

## Struktur Dan Fungsi Protein Kolagen

Oleh: Abubakar Sidik Katili

### Abstract

Protein is a macromolecule having base goods 20 kinds of amino acid. Protein has main role in biological system in every organism, some between it is as catalyst, as conveyor and depositor of other molecule like oxygen, supports mechanically impenetrability system (immunity) body, yields movement of body, as transmitter movement of nerve and controls growth and development. Existence of the biological function becomes base in classification for protein. This article explained about one of type from protein namely collagen. Solution about collagen in this article include; covers special and common of collagen and collagen structure. Conclusion from this article inter alia: collagen is material having strength of spread and structure which is in the form of fibre, collagen is main fibre component in bone, tooth, cartilage, skin layer in derm, tendon cartilage and eyepiece, collagen fibril consisted of polypeptide unit sub called tropokolagen which consist of three polypeptide chains which called helix, existence of collagen that is unsatisfying perfect in the forming can cause disease like scurvy, that marked by venous damage and skin structure.

**Kata Kunci:** *Protein, Kolagen, Sistem Biologi*

### Pendahuluan

Protein adalah makromolekul yang tersusun dari bahan dasar asam amino. Asam amino yang menyusun protein ada 20 macam. Protein terdapat dalam sistem hidup semua organisme baik yang berada pada tingkat rendah maupun organisme tingkat tinggi. Protein mempunyai fungsi utama yang

kompleks di dalam semua proses biologi.

Protein berfungsi sebagai katalisator, sebagai pengangkut dan penyimpan molekul lain seperti oksigen, mendukung secara mekanis sistem kekebalan (imunitas) tubuh, menghasilkan pergerakan tubuh, sebagai transmittor gerakan syaraf dan mengendalikan pertum-

buhan dan perkembangan. Analisa elementer protein menghasilkan unsur-unsur C, H, N dan O dan sering juga S. Disamping itu beberapa protein juga mengandung unsur-unsur lain, terutama P, Fe, Zi dan Cu (Soerodikoesoemo & Hari: 1989).

Peran dan aktivitas protein dalam proses biologis antara lain sebagai katalis enzimatik, bahwa hampir semua reaksi kimia dalam sistem biologi dikatalis oleh makromolekul yang disebut enzim yang merupakan satu jenis protein. Sebagian reaksi seperti hidrasi karbondioksida bersifat sederhana, sedangkan reaksi lainnya seperti replikasi kromosom sangat rumit (Staryer: 1995). Enzim mempunyai daya katalitik yang besar, umumnya meningkatkan kecepatan reaksi sampai jutaan kali.

Peran lainnya dari protein dalam sistem biologi adalah sebagai transport dan penyimpanan. Contohnya transport oksigen dalam eritrosit oleh hemoglobin dan mioglobin yakni sejenis protein yang mentransport oksigen dalam otot. Selain itu terdapat beberapa jenis protein lainnya seperti filamen yang berfungsi dalam koordinasi gerak; protein fibrosa yang berfungsi untuk menjaga ketegangan kulit dan tulang; protein

kolagen yang merupakan komponen serat utama dalam kulit, tulang, tendon, tulang rawan dan gigi; antibodi merupakan protein yang sangat spesifik dan dapat mengenal serta berkombinasi dengan benda asing seperti virus, bakteri dan sel yang berasal dari organisme lain, membangkitkan dan menghantar impuls saraf. Respons sel saraf terhadap rangsang spesifik diperantarai oleh protein reseptor, misalnya rodopsin suatu protein yang sensitif terhadap cahaya yang ditemukan pada sel batang retina. Protein reseptor yang dapat dipicu oleh molekul kecil spesifik seperti asetilkolin yang berperan dalam transmisi impuls saraf pada sinap yang menghubungkan sel-sel saraf dan pengaturan pertumbuhan dan diferensiasi.

Aktivitas sel-sel yang berbeda pada organisme multisel dikordinasi oleh hormon. Banyak hormon seperti insulin dan TSH (Thyroid-stimulating hormone) merupakan salah satu jenis protein. Protein dalam sel berperan dalam pengaturan arus energi dan unsur-unsur.

Pembagian tingkat organisasi struktur protein ada empat kelas yakni struktur primer, struktur sekunder, struktur tertier dan struktur kuarternar. Sedangkan

klasifikasi protein dibagi berdasarkan fungsi biologisnya, berdasarkan sifat kelarutannya dan berdasarkan gugus prostetiknya.

