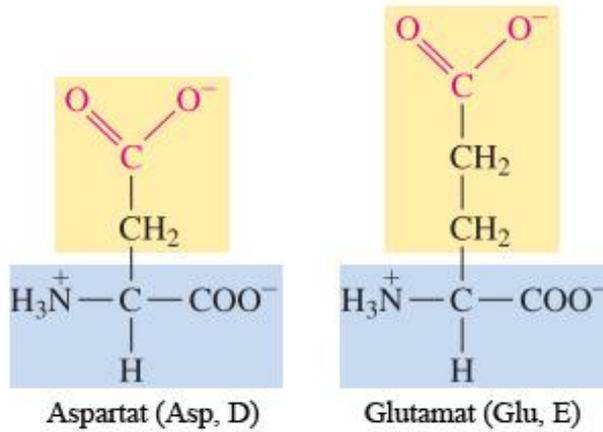
Asam amino nonpolar (hidrofobik)



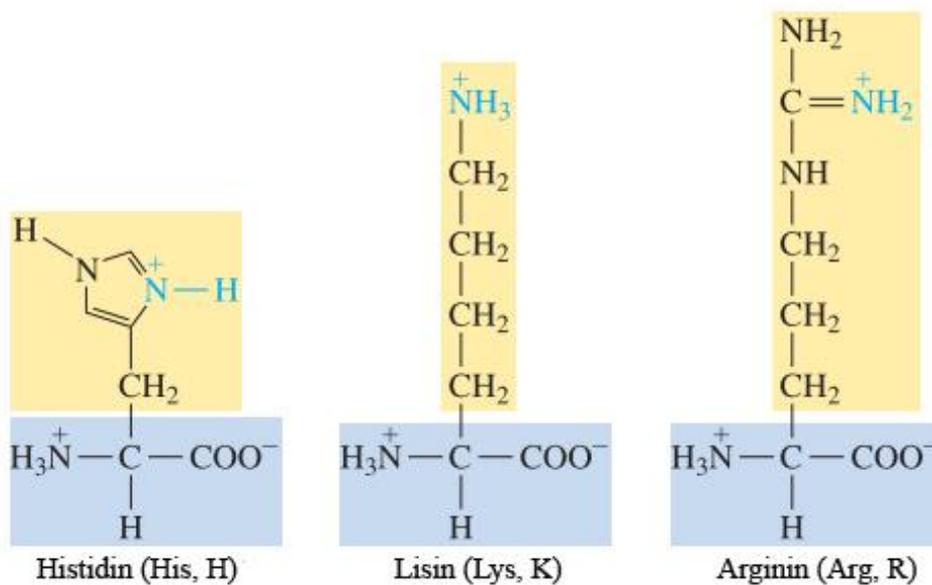
Asam amino netral polar



Asam amino asam polar



Asam amino basa polar



(Wood, 1985)

3. Struktur Protein

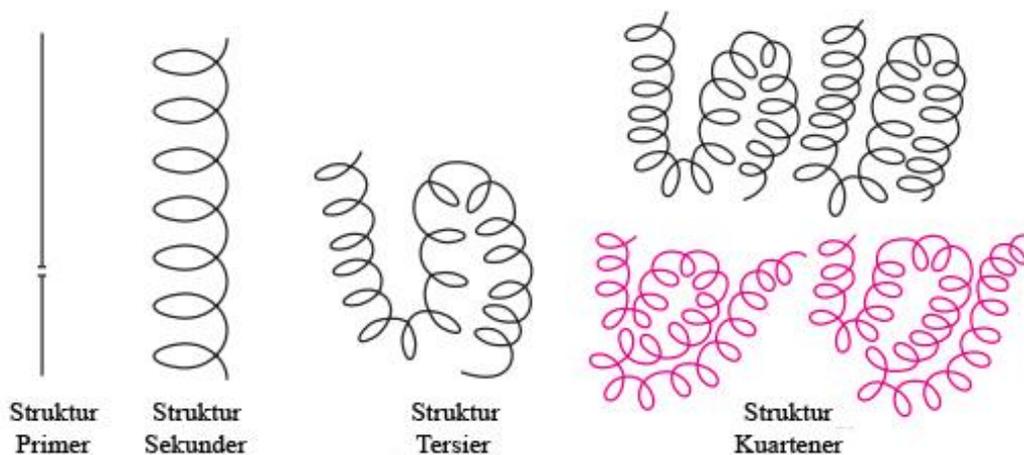
Protein adalah polimer dari L- α -asam amino. Struktur protein agak kompleks yang dapat dibagi menjadi 4 tingkat organisasi:

