

Penulis :

Dr. Hasria Alang, S.Si., M.Kes  
Deasy Widiana, A.P.TTD, S.Pd, M.KM  
Andi Fatmawati Muharram, S. Si., M.Kes  
Dr. Ria Yulia Gloria, M.Pd.  
Sartika Gunawan Putri, S.Si., M.Sc.  
Dr. Muh. Sri Yusal, S.Si., M.Si.  
Sahribulan, S.Si., M.Si.  
Agus Purnomo, S.Pd  
Rafika, S.Si.M.Kes

# BIOLOGI

## Sel & Molekuler

Editor:

Seriyanti, S.AN., M.Si  
Idham, M.Pd.



**BIOLOGI SEL**  
*d a n*  
**MOLEKULER**

Dr. Hasria Alang, S.Si., M.Kes   ◇   Dr. Muh. Sri Yusal, S.Si., M.Si.  
Deesy Widiana, A.P.TTD, S.Pd, M.KM   ◇   Sahribulan, S.Si., M.Si.  
Andi Fatmawati Muharram, S. Si., M.Kes   ◇   Agus Purnomo, S.Pd  
Dr. Ria Yulia Gloria, M.Pd.   ◇   Rafika, S.Si.M.Kes  
Sartika Gunawan Putri, S.Si., M.Sc.   ◇

# BIOLOGI SEL *dan* MOLEKULER



# **BIOLOGI SEL DAN MOLEKULER**

© Hamjah Diha Foundation 2022

Penulis : Dr. Hasria Alang, S.Si., M.Kes  
Deesy Widiana, A.P.TTD, S.Pd, M.KM  
Andi Fatmawati Muharram, S. Si., M.Kes  
Dr. Ria Yulia Gloria, M.Pd.  
Sartika Gunawan Putri, S.Si., M.Sc.  
Dr. Muh. Sri Yusal, S.Si., M.Si.  
Sahribulan, S.Si., M.Si.  
Agus Purnomo, S.Pd  
Rafika, S.Si.M.Kes  
Editor : Seriyanti, S.AN., M.Si  
Idham, M.Pd.  
Layout : Tim Creative  
Desain Cover : Tim Creative

*All rights reserved*

Hak Cipta dilindungi Undang Undang  
Dilarang memperbanyak dan menyebarkan sebagian atau keseluruhan isi buku dengan media cetak, digital atau elektronik untuk tujuan komersil tanpa izin tertulis dari penulis dan penerbit.

ISBN : 978-623-5442-48-8  
Cetakan 1 : Agustus 2022

Penerbit:  
HAMJAH DIHA FOUNDATION

Kantor Lombok: Jl. TGH. Badaruddin, Blok G-1. BTN.  
Apernas Kubah Hijau, Bagu-Pringgarata, Lombok Tengah.  
Kantor Bima : Jl. Lintas Tente-Parado, Tangga-Monta,  
Kab. Bima-Nusa Tenggara Barat

## KATA PENGANTAR

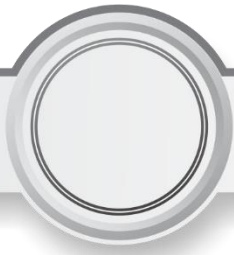
Puji dan syukur kami panjatkan kehadirat Allah SWT atas berkah dan hidayah yang telah diberikan sehingga kami dapat menyelesaikan dengan tepat waktu buku referensi yang berjudul “Biologi Sel dan Molekuler”. Tujuan dari penulisan buku ini adalah untuk membantu para mahasiswa, akademisi, dan kalangan umum dalam memahami ilmu biologi sel dan molekuler.

Buku ini memberikan informasi mengenai konsep dasar biologi sel dan molekuler, gen, DNA, dogma sentral biologi molekuler, sel, protein, dan teknik dasar biologi molekuler yang disusun oleh penulis yang kompeten di bidangnya.

Kami mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu memberikan wawasan, inspirasi, dan bimbingan kepada kami sebelum maupun saat menulis buku ini hingga dapat diterbitkan.

Kami berharap buku referensi Biologi Sel dan Molekuler ini dapat bermanfaat bagi seluruh pembaca. Dukungan dan saran dari para pembaca sangat kami harapkan agar kami dapat lebih baik lagi dalam menulis sebuah buku.





## DAFTAR ISI

---

|                                                                     |     |
|---------------------------------------------------------------------|-----|
| KATA PENGANTAR.....                                                 | v   |
| DAFTAR ISI.....                                                     | vii |
| <br>BAB 1 PENDAHULUAN .....                                         | 1   |
| A. Konsep Biologi Sel dan Molekuler .....                           | 1   |
| B. Struktur Umum Sel .....                                          | 3   |
| C. Teknik Mempelajari Sel .....                                     | 11  |
| <br>BAB 2 MEMBERAN CEL .....                                        | 15  |
| A. Peranan membran sel.....                                         | 16  |
| B. Perkembangan Teori Mengenai Struktur<br>Membran Plasma.....      | 18  |
| C. Model Mosaik / ‘Fluid Mosaik (Singer &<br>Nicholson, 1972) ..... | 19  |
| D. Komposisi Kimia Memberan.....                                    | 20  |
| E. Struktur Lapisan Membran Sel.....                                | 21  |
| <br>BAB 3 SIKLUS SEL.....                                           | 27  |
| A. Pendahuluan .....                                                | 27  |
| B. Siklus Sel.....                                                  | 29  |