Seperti yang telah diuraikan sebelumnya bahwa terdapat banyak jenis protein sesuai dengan klasifikasi dan fungsinya, akan tetapi khusus dalam tulisan ini pembahasan mengenai protein hanya terbatas pada satu jenis protein saja yakni kolagen dan akan lebih jauh diuraikan pada bagian pembahasan.

#### **Pembahasan**

Kolagen merupakan material yang mempunyai kekuatan rentang dan struktur yang berbentuk serat. Protein jenis ini banyak terdapat dalam vertebrata tingkat tinggi. Hampir sepertiga protein dalam tubuh vertebrata berada sebagai kolagen. Semakin besar hewan, semakin besar pula bagian total protein yang merupakan kolagen. Kolagen juga merupakan komponen serat utama dalam tulang, gigi, tulang rawan, lapisan kulit dalam (dermis), tendon (urat daging) dan tulang rawan. Bahan di bagian dalam lensa mata dapat dikatakan tersusun dari kolagen murni. Kolagen ada dalam semua organ yang menampilkan kekuatan dan kekakuan (Lehninger: 1993).

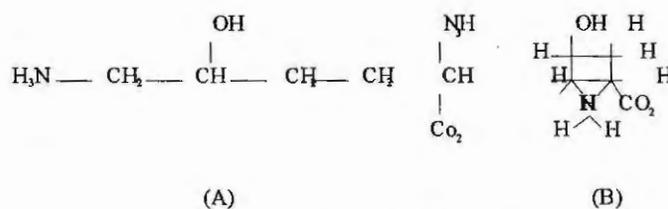
Deengan demikian kolagen termasuk sebagai jaringan pengikat. Jaringan pengikat berkolagen terdiri dari serat, struktur ini selanjutnya tersusun atas fibril kolagen, yang nampak seperti garis melintang. Fibril ini terorganisasi dengan cara yang berbeda-beda, tergantung pada fungsi biologi jaringan pengikat itu. Pada urat, fibril kolagen disusun dalam untaian paralel yang saling berhubungan silang dan berfungsi untuk menghasilkan struktur dengan kekuatan lenting yang amat tinggi tanpa kemampuan meregang. Fibril kolagen dapat menyangga sedikitnya 10.000 kali beratnya sendiri, dan dapat dikatakan mempunyai kekuatan lenting lebih besar dari penampang silang kawat tembaga dengan berat yang sama. Pada kulit, fibril kolagen membentuk suatu jaringan tidak teratur, terjalin dan amat liat. Kulit hampir seluruhnya merupakan kolagen murni.

Kornea mata mempunyai lapisan fibril kolagen yang terletak pada susunan silang. Susunan fibril kolagen pada berbagai jaringan pengikat, jika diamati di bawah mikroskop elektron selalu memperlihatkan gari-garis melintang yang khas, yang berulang pada selang 60 sampai 70 nm, tergantung pada sumber kolagen. Selang tersebut agak beragam, karena

kolagen merupakan golongan protein yang amat serupa, dengan beberapa variasi pada strukturnya, tergantung pada fungsi anatomis dan spesies sumber. Kolagen yang paling umum dikenal mempunyai unit berulang pada 64 nm (Page: 1993).

Kolagen merupakan material yang menarik perhatian dalam hal bahwa bahwa kolagen mempunyai kekuatan rentang, struktur istimewa, dan mengandung hidroksilisin dan

hidroksiprolin yakni asam-asam amino yang terdapat dalam beberapa protein lain. Satu zat yang diturunkan dari kolagen umum adalah gelatin. Jika kolagen dididihkan, strukturnya menjadi rusak secara permanen dan menghasilkan gelatin. Karena adanya sejumlah besar rantai samping yang hidrofil (suku air) dalam gelatin, maka dalam larutan air membentuk gel.



Sumber: Wilbraham :1995

Gambar 1.  
Struktur Hidroksilisin (A) dan Hidroksiprolin (B)

**A. Sifat-sifat**

**B. Umum dan Khusus Kolagen**

Jika di didihkan di dalam air, kolagen akan mengalami trans-

formasi, dari bentuk untaian, tidak larut dan tidak tercerna menjadi gelatin, yaitu campuran polipeptida yang larut yang merupakan dasar

pembentuk gelatin. Perubahan ini melibatkan hidrolisis beberapa ikatan kovalen pada kolagen, karena kolagen pada jaringan pengikat dan pembuluh yang menjadikan daging berbentuk liat.

