

**Buku ajar keperawatan:**

# **Konsep Biologi Sel dan Genetika dalam Keperawatan**

Ns. Hardin La Ramba, S.Kep., M.Biomed.

Ns. Yarwin Yari, S.Kep., M.Biomed.

**Buku Ajar Keperawatan**

**KONSEP BIOLOGI SEL  
DAN GENETIKA  
DALAM KEPERAWATAN**

## 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 Rp100.000.000,00 (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).

**Buku Ajar Keperawatan**

**KONSEP BIOLOGI SEL  
DAN GENETIKA DALAM KEPERAWATAN**

**Ns. Hardin La Ramba, S.Kep., M.Biomed.**

**Ns. Yarwin Yari, S.Kep., M.Biomed.**



**Buku Ajar Keperawatan**  
**Konsep Biologi Sel dan Genetika dalam Keperawatan**

**Ns. Hardin La Ramba, S.Kep., M.Biomed.**

**Ns. Yarwin Yari, S.Kep., M.Biomed.**

Editor:

**Winda Afrida**

Desainer:

**Mifta Ardila**

Sumber:

**www.mitracendekiamedia.com.**

Penata Letak:

**Winda Afrida**

Proofreader:

**Tim Mitra Cendekia Media**

Ukuran:

**viii, 126 hlm., 15,5 cm x 23 cm**

ISBN:

**978-623-5856-46-9**

Cetakan Pertama:

**Januari 2022**

Hak Cipta 2022, pada Ns. Hardin La Ramba, S.Kep., M.Biomed.  
dan Ns. Yarwin Yari, S.Kep., M.Biomed.

---

Isi di luar tanggung jawab penerbit dan percetakan

---

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

**Anggota IKAPI: 022/SBA/20**  
**PENERBIT MITRA CENDEKIA MEDIA**

Kapalo Koto No. 8, Selayo, Kec. Kubung, Kab. Solok  
Sumatra Barat – Indonesia 27361  
HP/WA: 0812-7574-0738  
Website: [www.mitracendekiamedia.com](http://www.mitracendekiamedia.com)  
E-mail: [cs@mitracendekiamedia.com](mailto:cs@mitracendekiamedia.com)

# DAFTAR ISI

|  |     |
|--|-----|
| <b>PRAKATA</b> .....                                       | vii |
| <b>KONSEP BIOLOGI SEL</b> .....                            | 1   |
| <b>PENDAHULUAN</b> .....                                   | 2   |
| <b>BAB 1 BIOLOGI SEL</b> .....                             | 5   |
| A. Pengertian.....   | 5   |
| B. Teori Perkembangan Sel .....                            | 6   |
| C. Komponen Sel.....                                       | 8   |
| Latihan 1 .....  | 13  |
| <b>BAB 2 TEKNIK MEMPELAJARI ILMU SEL</b> .....             | 15  |
| A. Cara Mempelajari Ilmu Sel .....                         | 15  |
| B. Skala Ukuran dalam Mempelajari Ilmu<br>Sel.....         | 16  |
| C. Teknik dan Metode dalam Mempelajari<br>Sel.....         | 18  |
| D. Peralatan yang Digunakan dalam<br>Mempelajari Sel ..... | 21  |
| E. Biokimia pada Sel.....                                  | 24  |
| Latihan 2 .....  | 27  |
| <b>BAB 3 ORGANISASI SEL</b> .....                          | 29  |
| A. Organisasi Sel pada Makhluk Hidup .....                 | 29  |
| B. Sel Hewan dan Tumbuhan.....                             | 40  |
| Latihan 3 .....  | 56  |