1. Struktur primer : Urutan linier asam amino yang membentuk tulang punggung protein (polipeptida).
2. Struktur Sekunder : Tata Ruang pengaturan protein dengan memutar rantai polipeptida.
3. Struktur tersier : Struktur tiga dimensi dari protein fungsional.

4. Struktur Kuartener: Beberapa protein terdiri dari dua atau lebih rantai polipeptida yang disebut subunit. Susunan spasial subunit ini dikenal sebagai struktur kuartener.

[Hirarki struktural protein sebanding dengan struktur bangunan. Asam amino dapat dianggap sebagai batu bata, dinding sebagai struktur utama, tikungan di dinding sebagai struktur sekunder, ruang mandiri yang lengkap sebagai struktur tersier. Sebuah bangunan dengan ruangan yang sama dan berbeda akan menjadi struktur kuartener].

Istilah protein umumnya digunakan untuk polipeptida yang mengandung lebih dari 50 asam amino. Namun, dalam beberapa tahun terakhir, beberapa penulis telah menggunakan 'polipeptida' bahkan jika jumlah asam amino hanya beberapa ratus. Mereka lebih suka menggunakan protein daripada perakitan rantai polipeptida dengan struktur kuartener.



Gambar 4. Representasi diagram struktur protein (Catatan : Empat subunit dari dua jenis dalam struktur kuartener).

Struktur Primer Protein

Setiap protein memiliki urutan asam amino yang unik yang ditentukan oleh gen yang terkandung dalam DNA. Struktur utama protein sebagian besar bertanggung jawab atas fungsinya. Sebagian besar penyakit genetik disebabkan oleh kelainan pada urutan asam amino protein yaitu perubahan yang terkait dengan struktur primer protein. Komposisi asam amino protein menentukan sifat fisik dan kimianya.

4. Ikatan Peptida

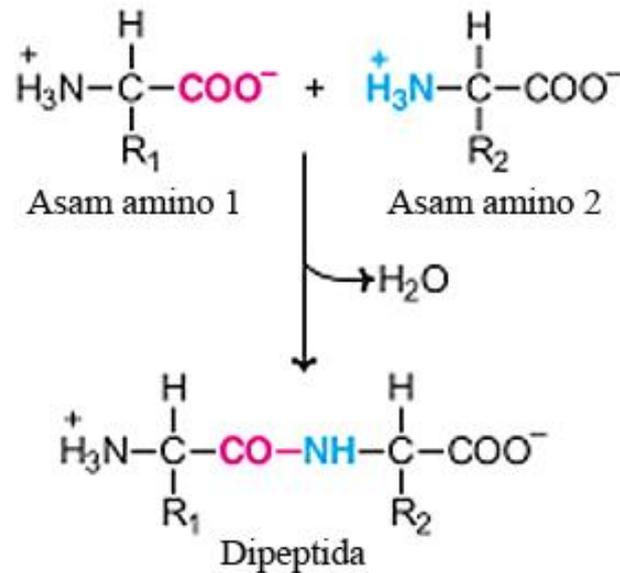
Asam amino disatukan dalam protein oleh ikatan atau ikatan peptida kovalen. Ikatan ini agak kuat dan berfungsi sebagai bahan pengikat antara asam amino individu (dianggap sebagai batu bata).

Pembentukan ikatan peptida : Ketika gugus amino dari asam amino bergabung dengan gugus karboksil dari asam amino lain, ikatan peptida terbentuk (Gambar. 5). Perhatikan bahwa dipeptida akan memiliki dua asam amino dan satu ikatan peptida (bukan dua). Peptida yang mengandung lebih dari 10 asam amino (dekaeptida) disebut sebagai polipeptida.