|                                                                                 |     |
|---------------------------------------------------------------------------------|-----|
| BAB 4 NUKLEUS DAN NUKLEAT .....                                                 | 51  |
| A. Nukleus.....                                                                 | 51  |
| B. Asam Nukleat .....                                                           | 53  |
| <br>BAB 5 DOGMA SENTRAL BIOLOGI MOLEKULER.....                                  | 59  |
| BAB 6 PROTEIN.....                                                              | 69  |
| A. Pendahuluan.....                                                             | 69  |
| B. Protein Sebagai Polimer Asam Amino.....                                      | 72  |
| C. Sumber dan Struktur Protein.....                                             | 75  |
| D. Fungsi dan Jenis-jenis Protein .....                                         | 81  |
| E. Penggolongan Protein.....                                                    | 86  |
| F. Sintesis Protein .....                                                       | 90  |
| G. Denaturasi Protein .....                                                     | 95  |
| H. Pengaruh Senyawa Protein Terhadap Derajat<br>Kesehatan.....                  | 101 |
| <br>BAB 7 TEKNIK DASAR ANALISIS BIOLOGI MOLEKULER ..                            | 111 |
| A. Teknik Dasar Analisis Biologi Molekuler Asam<br>Nukleat (DNA atau RNA) ..... | 112 |
| <br>BAB 8 PENYUSUN JASAD HIDUP.....                                             | 125 |
| A. Struktur Dasar Atom.....                                                     | 126 |
| B. Molekul .....                                                                | 131 |
| C. UNSUR .....                                                                  | 133 |
| D. SENYAWA.....                                                                 | 134 |
| E. Ion .....                                                                    | 136 |
| F. Larutan .....                                                                | 140 |
| G. Koloid.....                                                                  | 141 |
| H. Suspensi.....                                                                | 146 |
| I. Emulsi.....                                                                  | 147 |



|                                |     |
|--------------------------------|-----|
| BAB 9 GEN, DNA DAN GENOM ..... | 151 |
| A. Gen .....                   | 151 |
| B. DNA.....                    | 154 |
| C. Genom.....                  | 161 |
| DAFTAR PUSTAKA .....           | 163 |
| TENTANG PENULIS.....           | 169 |



Dr. Muh. Sri Yusal, S.Si., M.Si.

---

### A. Pendahuluan

**E**ra pandemi Covid-19 yang melanda dunia saat ini telah memasuki tahun ketiga, hal ini telah menimbulkan krisis multidimensi dan memicu kekhawatiran akan penyebaran dan keselamatan jiwa manusia itu sendiri. Oleh karena itu, tidak mengherankan apabila ulasan tentang protein, fungsinya dan hubungannya dengan antibodi adalah hal yang sangat dibutuhkan. Mengingat fungsi dari protein yang sangat kompleks, salah satunya adalah sebagai pertahanan tubuh terhadap serangan infeksi penyakit dari bakteri maupun dari virus.

Protein adalah unsur makromolekul yang terbentuk melalui ikatan peptida dan tersusun dari oksigen, karbon, atom nitrogen, serta jenis-jenis asam amino yang mengandung sulfur (sistin, metionin, dan sistein). Secara etimologi protein berasal dari bahasa Yunani “proteious” yang diartikan sebagai hal yang utama atau pertama. Protein memiliki peran penting dalam proses fisiologis maupun pembentukan struktur sel makhluk hidup. Protein

ditemukan sebagai unsur penyusun lebih dari seperdua bagian dari sel, dalam hal ini protein berfungsi dalam penentuan ukuran dan struktur sel, proses komunikasi antara bagian-bagian sel ataupun sebagai katalis pada reaksi biokimia yang terjadi di dalam sel.

Protein merupakan komponen utama pada setiap sel makhluk hidup (manusia, hewan, tumbuhan, dan mikroorganisme). Protein juga sebagai biomolekul raksasa selain dari senyawa lipid, polisakarida, dan polinukleotida yang merupakan penyusun utama semua organisme. Protein diumpamakan seperti sebuah mesin yang mampu menjaga dan menjalankan fungsi tubuh bagi semua makhluk hidup. Tubuh manusia diperkirakan tersusun dari 100 triliun sel, dimana setiap sel mempunyai fungsi yang spesifik. Masing-masing sel mempunyai ribuan protein berbeda yang secara bersama-sama merangsang sel melakukan tugas dan fungsinya.

Sel makhluk hidup mampu menghasilkan protein dengan struktur dan fungsi yang berbeda dari hasil kombinasi jenis-jenis asam amino. Terdapat sekitar 300 jenis asam amino di alam sekitar kita, tetapi hanya  $\pm 20$  asam amino yang membentuk protein. Manusia, hewan, tumbuhan, dan organisme tingkat tinggi lainnya hanya mampu mensintesis 10 jenis dari 20 asam amino yang tersedia, sehingga organisme tingkat tinggi tersebut masih membutuhkan nutrisi tambahan dari makanannya yang mengandung asam amino.