Kolagen mengandung kira-kira 35 persen glisin dan kira-kira 11 persen alanin; persentasinya asam amino ini agak luar biasa tinggi. Yang lebih menonjol adalah kandungan prolin dan 4-hidroksiprolin yang tinggi, yaitu asam amino yang jarang ditemukan pada protein selain pada kolagen dan elastin. Bersama-sama,

prolin dan hidroksiprolin mencapai kira-kira 21 persen dari residu asam amino pada kolagen (Lehninger: 1993).

Komposisi asam amino kolagen tersebut mengandung empat jenis asam amino, tetapi rendah dalam hampir semua jenis asam amino lainnya yang merupakan dasar bagi kualitas gizi, gelatin relatif rendah sebagai sumber protein pangan. Protein pangan yang paling baik adalah mengandung 20 jenis asam amino, terutama golongan 10, yang disebut asam amino esensial.

-Gly-Pro-Met- Gly-Pro-Ser- Gly- Pro-Arg-  
-Gly-Leu-Hyp-Gly-Pro-Hyp-Gly-Ala-Hyp-  
-Gly-Pro-Gln- Gly-Phe-Gln- Gly-Pro-Hyp-  
-Gly-Glu-Hyp-Gly-Glu-Hyp-Gly-Ala-Ser-  
-Gly-Pro-Met- Gly-Pro-Arg- Gly-Pro-Hyp-  
-Gly-Pro-Hyp-Gly-Lys-Asn- Gly-Asp-Asp-

Sumber: Strayer: 1995

Gambar 2.

Urutan asam amino sebagai rantai kolagen. Dalam satu penggal dengan lebih dari seribu residu, Tiap residu ketiga adalah glisin. Kandungan residu Prolin dan hidroksi prolin juga tinggi

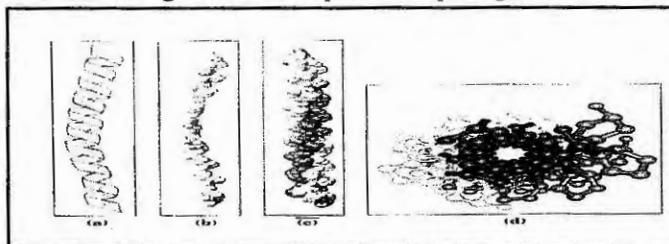
### C. Struktur Kolagen

Struktur kolagen tersusun atas tiga tingkat yakni:

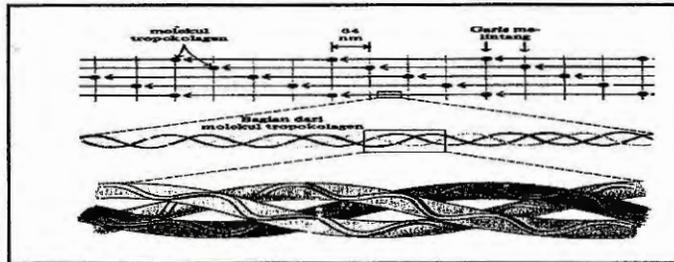
1. Kerangka kovalen terdiri dari rantai-rantai protein individual dengan bobot molekular sebesar kira-kira 100.000 masing-masing. Residu asam amino yang paling berlimpah adalah glisin, atas tanggung jawab 33% dari residu asam amino total yang ada. Prolin juga berlimpah (12%) dan juga ada asam-asam amino yang tidak umum, hidroksiprolin dan hidroksilisin.
2. Tiga rantai bergabung untuk membentuk tripel heliks dalam struktur sekunder. Tripel heliks ini merupakan satuan struktural dasar dari kolagen dan disebut tropokolagen. Tropokolagen merupakan batang berdiameter
3. Satuan tropokolagen yang terangkakan secara kovalen, yang kemudian membentuk suatu ikatan atau berkas yang disebut mikrofibril. Kolagen fibril dapat terbentuk dalam ikatan paralel, dalam hal pembentukan urat, atau dalam lembaran-lembaran seperti ikatan pembentukan kertas dan dalam hal pembentukan kulit (Page : 1989).