Ciri-ciri ikatan peptida : Ikatan peptida bersifat kaku dan planar dengan ciri khas ikatan rangkap parsial. Ini umumnya ada dalam konfigurasi trans. Baik gugus $-C=O$ dan $-NH$ dari ikatan peptida bersifat polar dan terlibat dalam pembentukan ikatan hidrogen.

Penulisan struktur peptida : Secara konvensional, rantai peptida ditulis dengan ujung amino bebas (residu terminal-N) di sebelah kiri, dan ujung karboksil bebas (residu terminal-C)

di sebelah kanan. Urutan asam amino dibaca dari ujung terminal-N ke ujung terminal-C. Kebetulan, biosintesis protein juga dimulai dari asam amino terminal-N.



Gambar 5. Pembentukan ikatan peptida.

Metode untuk isolasi dan pemurnian protein

Beberapa metode digunakan untuk mengisolasi dan memurnikan protein. Awalnya, protein difraksinasi dengan menggunakan konsentrasi amonium sulfat atau natrium sulfat yang berbeda. Fraksinasi protein juga dapat dilakukan dengan ultrasentrifugasi. Pemisahan protein dicapai dengan memanfaatkan elektroforesis, pemfokusan isoelektrik, imuno elektroforesis, kromatografi pertukaran ion, filtrasi gel, kromatografi cair kinerja tinggi (HPLC), dll.

Sifat Protein

1. Kelarutan : Protein membentuk larutan koloid bukan larutan sejati dalam air. Ini karena ukuran molekul protein yang sangat besar.

2. Berat molekul : Protein bervariasi dalam berat molekulnya, yang, pada gilirannya, tergantung pada jumlah residu asam amino. Setiap asam amino rata-rata menyumbang berat molekul sekitar 110. Sebagian besar protein/polipeptida dapat terdiri dari 40 hingga 4.000 asam amino dengan berat molekul berkisar antara 4.000 hingga 440.000. Beberapa protein dengan berat molekulnya tercantum di bawah ini:

insulin-5.700; Mioglobin-17.000; Hemoglobin- 64.450; Albumin serum-69.000.

3. Bentuk : Ada banyak variasi dalam bentuk protein. Ini mungkin globular (insulin), oval (albumin) berserat atau memanjang (fibrinogen).

4. pH isoelektrik : pH isoelektrik (pI) sebagai sifat asam amino telah dijelaskan. Sifat asam amino (terutama kelompok yang dapat terionisasi) menentukan pI protein. Asam amino asam (Asp, Glu) dan asam amino basa (His, Lys, Arg) sangat mempengaruhi pI. Pada pH isoelektrik, protein ada sebagai zwitterion atau ion dipolar. Mereka netral secara elektrik (tidak bermigrasi dalam medan listrik) dengan kelarutan minimum, presipitabilitas maksimum, dan kapasitas buffer paling sedikit.

Pepsin-1.1; Kasein-4.6; Albumin manusia-4,7; Urease-5.0; Hemoglobin-6.7; Lisozim-11.0.

5. Protein asam dan basa : Protein yang perbandingan (ϵ Lys + ϵ Arg)/(ϵ Glu + ϵ Asp) lebih besar dari 1 disebut protein dasar. Untuk protein asam, rasionya kurang dari 1.

6. Pengendapan protein : Protein ada dalam larutan koloid karena hidrasi gugus polar ($-\text{COO}^-$, $-\text{NH}_3^+$, $-\text{OH}$). Protein dapat diendapkan oleh dehidrasi atau netralisasi gugus polar.

