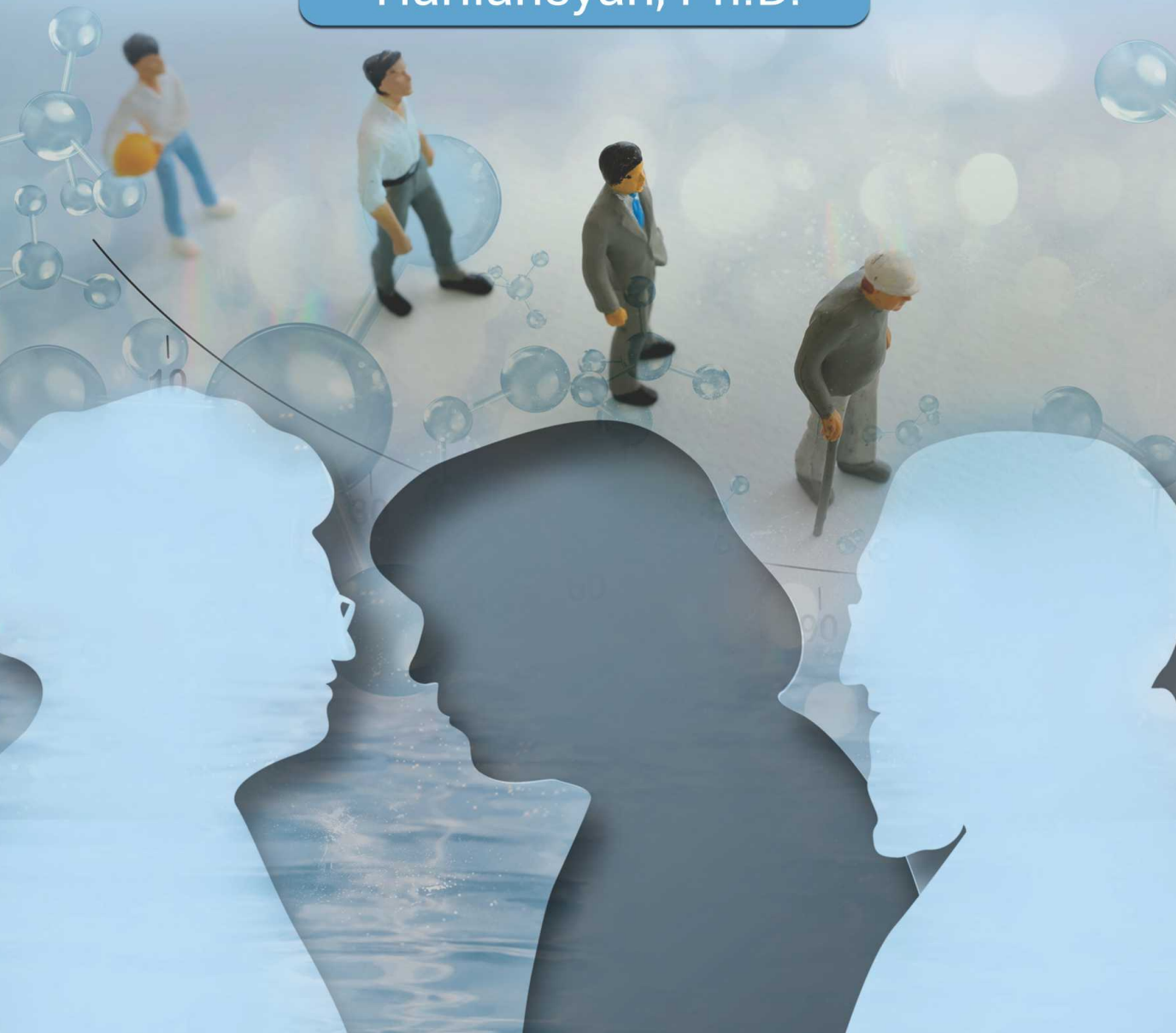




# **Penuaan dan Aspek Molekular**

Harliansyah, Ph.D.



**PENUAAN  
DAN ASPEK MOLEKULAR**

## UU No 28 tahun 2014 tentang Hak Cipta

### **Fungsi dan sifat hak cipta Pasal 4**

Hak Cipta sebagaimana dimaksud dalam Pasal 3 huruf a merupakan hak eksklusif yang terdiri atas hak moral dan hak ekonomi.