Jumlah senyawa protein yang terkandung di dalam tubuh manusia adalah separuh dari berat kering atau

sekitar 20% dari berat total seorang manusia. Dalam hal ini, seperduanya terkandung di otot, seperlimanya ditemukan di tulang maupun kartilago, sepersepuluhnya terdapat di kulit dan sisanya terdapat di beberapa jaringan lain ataupun di dalam cairan tubuh organisme. Pada dasarnya semua enzim dan jenis-jenis hormon yang terdapat dalam tubuh adalah protein atau jenis turunannya. Begitu Pula dengan nukleoprotein yang berperan dalam proses transmisi informasi genetik pada siklus reproduksi sel adalah hasil kombinasi antara asam nukleat dengan protein. Pada saat tubuh dalam keadaan normal, hanya cairan empedu dan urine tidak mengandung protein.

Asam amino merupakan struktur fungsional protein yang terdiri dari gugus karboksil, gugus amino, atom H dan gugus R tertentu yang secara keseluruhan terikat pada atom karbon  $\alpha$ . Atom karbon  $\alpha$  letaknya bersebelahan dengan gugus karboksil (asam), gugus R merupakan rantai samping. Setiap protein memiliki gugus amino ( $-\text{NH}_2$ ) dan gugus karboksilat ( $-\text{COOH}$ ) pada bagian ujung rantainya. Hal tersebut mengakibatkan protein memiliki beberapa muatan (polielektrolit) yang bersifat amfoter, yaitu jenis senyawa yang mampu bereaksi terhadap asam dan basa. Gugus asam amino yang terdapat di dalam protein akan bereaksi terhadap ion  $\text{H}^+$ , apabila berada dalam kondisi pH rendah atau keadaan asam sehingga protein bermuatan positif. Senyawa protein akan bergerak menuju katoda, apabila dielektroforesis dalam keadaan kondisi asam, begitupun sebaliknya, gugus karboksilat akan bereaksi dengan ion  $\text{OH}^-$  dalam keadaan pH tinggi atau kondisi basa

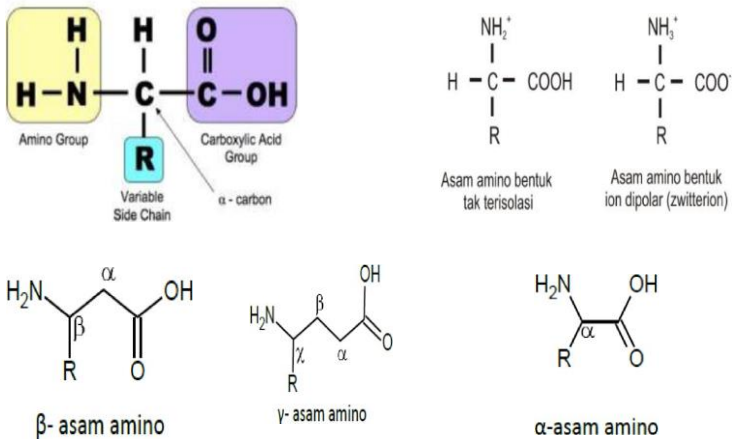
sehingga menyebabkan protein bermuatan negatif dan bergerak menuju anoda.

Bab 6 ini berisi penjelasan tentang protein, penggolongan protein, struktur dan kegunaannya yang telah dilengkapi dengan gambar ataupun diagram secara sederhana. Kelebihan dari bab ini adalah berisi pembahasan atau uraian yang jelas tentang protein dan hubungannya dengan sel. Pada bagian akhir bab ini, telah dilengkapi rangkuman yang diharapkan dapat membantu pembaca memahami gagasan utama maupun tujuan penulisan buku ini.

## B. Protein Sebagai Polimer Asam Amino

Asam amino terdiri dari dua gugus fungsi yaitu  $\text{-NH}_2$  dan  $\text{-COOH}$  dan umumnya kedua gugus tersebut berada dalam keadaan  $\text{-NH}_4^+$  dan  $\text{-COO}^-$ . Terdapat 20 jenis asam amino (kecuali prolin) yang berfungsi sebagai pembentuk protein dan mempunyai gugus karboksil bebas dan gugus amino bebas yang tidak tersubstitusi maupun terikat pada atom karbon  $\alpha$ , sehingga gugus tersebut disebut sebagai  $\alpha$ -asam amino. Berdasarkan strukturnya, asam amino dibedakan menjadi 20 jenis molekul sebagai pembentuk protein dan 19 diantaranya merupakan amina primer serta hanya 1 yang berupa amina sekunder (prolin). Kesembilanbelas asam amino tersebut mempunyai struktur C kiral dan hanya satu yang berupa akiral (glisin).

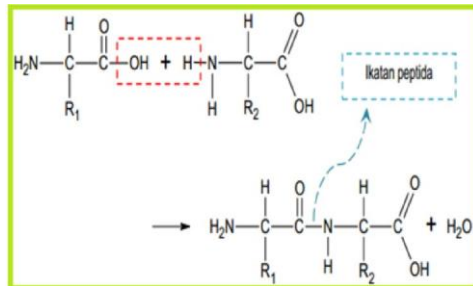
Gambar 1. Berbagai struktur asam amino



Sumber: [diploma.chemistry.uui.ac.id](http://diploma.chemistry.uui.ac.id)

Berdasarkan jumlah asam amino, maka rantai asam amino dibedakan menjadi 2, yaitu peptida dan protein. Peptida mengandung <50 asam amino dan terdiri dari: a) peptida yang tersusun dari 2 asam amino; b) tripeptida yang tersusun dari 3 asam amino; dan c) polipeptida yang tersusun dari >10 asam amino. Begitu Pula dengan protein yang mengandung >50 asam amino dan umumnya terdiri dari 100-10000 asam amino. Ikatan peptida terbentuk akibat adanya ikatan antara amida gugus amino dengan gugus hidroksil terhadap molekul lainnya melalui peristiwa kondensasi. Hal tersebut berbeda dengan hidrolisis yang terjadi akibat adanya pemecahan ikatan peptida.