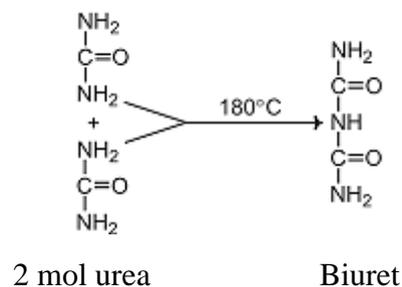
Pengendapan pada pI : Protein pada umumnya paling tidak larut pada pH isoelektrik. Protein tertentu (misalnya kasein) mudah diendapkan bila pH diatur ke pI (4,6 untuk kasein). Pembentukan dadih dari susu adalah contoh luar biasa dari pengendapan lambat protein susu, kasein pada pI. Hal ini terjadi karena asam laktat yang dihasilkan oleh fermentasi bakteri yang menurunkan pH ke pI kasein.

Pengendapan dengan penggaraman : Proses pengendapan protein dengan penambahan garam netral seperti amonium sulfat atau natrium sulfat dikenal sebagai penggaraman. Fenomena ini dijelaskan atas dasar dehidrasi molekul protein oleh garam. Hal ini menyebabkan peningkatan interaksi protein-protein, menghasilkan agregasi molekuler dan presipitasi.

Pengendapan oleh garam logam berat : Ion logam berat seperti Pb^{2+} , Hg^{2+} , Fe^{2+} , Zn^{2+} , Cd^{2+} menyebabkan pengendapan protein. Logam-logam ini bermuatan positif, ketika ditambahkan ke dalam larutan protein (bermuatan negatif) dalam media basa menghasilkan pembentukan endapan. Berdasarkan prinsip pengendapan, putih telur mentah (protein-albumin) terkadang digunakan untuk mengatasi toksisitas merkuri.

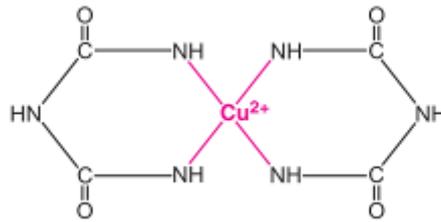
Pengendapan oleh reagen anionik atau alkaloid : Protein dapat diendapkan oleh asam trikloroasetat, asam sulfosalisilat, asam fosfotungstat, asam pikrat, asam tanat, asam fosfomolibdat, dll. Dengan penambahan asam ini, protein yang ada sebagai kation diendapkan oleh bentuk anionik dari asam untuk menghasilkan protein-sulfosalisilat, protein-tungstat, protein-pikrat dll. Industri penyamakan kulit didasarkan pada prinsip pengendapan protein oleh asam tanat. Pengendapan oleh pelarut organik : Pelarut organik seperti alkohol adalah agen pengendap protein yang baik. Mereka mengeringkan molekul protein dengan menghilangkan selubung air dan menyebabkan presipitasi. Penggunaan spiritus (sekitar 20% alkohol) sebagai desinfektan didasarkan pada pengendapan protein dan kematian bakteri.

7. Reaksi warna protein : Protein memberikan beberapa reaksi warna yang sering berguna untuk mengidentifikasi sifat asam amino yang ada di dalamnya. Reaksi biuret : Biuret adalah senyawa yang dibentuk dengan memanaskan urea hingga 180°C .



Ketika biuret diperlakukan dengan tembaga sulfat encer dalam media basa, warna ungu diperoleh. Ini adalah dasar dari uji biuret yang banyak digunakan untuk identifikasi protein dan peptida. Uji biuret dijawab oleh senyawa yang mengandung dua atau lebih gugus CO-NH yaitu ikatan peptida. Semua protein dan peptide memiliki setidaknya dua ikatan peptida yaitu, tripeptida (dengan 3 asam amino) memberikan uji biuret positif. Histidin adalah satu-satunya asam amino yang menjawab uji biuret. Prinsip uji biuret mudah digunakan untuk mendeteksi

keberadaan protein dalam cairan biologis. Mekanisme uji biuret belum diketahui secara jelas. Diyakini bahwa warna tersebut disebabkan oleh pembentukan kompleks terkoordinasi tembaga, seperti yang ditunjukkan di bawah ini.



Adanya ion magnesium dan amonium mengganggu uji biuret. Hal ini dapat diatasi dengan menggunakan alkali berlebih (Satyanarayana and Chakrapani, 2013).