### **Pembatasan Pelindungan Pasal 26**

Ketentuan sebagaimana dimaksud dalam Pasal 23, Pasal 24, dan Pasal 25 tidak berlaku terhadap:

- i. Penggunaan kutipan singkat Ciptaan dan/atau produk Hak Terkait untuk pelaporan peristiwa aktual yang ditujukan hanya untuk keperluan penyediaan informasi aktual;
- ii. Penggandaan Ciptaan dan/atau produk Hak Terkait hanya untuk kepentingan penelitian ilmu pengetahuan;
- iii. Penggandaan Ciptaan dan/atau produk Hak Terkait hanya untuk keperluan pengajaran, kecuali pertunjukan dan Fonogram yang telah dilakukan Pengumuman sebagai bahan ajar; dan
- iv. Penggunaan untuk kepentingan pendidikan dan pengembangan ilmu pengetahuan yang memungkinkan suatu Ciptaan dan/atau produk Hak Terkait dapat digunakan tanpa izin Pelaku Pertunjukan, Produser Fonogram, atau Lembaga Penyiaran.

### **Sanksi Pelanggaran Pasal 113**

1. Setiap Orang yang dengan tanpa hak melakukan pelanggaran hak ekonomi sebagaimana dimaksud dalam Pasal 9 ayat (1) huruf i untuk Penggunaan Secara Komersial dipidana dengan pidana penjara paling lama 1 (satu) tahun dan/atau pidana denda paling banyak Rp100.000.000 (seratus juta rupiah).
2. Setiap Orang yang dengan tanpa hak dan/atau tanpa izin Pencipta atau pemegang Hak Cipta melakukan pelanggaran hak ekonomi Pencipta sebagaimana dimaksud dalam Pasal 9 ayat (1) huruf c, huruf d, huruf f, dan/atau huruf h untuk Penggunaan Secara Komersial dipidana dengan pidana penjara paling lama 3 (tiga) tahun dan/atau pidana denda paling banyak Rp500.000.000,00 (lima ratus juta rupiah).

# **PENUAAN DAN ASPEK MOLEKULAR**

**Harliansyah, Ph.D.**



*Cerdas, Bahagia, Mulia, Lintas Generasi.*

## **PENUAAN DAN ASPEK MOLEKULAR**

**Harliansyah, Ph.D**

Desain Cover :  
**Syaiful Anwar**

Sumber :  
<https://www.shutterstock.com> (Thongden Studio)

Tata Letak :  
**G.D. Ayu**

Proofreader :  
**A. Timor Eldian**

Ukuran :  
**x, 78 hlm, Uk: 15.5x23 cm**

ISBN :  
**978-623-02-8437-3**

Cetakan Pertama :  
**Mei 2024**

Hak Cipta 2024, Pada Penulis

---

Isi diluar tanggung jawab percetakan

---

**Copyright © 2024 by Deepublish Publisher**  
All Right Reserved

Hak cipta dilindungi undang-undang  
Dilarang keras menerjemahkan, memfotokopi, atau  
memperbanyak sebagian atau seluruh isi buku ini  
tanpa izin tertulis dari Penerbit.

**PENERBIT DEEPUBLISH**  
**(Grup Penerbitan CV BUDI UTAMA)**

Anggota IKAPI (076/DIY/2012)

Jl.Rajawali, G. Elang 6, No 3, Drono, Sardonoharjo, Ngaglik, Sleman  
Jl.Kaliurang Km.9,3 – Yogyakarta 55581

Telp/Faks: (0274) 4533427

Website: [www.deepublish.co.id](http://www.deepublish.co.id)

[www.penerbitdeepublish.com](http://www.penerbitdeepublish.com)

E-mail: [cs@deepublish.co.id](mailto:cs@deepublish.co.id)

## KATA PENGANTAR

Alhamdulillah dan puji syukur ke hadirat Allah Swt. atas rahmat dan petunjuk-Nya buku ***Penuaan dan Aspek Molekular*** ini dapat terwujud.

Semua orang tentu mengalami penuaan sebelum akhirnya meninggalkan dunia ini. Secara fisiologi, penuaan diartikan sebagai penurunan fungsional tubuh seiring perjalanan usia biologi yang ada. Dengan berbagai faktor penginduksi baik secara internal maupun eksternal, penuaan dapat dipercepat sehingga terjadi penuaan dini. Sebaliknya, dengan mempelajari faktor-faktor tadi penuaan dapat pula diperlambat.

Untuk itulah, kajian aspek molekular yang menginduksi penuaan menjadi sesuatu pengetahuan yang sangat menarik untuk dipelajari. Dengan begitu dapat dicarikan senyawa-senyawa bahan alam untuk dijadikan sebagai zat anti penuaan.

Salah satu faktor pencetus utama dan memberikan dampak yang sangat besar pada proses penuaan adalah level stres oksidatif di dalam sel dan jaringan, yaitu adanya perubahan atas keseimbangan (homeostasis) yang mengakibatkan peningkatan jumlah radikal bebas atas level antioksidan.

Hal ini tidak hanya berpengaruh pada struktur biomolekul seperti protein, lipid membran, juga DNA sel, melainkan juga pada aspek fungsional sel tersebut yang mencetus penuaan. Lebih lanjut perubahan terhadap penanda (biomarker) penuaan akan ditunjukkan dengan jelas, baik secara fenotipe seperti pada respons pancaindra yang menurun, kulit mengerut, rambut memutih juga perubahan di level molekular seperti pemendekan telomer, gangguan enzim beta galaktosidase dan penurunan sirtuin.