Gambar 2. Ikatan peptida



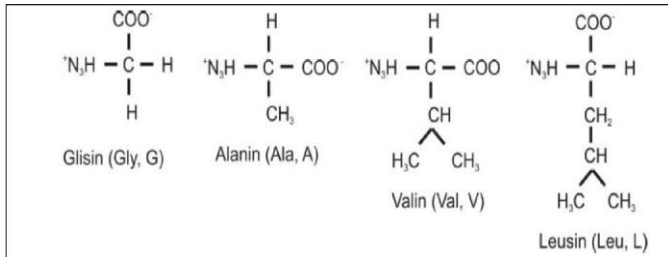
Sumber: docplayer.info

Struktur asam amino yang paling sederhana dapat ditemukan pada *glisin* dan hanya memiliki satu atom hidrogen pada rantai samping, sedangkan asam amino yang memiliki gugus metil pada rantai samping disebut sebagai *alanin*. Rantai samping hidrokarbon dengan ukuran yang relatif besar (tiga atau empat karbon) dapat ditemukan pada *valin*, *leusin* dan *isoleusin*. Asam amino bersifat amfoter atau amfiprotik karena kemampuannya dalam bereaksi pada kondisi asam maupun basa, sedangkan kemampuan asam amino yang dapat memutar pada bidang polarisasi cahaya dan mengikat 4 gugus yang berbeda (gugus -H, -COOH, -NH<sub>2</sub>, dan -R), disebut sebagai sifat asam amino yang optis aktif. Adapun ion dipolar atau ion zwitter, diartikan sebagai keberadaan dua jenis muatan (muatan positif atau negatif) pada molekul asam amino akibat terjadinya penerimaan ion H<sup>+</sup> maupun pelepasan ion H<sup>+</sup>.



Gambar 3. Berbagai macam struktur asam amino

Gambar 3. Berbagai macam struktur asam amino



Sumber: hanasafitrlab.blogspot.com

## C. Sumber dan Struktur Protein

### 1. Sumber Protein

Salah satu kategori makanan yang mengandung protein lengkap adalah jenis makanan yang mengandung semua asam amino esensial, seperti: ikan, unggas, daging, keju, telur, susu, beragam jenis quark, suku polong-polongan, tumbuhan berbiji, dan kentang. Adapun jenis makanan yang tidak mengandung protein lengkap, dapat ditemukan pada sayur-sayuran, beras, dan sebagian tumbuhan berbiji lainnya. Sumber protein bagi manusia dibedakan menjadi 2 jenis, yaitu sumber konvensional dan non-konvensional

#### 1) Sumber Konvensional

Pada umumnya sumber protein konvensional diperoleh dari hasil pertanian, peternakan, dan produk-produk hasil olahan pangan lainnya. Berdasarkan sifatnya, sumber konvensional tersebut dibagi lagi menjadi sumber protein nabati dan hewani.

- a. Protein Nabati, merupakan jenis protein yang bersumber dari hasil tanaman, terutama dari biji-bijian (serealia) atau kacang-kacangan.
- b. Protein Hewani, merupakan jenis protein yang bersumber dari produksi hewan yang berupa daging, telur, susu, dan hasil-hasil perikanan (ikan, daging sapi/kerbau, telur unggas, susu sapi, udang, kepiting, kerang-kerangan dan lain-lain).

## 2) Sumber non-konvensional

Sumber protein dari non-konvensional adalah jenis sumber protein baru yang dikembangkan untuk memenuhi kebutuhan penduduk dunia akan sumber protein, seperti pengembangan produk protein sel tunggal (*single cell protein*) yang berasal dari jenis-jenis bakteri, *yeast* atau khamir, dan *mold* atau kapang.

## 2. Struktur Protein

Struktur protein dibedakan menjadi 4 jenis, yaitu

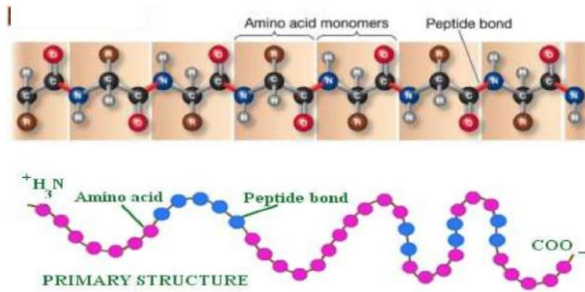
### 1) Struktur Utama (Primer)

Struktur primer merupakan rangkaian asam amino yang terdiri dari 1 rantai polipeptida dengan urutan tertentu. Struktur primer pada protein menentukan sifat dasar dari protein dan sekaligus menentukan bentuk dari struktur sekunder maupun tersier atau kuartener. Pada umumnya struktur primer tersusun dari asam-asam amino yang saling berhubungan secara kovalen melalui ikatan peptida. Struktur primer peptida adalah berupa rangkaian urutan atau sekuens residu-residu asam amino sebagai

unsur penyusun ikatan peptida. Sekuens residu asam amino ditentukan melalui pengkode protein yang selanjutnya melakukan proses transkripsi gen melalui NS(mRNA), sedangkan proses translasi protein terjadi melalui proses sintesis protein di dalam ribosom. Struktur primer protein juga disebut sebagai struktur kovalen akibat adanya ikatan kimia yang membentuk struktur utama tersebut, adapun ikatan kimia yang dimaksud adalah ikatan peptida.