15 Å dan panjang 3000 Å. Dalam heliks tropokolagen ketiga benang terikat hidrogen satu dengan yang lain dengan perantaraan gugus peptida -NH dari residu glisin dan gugus peptida -C=O pada rantai lain. Ini merupakan struktur heliks yang berbeda nyata dari  $\alpha$ -heliks.

Struktur kolagen tersebut dapat dilihat pada gambar 3 berikut:



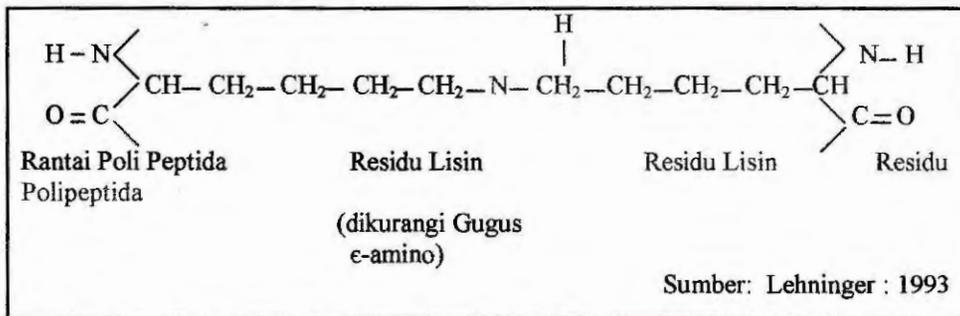
Gambar 3. Struktur Kolagen, Sumber: <http://www.weight-care.com>



Gambar 4. Susunan Molekul Tropokolagen Pada Fibril Kolagen Sumber: Lehninger: 1993

Gambar 4 di atas menunjukkan susunan molekul tropokolagen pada fibril kolagen. Tiap tropokolagen memanjang sampai empat garis melintang dengan selang 64 nm. Kepala molekul tropokolagen terusun sedemikian rupa sehingga tersusun dengan selang 64 nm. Di bawah diagram skema fibril terlihat gambaran bagian molekul tropokolagen, yang memperlihatkan kerangka tropokolagen heliks ganda tiga. Perbesaran lebih lanjut pada gambar di bawah yang memperlihatkan bahwa tiap-tiap rantai dari ketiga peptida tropokolagen merupakan satuan heliks, sudut dan ruang antaranya ditentukan oleh gugus R yang kaku dari sejumlah residu prolin dan hidroksiprolin.

Rantai heliks ganda tiga tersebut dijembatani terhadap sesamanya oleh ikatan hidrogen dan oleh sejenis ikatan kovalen silang (jembatan) yang tidak umum dan hanya dapat dijumpai pada kolagen. Jembatan ini dibentuk di antara residu lisin pada kedua rantai, hal tersebut dapat dilihat pada gambar 5. Tropokolagen heliks ganda tiga yang berdekatan juga saling berikatan silang. Karena lekatnya lilitan heliks ganda tiga tropokolagen dan ikatan silangnya, protein ini tidak dapat meregang.



Gambar 5.

Sejenis ikatan silang di antara rantai kolagen paralel. Jembatan ini dibentuk oleh dua residu lisin, satu dari tiap rantai, oleh aktivitas enzim

Residu hidroksilisin dari tropokolagen memiliki peranan penting dalam pembentukan serat kolagen. Hal ini disebabkan oleh adanya ikatan hydrogen yang saling silang dalam kolagen (Campbell & Shawn: 2003).

Peranan yang penting tersebut dapat dilihat yaitu dengan adanya vitamin C (asam askorbat) diperlukan dalam pembentukan hidroksilisin. Vitamin C sangat penting dalam mengaktifkan enzim

prolyl hidroksilase yang berfungsi untuk merubah residu prolin dalam kolagen menjadi hidroxyprolin. Adanya kekurangan vitamin C dapat memicu terpecah-pecahnya kolagen atau dengan kata lain kolagen yang kurang sempurna dalam pembentukannya dan hal ini menyebabkan timbulnya gejala penyakit sariawan (scurvy) yang ditandai oleh kerusakan pembuluh darah serta struktur kulit.