Selain membahas konsep penuaan dan biomarker sebagai penanda penuaan. Buku ini juga membahas aspek epigenetik yang melihat perubahan molekular akibat induksi aspek nutrisi terhadap ekspresi gen sehingga berpengaruh pada biomarker penuaan.

Perkembangan kajian penuaan dan aspek molekular yang menyertainya, masih terus berkembang lewat penelitian secara *in vitro* dan *in vivo*, untuk itu kiranya buku ini dapat terus berkembang dengan pembahasan yang lebih mendalam lagi. Namun, untuk masa kini kita membatasi pada topik-topik sederhana seperti tersaji di sini.

Penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada Ananda Fathin yang turut membantu dalam penyelesaian buku ini, juga seluruh keluarga yang mendukung penulisan buku ini. Ucapan terima kasih juga saya sampaikan kepada seluruh pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu, yang telah memberi dukungan kepada penulis tanpa henti. Kepada pihak penerbit Deepublish penulis sampaikan terima kasih atas kerja samanya selama proses penerbitan. Segala saran yang positif sangat kami harapkan untuk kemajuan isi buku ini.

Semoga Allah melindungi kita bersama dan semoga buku ini dapat bermanfaat. Terima kasih.

*Harliansyah*

# DAFTAR ISI

|                                                                       |      |
|-----------------------------------------------------------------------|------|
| KATA PENGANTAR.....                                                   | v    |
| DAFTAR ISI .....                                                      | vii  |
| DAFTAR GAMBAR.....                                                    | viii |
| DAFTAR TABEL.....                                                     | ix   |
| BAB I KONSEP DASAR PENUAAN.....                                       | 1    |
| BAB II PENGARUH STRES OKSIDATIF DAN ASPEK<br>PENUAAN.....             | 8    |
| BAB III ASPEK PENUAAN DAN SEL DEGENERATIF .....                       | 15   |
| BAB IV PENGARUH SIRTUIN TERHADAP METABOLISME<br>SEL DAN PENUAAN ..... | 30   |
| BAB V BIOMARKER PENUAAN .....                                         | 48   |
| BAB VI EPIGENETIK PENUAAN DAN KETIDAKSTABILAN<br>GENOM.....           | 61   |
| DAFTAR PUSTAKA.....                                                   | 73   |
| BIODATA PENULIS .....                                                 | 77   |

## DAFTAR GAMBAR

|            |                                                                  |    |
|------------|------------------------------------------------------------------|----|
| Gambar 1.  | Hubungan Penuaan dengan Penyakit Penyerta .....                  | 5  |
| Gambar 2.  | Model Penghambatan ROS oleh Antioksidan .....                    | 9  |
| Gambar 3.  | Hubungan Stres Oksidatif dengan Penyakit.....                    | 12 |
| Gambar 4.  | Mekanisme Penuaan dan Penyakit Penyerta .....                    | 21 |
| Gambar 5.  | Protektif Sirtuin pada Pelbagai Sistem.....                      | 32 |
| Gambar 6.  | Modulasi Sirtuin oleh Senyawa Fitokimia .....                    | 35 |
| Gambar 7.  | Peran Sirtuin pada Organel Subselular .....                      | 36 |
| Gambar 8.  | Model Kerja Sirtuin sebagai Antioksidan .....                    | 37 |
| Gambar 9.  | Regulasi Metabolisme Sirtuin pada berbagai<br>Sistem Organ ..... | 40 |
| Gambar 10. | Regulasi Sel Pankreas, Insulin oleh Sirtuin .....                | 43 |
| Gambar 11. | Hubungan Sirtuin pada Restriksi Kalori.....                      | 44 |
| Gambar 12. | ROS, Restriksi Kalori dan Sirtuin .....                          | 45 |
| Gambar 13. | Mekanisme Regulasi Sirtuin terhadap<br>Metabolisme Sel.....      | 46 |
| Gambar 14. | Biomarker Penuaan Memengaruhi Sel dan<br>Organ.....              | 51 |
| Gambar 15. | Struktur Telomer.....                                            | 56 |
| Gambar 16. | Skema Representasi Kulit Muda dan Tua pada<br>Manusia .....      | 58 |
| Gambar 17. | Perubahan epigenom selama proses penuaan.....                    | 64 |
| Gambar 18. | Perubahan epigenetik secara umum pada<br>penuaan.....            | 66 |
| Gambar 19. | Mekanisme pengaturan epigenetik yang<br>berbeda.....             | 69 |

## DAFTAR TABEL

|                                  |    |
|----------------------------------|----|
| Tabel 1. Biomarker Penuaan ..... | 53 |
|----------------------------------|----|