Sejumlah asam amino akan saling berikatan dan membentuk rantai polipeptida yang tidak bercabang. Rantai ikatan polipeptida ini memiliki arah karena adanya unit penyusun dengan ujung yang berbeda-beda, unit tersebut dinamakan sebagai gugus amino  $-\alpha$  dan gugus karboksil  $-\alpha$ . Ikatan polipeptida terbagi menjadi bagian yang berulang secara beraturan yang dinamakan sebagai rantai utama dan bagian yang berisi variabel atau disebut rantai samping, rantai utama juga disebut sebagai tulang punggung. Pada umumnya ikatan polipeptida yang terdapat di alam tersusun dari 50 sampai 2000 residu asam amino. Rata-rata berat molekul residu asam amino tersebut: 110, sehingga hal ini menunjukkan bahwa berat molekul rantai polipeptida adalah berkisar antara 5.500-220.000. Berat protein dinyatakan dalam bentuk dalton; dimana satu dalton ekuivalen dengan satu unit massa atom. Oleh karena itu, protein dengan berat molekul 50.000 diasumsikan dengan berat atau massa sekitar 50 kd (kilodalton).

Gambar 4. Struktur utama protein



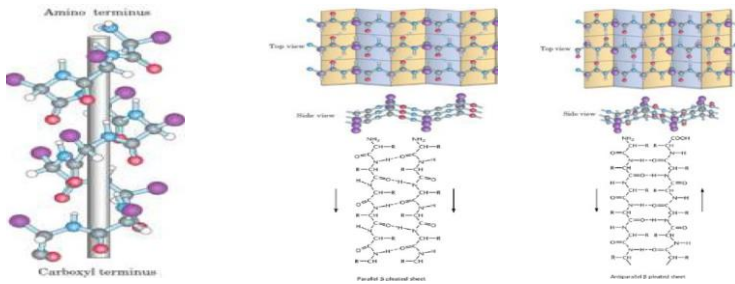
Sumber: anakreaksi.com

## 2) Struktur Sekunder

Struktur sekunder terbentuk melalui ikatan hidrogen atau hidrogen amida dengan oksigen karbonil dari ikatan peptida yang berada di tulang punggung rantai polipeptida. Terdapat dua jenis struktur sekunder pada protein, yaitu: alfa-heliks dan beta-sheet ( $\alpha$ -heliks dan  $\beta$ -strands). Struktur sekunder yang sangat khas di dalam kolagen, disebut sebagai heliks kolagen. Selain itu, terdapat beberapa beberapa struktur sekunder pada polipeptida, yaitu *alfa heliks*, *beta-pleated sheet* dan struktur tekukan/*turn*.

Struktur sekunder yang tidak termasuk ke dalam tiga golongan bentuk struktur tersebut, dinamakan sebagai *random coil*. Ikatan protein pada struktur sekunder akan membentuk struktur heliks, paralel dan antiparalel melalui ikatan hidrogen di dalam asam amino. Pembentukan ikatan polipeptida dari N-terminus ke arah C-terminus disebut sebagai paralel, sedangkan pembentukan ikatan polipeptida dari arah sebaliknya diistilahkan atau disebut antiparalel.

Gambar 5. Struktur sekunder protein

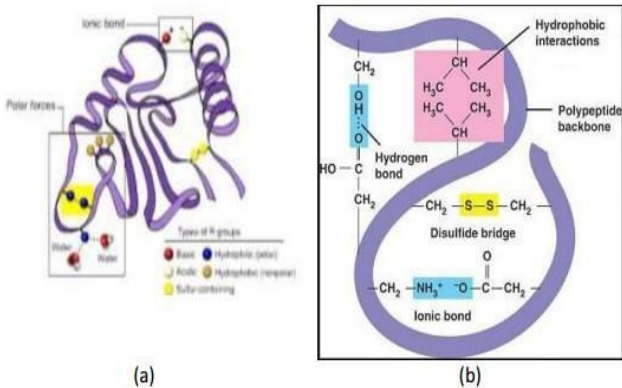


Sumber: anakreaksi.com

### 3) Struktur tersier

Struktur tersier merupakan hasil lipatan elemen-elemen struktur sekunder di rantai polipeptida yang distabilkan oleh ikatan hidrofobik, ikatan hidrofilik, ikatan hidrogen, ikatan disulfida, dan interaksi ionik, sehingga membentuk struktur yang sangat kompleks. Ikatan utama yang paling bertanggung jawab pada proses pembentukan struktur tersier adalah ikatan hidrogen dan hidrofobik. Pada proses pembentukan struktur tersier tersebut, ikatan hidrogen tidak melibatkan gugus yang terdapat pada tulang punggung ikatan polipeptida, tetapi hanya menggunakan gugus yang berada di dalam rantai samping residu asam amino.