## Penutup

### Kesimpulan

1. Protein mempunyai peranan kunci dalam semua proses biologis dalam semua tingkat organisme baik organisme tingkat rendah sampai dengan organisme tingkat tinggi. Peranan biologis tersebut mempunyai cakupan yang sangat luas, antara lain seperti transport dan penyimpanan, pengaturan dan koordinasi gerak, penunjang mekanik, proteksi terhadap imun, rangsangan, integrasi metabolisme, kontrol pertumbuhan dan diferensiasi.
2. Protein merupakan makromolekul yang memiliki bahan dasar asam amino. Asam amino penyusun protein ada 20 macam. Asam amino penyusun protein memiliki rantai samping yang berbeda-beda dan mencirikan sifat kimia dari masing-masing asam amino tersebut.
3. Protein memiliki jenis-jenis yang bermacam-macam. Adanya perbedaan jenis ini disebabkan oleh adanya perbedaan jenis asam amino yang menyusun suatu protein serta jenis gugus R-nya.
4. Salah satu jenis protein yang sangat penting bagi organisme adalah kolagen (Collagen in English).
5. Kolagen merupakan material yang mempunyai kekuatan rentang dan struktur yang berbentuk serat. Hampir sepertiga protein dalam tubuh vertebrata berada sebagai kolagen. Kolagen juga merupakan komponen serat utama dalam tulang, gigi, tulang rawan, lapisan kulit dalam (dermis), tendon (urat daging) tulang rawan dan lensa mata.
6. Kolagen mengandung hidroksilisina dan hidroksiprolin yaitu asam-asam amino yang terdapat dalam beberapa protein lain.
7. Kolagen mengandung kira-kira 35 persen glisin dan kira-kira 11 persen alanin; persentase asam amino ini agak tinggi dan yang lebih menonjol adalah kandungan prolin dan 4-hidroksiprolin yang tinggi, yaitu asam amino yang jarang ditemukan pada protein selain pada kolagen dan elastin
8. Kolagen termasuk sebagai jaringan pengikat, yang tersusun atas fibril kolagen.

9. Fibril kolagen terdiri atas sub unit polipeptida yang disebut tropokolagen yang terdiri atas tiga rantai polipeptida yang saling silang (berpilin atau heliks ganda tiga) dan membentuk seperti tali.
10. Dalam heliks tropokolagen ketiga benang terikat hidrogen satu dengan yang lain dengan perantaraan gugus peptida  $-NH$  dari residu glisin dan gugus peptida  $-C=O$  pada rantai lain. Ini merupakan struktur heliks yang berbeda nyata dari  $\alpha$ -heliks dan tidak dijumpai pada protein lainnya.
11. Tropokolagen juga berisi rantai samping karbohidrat yang mengikat pada pada gugus hidroksilnya hidroksilisin.
12. Residu hidroksilisin dari tropokolagen mempunyai peranan penting dalam pembentukan serat kolagen. Peranan serat kolagen ini dapat dilihat dengan adanya asam askorbat (vitamin C) dalam pembentukan hidroksilisin dimana asam askorbat mengaktifkan enzim prolyl hidroksilase dan enzim ini akan merubah residu prolin menjadi hidroxyprolin.
13. Adanya kolagen yang kurang sempurna dalam pembentukannya dapat menyebabkan timbulnya penyakit sariawan (scurvy) yang ditandai oleh kerusakan pembuluh darah dan struktur kulit.

**Daftar Pustaka**

- Campbell, Marry. K. & Shawn O. Farrell. 2003. *Biochemistry Fourth Edition*, Thomson Learning. Albert Complex, Singapore.
- Lehninger, Albert.L. 1993. *Dasar-Dasar Biokimia* (Terjemahan). Erlangga, Jakarta.
- Page, David S. 1989. *Prinsip-prinsip Biokimia* (Terjemahan). Erlangga, Jakarta.
- Soerodikoesoemo, Wibisono. & Hari Hartiko. 1989. *Biologi Molekuler*. Proyek Pengembangan Pusat Fasilitas Bersama Antar Universitas (Bank Dunia XVII)-PAU Bioteknologi Universitas Gadjah Mada.
- Stryer Lubert. 1995. *Biochemistry*. W.H. Freeman and Company, New York and Basingstoke.
- Wilbraham, Antony.C and Michael S. Matta. 1984. *Introduction to Organic and Biological Chemistry*. The Benjamin/Cumming Publishing Company Inc., Menlo Park, California.
- [www.weight-care.com](http://www.weight-care.com). *Collagen*. Natural Remedies Haven Ltd. Di akses tgl.26/02/2007.