Gambar 6. a) Struktur tersier protein;  
b) Ikatan pada struktur tersier



Sumber: anakreaksi.com

## DAFTAR PUSTAKA

- Adrianto, H. (2018). *Buku Ajar Biologi Sel dan Molekuler*. Deepublish. Jogjakarta.
- Alberts, B., D. Bray, J. Lewis, M. Raff, K. Roberts and J.D. Watson. 2015. *Molecular Biology of the Cell*, 3rd edition, Garland Publishing, Inc., New York, London.
- Campbell, N. A., Reece, J. B., Amalia, S., & Manalu, W. (2003). *Biologi jilid 2*. Erlangga. Jakarta.

- Fatchiyah, EL Arumingtyas, S Widyarti, S Rahayu ..., 2011. Biologi Molekuler : Prinsip Dasar Analisis . Erlangga. Jakarta
- Sumitro, S. B., Widyarti, S., & Permana, S. (2017). *Biologi Sel*. Universitas Brawijaya Press.
- Yuwono, Triwibowo & Amalia, Safitri. 2016. Biologi Molekuler. Erlangga. Jakarta.
- Abbas, Abul K., Lichtman,Andrew., Pillai,Shiv. 2010. Cellular and Molecular Immunology . 6<sup>TH</sup> Ed. Saunders Elsiever.

- Alberts, Bruce. Johnson, Alexander. Lewis, Julian. Raff, Martin. Roberts, Keith. and Walter, Peter. 2008. *Molecular Biology of the Cell*. 4th edition Garland Science, New York. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK26911/> . Bookshelf ID: NBK26911
- Aryal, Sagar. Nov 27<sup>th</sup> ,2021. Microbes Note : Proteins- Definition, Properties, Structure, Classification, Functions. <https://microbenotes.com/proteins-properties-structure-classification-and-functions/>
- Azhar, Tauhid Nur. 2008. *Dasar-Dasar Biologi Molekuler*. Widya Padjajaran. Bandung.
- Berg, J. M., Tymoczko, J. L., & Lubert Stryer. (2017). Primary Structure: Amino Acids Are Linked by Peptide Bonds to Form Polypeptide Chains. Nih.Gov; W H Freeman. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK22364/>
- Berg, J. M., Tymoczko, J. L., & Lubert Stryer. (2020). Protein Structure and Function. Nih.Gov; W H Freeman. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK21177/>
- Coady, D., 2010. *Molecular Biology*, Elsevier Academic Press.
- Concept of Biology, \_1<sup>st</sup> Canadian Edition. Chapter 2. Introduction To The Chemistry of Life. <http://opentextbc.ca/biology/chapter/2-3-biological-molecules>. (March 2022).
- Fatchiyah, Arumingtyas, E,S., Widyarti,Sri., Rahayu s. 2002. *Biologi Molekuler;Prinsip Dasar Analisis*. Penerbit Erlangga. Jakarta.



- G. B. Waite, L.R.W., 2007. Applied Cell and Molecular Biology for Engineers, McGraw Hill Companies.
- Juwono, Zulfa Juniarta, Achmad. 2003. Biologi Sel. Penerbit Buku Kedokteran EGC. Jakarta.
- Lodish, H., Berk, A., S Lawrence Zipursky, Matsudaira, P., Baltimore, D., & Darnell, J. (2017). Hierarchical Structure of Proteins. Nih.Gov; W. H. Freeman. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK21581/>
- Milo, R. (December 2013). “What is the total number of protein molecules per cell volume? A call to rethink some published values”. BioEssays. 35 (12): 1050–55. doi:10.1002/bies.201300066. PMC 3910158. PMID 24114984
- Ngili, Yohanis. 2010. Biokimia Dasar. Penerbit Rekayasa Sains. Bandung
- Nurhayati, Betty. Darmawati, Sri. 2017. Biologi Sel dan Molekuler. PPSDM Kesehatan. Jakarta.
- Proteins. (2020).Gsu.Edu.<http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbase/Organic/protein.html>
- Stansfield,William., Cano,Raul., Colome,Jaime., 2006. Biologi Molekuler dan Sel. Penerbit Erlangga. Jakarta.
- Susilowati, Rina Prastini. 2019. Kajian Sel dan Molekuler (Hubungan dengan Penyakit Pada Manusia). Cv. Pena Persada. Jawa Tengah.
- Sediaoetama, Achmad Djaeni. 2010. Ilmu Gizi. Penerbit Dian Rakyat. Jakarta.

- Types of Proteins. (2016). Retrieved from Utah.edu website:  
<https://learn.genetics.utah.edu/content/basics/proteintypes/>
- Tanaka, K. (2009). The proteasome: Overview of structure and functions. *Proceedings of the Japan Academy, Series B*, 85(1), 12–36. <https://doi.org/10.2183/pjab.85.12>
- Yuwono, T. 2010. *Biologi Molekuler*. Penerbit Erlangga. Surabaya.
- Adrianto, H. 2017. *Biologi Sel & Molekuler*. Yogyakarta: Deepublish.
- Alberts, B., D. Bray, J. Lewis, M. Raff, K. Roberts and J.D. Watson. 2015. *Molecular Biology of the Cell*, 3rd edition, Garland Publishing, Inc., New York, London.
- Chaerija, S. 2012. *Sintesis Protein*. Pustekom : Depdiknas.
- Campbell Reece – Mitchell. 2008. *BIOLOGI*. Jakarta: Erlangga
- Enger ED, Ross FC, Bailey DB. 2012. *Concept in Biology Fourteenth Edition*. New York: McGraw-Hill.
- <https://www.edubio.info/2016/07/struktur-dan-fungsi-nukleus-inti-sel.html>
- [https://www.kampungilmu.web.id/2018/09/fungsi-nukleus-pada-sel-hewan-dan-sel\\_28.html](https://www.kampungilmu.web.id/2018/09/fungsi-nukleus-pada-sel-hewan-dan-sel_28.html)
- [https://www.rohmadi.info/mhs/nooreka/2\\_struktur\\_dna\\_dan\\_rna.html](https://www.rohmadi.info/mhs/nooreka/2_struktur_dna_dan_rna.html)

<https://tatangsma.com/biologi/macam-macam-dan-fungsi-rna.html>

Komala, S. N. 2021. Biologi Dasar Bagian 1. Surabaya: CV Jakad Media Publishing.

Urry LA, Cain ML, Wasserman SA, Minorsky PV, Reece JB. 2015. Campbell Biology in Focus 2<sup>nd</sup> Edition. USA: Pearson Education

Madigan, MT 2012. Brock Biology of Microorganisms 14<sup>th</sup> edition, Pearson, Harlow.

Elliwati Hasibuan. 2015. Peranan Teknik Polymerase Chain Reaction (PCR) Terhadap Perkembangan Ilmu Pengetahuan .Karya Tulis Ilmiah. Fakultas Kedokteran Universitas Sumatera Utara.

Weaver, R.F. 2014. Molecular Biology. Mc. Graw Hill.

Wahono widodo dkk, 2016. Ilmu Pengetahuan Alam SMP/ MTs kelas VII semester 1. Jakarta. Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan.

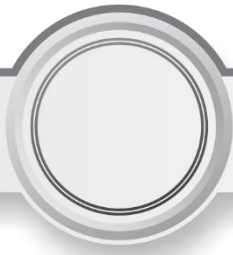
V.K Sally dkk,2016. IPA Terpadu SMP Kelas VII Semester 1, Yudhistira.

Saeful Karim dkk. 2008. Belajar IPA Membuka Cakrawala Alam Sekitar 2 SMP/MTs.Jakarta.Pusat perbukuan.

Arianto,Budi. 2019. Eksplorasi Ilmu Pengetahuan Alam 1. Surakarta, Tiga serangkai

Agus R. 2019. Dasar-Dasar Biologi Molekuler. Celebes Media Perkasa.

- Aisyah, Mahmudah, Risanti. 2019. Biologi Molekuler. Muhammadiyah University Press, Surakarta.
- Baktir A. 2017. DNA : Struktur dan Fungsi. Surabaya Airlangga University.
- Campbell, N.A., Reece. J.B., Mitchell, L.G. 2002. Biologi Jilid1 Edisi Kelima. Erlangga, Jakarta.
- Effendi Y. 2020. Buku Ajar Genetika Disarm. Pustaka Rumah Cinta.
- Fatchiyah, Arumingtyas, E.L. 2006. Kromosom, Gen, DNA, Sintesis Protein dan Regulasi. Laboratorium Biologi Molekular dan Selular Universitas Brawijaya, Malang.
- Nurhayati B, dan Darmawati, S. (2017). Bahan Ajar Teknologi Laboratorium Medik (TLM). Biologi Sel dan Molekuler. Jakarta . Pusat Pendidikan Sumber Daya Manusia Kesehatan Badan Pengembangan Dan Pemberdayaan Sumber Daya Manusia Kesehatan.
- Pelczar, M.J. dan Chan, E.C.S. 1998. Dasar-dasar Mikrobiologi 1 & 2. UI-Press, Jakarta.
- Suharsono, Hamong .2018. Asam nukleat dan teknologi kedokteran. Fakultas kedokteran hewan, universitas Udayana.
- Salahuddin. 2018. Buku. Kimia dasar : Konsep dan aplikasinya dalam ilmu tanah. Deepublish. CV. Budi Utama.
- Suryo. 1998. Genetika. Cetakan Kedelapan. Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.



## TENTANG PENULIS

---

**Sartika Gunawan Putri, S.Si., M.Sc.** lahirdi Kota Ujung Pandang Provinsi Sulawesi Selatan, pada tanggal 06 Juli 1990 merupakan anak pertama dari pasangan Gunawan Rahman dan Hj. Marwah Asiri. Penulis merupakan menempuh pendidikan program sarjana di Universitas Hasanuddindi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Jurusan Biologi, lulus pada tahun 2012. Penulis kemudian melanjutkan studi Program Magister (S-2) di Universitas Gadjah Mada, Fakultas Biologi, Konsentrasi Mikrobiologi, lulus pada tahun 2016. Saat ini, selain bekerja sebagai dosen tetap di Program Studi Pendidikan Biologi, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Sembilanbelas November Kolaka, penulis juga merupakan tutor matakuliah Biologi Umum di Universitas Terbuka. Sejak tahun 2021, penulis mulai aktif menulis buku, baik buku ajar maupun buku referensi.



**Hasria Alang**, lahir di Puundoho, 28 Maret 1985. Pendidikan S1 ditempuh pada Jurusan Biologi Fakultas MIPA Universitas Hasanuddin Makassar, lulus 2006. Menempuh S-2 di konsentrasi Mikrobiologi Program Studi Biomedik Universitas Hasanuddin Makassar dan lulus 2010. Menempuh pendidikan program doktor pada prodi Biologi Universitas Brawijaya Malang dan lulus tahun 2019. Tahun 2011 sampai sekarang sebagai dosen pada Jurusan Biologi P. MIPA STKIP Pembangunan Indonesia Makassar mata kuliah Mikrobiologi, Biologi Sel dan Biologi Molekuler. Menulis artikel dan buku, juga aktif dilakukan oleh penulis untuk menunjang Tridharmanya. Buku Biologi Sel dan Molekuler merupakan buku kolaborasi yang kelima dari penulis. Semoga dapat memberikan manfaat bagi semua dan apa yang kita lakukan bernilai ibadah kepada Allah SWT.



**Sahribulan, S.Si.,M.Si.,** tempat lahir Polewali 24 Oktober 1990, Penulis adalah anak keempat dari lima bersaudara. Penulis menyelesaikan studi S1 di Jurusan Biologi Universitas Hasanuddin, Makassar pada tahun 2012. Kemudian menyelesaikan studi S2 Departemen Biologi bidang minat di Universitas Airlangga, Surabaya pada tahun 2016. Sejak Tahun 2019 hingga sekarang Penulis merupakan dosen di Jurusan Biologi Program Studi Biologi di Universitas Negeri Makassar.



**Rafika, S.Si.M.Kes.** Penulis dilahirkan di Wotu tanggal 22 Maret 1984. Penulis menyelesaikan pendidikan S-1 di Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Hasanuddin Makassar tahun 2006. Gelar Magister Kesehatan

(M.Kes) diselesaikan pada Program Studi Biomedik Universitas Hasanuddin Makassar tahun 2009. Bekerja sebagai dosen Jurusan Teknologi Laboratorium Medis Poltekkes Kemenkes Makassar mulai tahun 2019 sampai sekarang. Tetapi sebagai dosen pada Poltekkes Kemenkes Palu pada tahun 2011-2018. Mengajar mata kuliah Bakteriologi, Parasitologi, Biologi Sel dan Molekuler, Virologi dan Mikologi. Aktif sebagai penulis, *reviewer* beberapa jurnal nasional terakreditasi dan sebagai Auditor Mutu Internal Poltekkes Kemenkes Makassar sejak tahun 2021.





**Dr. Ria Yulia Gloria, M.Pd.** Lahir di Tasikmalaya Jawa Barat pada 28 Agustus 1969. Ayah H. Usman Effendi dan Ibu Hj. E. Yuliati, menyelesaikan sekolah Dasar di SD Negeri Ciranjang Girang II, Bojongpicung-Cianjur (Lulus 1982), kemudian melanjutkan Studi di SLTP Negeri 1 Bojongpicung-Cianjur (Lulus 1985) dan SMAN 2 Cirebon Jawa Barat jurusan A2-Biologi (Lulus 1988), melanjutkan S1 di Fakultas Pertanian Universitas Winaya Mukti-Bandung (Lulus 1993) dan S2 di Universitas Negeri Semarang Prodi IPA-Biologi (Lulus 2008), dan S3 di Universitas Negeri Semarang Prodi IPA (Lulus 2018). Saat ini bekerja sebagai Dosen di Jurusan Tadris Biologi IAIN Syekh Nurjati Cirebon, dan juga mendapat tugas tambahan sebagai Ketua Jurusan Tadris Kimia.



Nama : Agus Purnomo, S.Pd

E-mail : purnomoagus007@gmail.com

Telp kantor/ HP : 081226857549

Alamat kantor : Jalan apel 3, Jajar, Laweyan  
Surakarta.

#### Riwayat pekerjaan

1. Menjadi tentor LBB Primagama sejak tahun 2003-2013
2. Menjadi tentor LBB Smart Gama sejak tahun 2014-2018
3. Menjadi pengajar di SMP Negeri 2 Surakarta sejak tahun 2003 hingga sekarang.

#### Riwayat Pendidikan

S1: Pendidikan Biologi –Universitas Muhammadiyah  
Surakarta (1994-1998 )



**Dr. Muh. Sri Yusal, S.Si., M.Si.** Penulis lahir dan dibesarkan dengan penuh kebahagiaan di Kacampureng. Pendidikan Dasar formal ditempuh di Kabupaten Bone, kemudian melanjutkan pendidikan menengah dan tinggi di Makassar.

Pendidikan tinggi ditempuh di Universitas Hasanuddin Makassar. Program Doktorat ditempuh di Universitas Gadjah Mada pada Program Studi Ilmu Lingkungan dan lulus tahun 2019. Penulis diterima sebagai tenaga pengajar di Pendidikan Biologi P. MIPA STKIP Pembangunan Indonesia Makassar sejak tahun 2004 sampai sekarang, saat ini juga aktif menjadi reviewer pada beberapa jurnal. Karya ilmiah yang dihasilkan berupa beberapa buku dan publikasi jurnal internasional maupun jurnal nasional bereputasi pada tahun 2019-2021.