|   |            |
|---|------------|
| <b>KONSEP GENETIKA .....</b>  | <b>59</b>  |
| <b>PENDAHULUAN .....</b>  | <b>60</b>  |
| <b>BAB 4 PENGANTAR GENETIKA.....</b>                                      | <b>63</b>  |
| A. Pengertian Genetika .....  | 63         |
| B. Sejarah Singkat Perkembangan Ilmu<br>Genetika.....                     | 66         |
| C. Cabang-Cabang Ilmu Genetika.....                                       | 68         |
| Latihan 4.....  | 69         |
| <br>  |            |
| <b>BAB 5 HUKUM MENDEL .....</b>   | <b>71</b>  |
| A. Perkembangan Pemikiran Tentang<br>Faktor Keturunan Sebelum Mendel..... | 71         |
| B. Konsep Gen dan Teori Kromosom .....                                    | 73         |
| C. Genetika Mendel .....  | 91         |
| D. Simbol dan Terminologi.....  | 92         |
| Latihan 5 .....   | 94         |
| <br>  |            |
| <b>BAB 6 PEWARISAN SIFAT .....</b>  | <b>97</b>  |
| A. Mitosis.....   | 97         |
| B. Meiosis .....  | 99         |
| C. Faktor-faktor yang Mempengaruhi Sel .....                              | 101        |
| Latihan 6 .....   | 104        |
| <br>  |            |
| <b>TES KOMPETENSI .....</b>   | <b>107</b> |
| <b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>  | <b>117</b> |
| <b>TENTANG PENULIS .....</b>  | <b>121</b> |

# PRAKATA

Alhamdulillah, segala puji dan syukur penulis panjatkan kehadirat Allah Swt. karena modul ajar ini telah selesai disusun. Modul ini disusun agar dapat membantu para mahasiswa dalam mempelajari konsep-konsep biologi sel dan genetika.

Penulis pun menyadari jika di dalam penyusunan modul ini mempunyai kekurangan, namun penulis meyakini sepenuhnya bahwa sekecil apapun modul ini tetap akan memberikan sebuah manfaat bagi pembaca.

Akhir kata untuk penyempurnaan modul ini, maka kritik dan saran dari pembaca sangatlah berguna untuk penulis kedepannya.

Bekasi, 01 November 2021

Penulis





# **KONSEP BIOLOGI SEL**

# PENDAHULUAN

---

Biologi merupakan ilmu tentang hidup dan kehidupan organisme dari masa lampau sampai masa yang akan datang baik dalam hal struktur, fungsi, taksonomi, pertumbuhan, dan perkembangannya. Biologi sel adalah ilmu yang mempelajari sel, baik pengertiannya maupun organella yang ada di dalam sel serta fungsinya. Tubuh organisme hidup tersusun oleh sel, apabila organisme hidup tersebut hanya memiliki satu sel termasuk organisme uniseluler seperti yeast, protozoa, dan bakteri. Organisme yang tersusun dari banyak sel dikenal dengan istilah organisme multiseluler, contohnya adalah manusia, hewan dan tumbuhan.

Semua makhluk hidup atau organisme tersusun atas sel atau beberapa sel. Sel (sitologi) berasal dari bahasa Yunani, yaitu “kytos” (wadah). Sitologi adalah salah satu cabang Ilmu Biologi. Sitologi merupakan cabang ilmu biologi yang mempelajari tentang seluk beluk sel. Sel merupakan unit struktural dan fungsional terkecil pada suatu makhluk hidup. Sel memiliki semua perangkat dan kemampuan yang diperlukan untuk menjalankan proses hidup seperti bergerak, memperbanyak diri atau bereproduksi, beradaptasi atau merespon terhadap perubahan lingkungan. Proses hidup tersebutlah yang menunjang berlangsungnya kehidupan pada makhluk hidup yang disusun oleh sel tersebut.

Sejarah penemuan sel mengisyaratkan bahwa manusia memulai mempelajari sel dari strukturnya (menggunakan indra mata) bukan dari fungsinya. Hal tersebut mewarnai perkembangan pengetahuan manusia tentang sel. Struktur yang diperoleh melalui mikroskop tadi akhirnya diterjemahkan kearah fungsi karena pada kenyataanya organisme hidup

itu mempunyai struktur, fungsi dan juga proses.

Dalam jenjang struktural kehidupan, sel memiliki tempat yang istimewa sebagai tingkat organisasi terendah yang melakukan semua aktivitas yang di butuhkan agar tetap hidup. Terlebih lagi, semua aktivitas organisme di dasarkan pada aktivitas sel. Misalnya, pembelahan sel untuk membentuk sel-sel baru adalah dasar bagi semua reproduksi dan bagi pertumbuhan serta perbaikan organisme multiseluler.

Dari organisme multiseluler, apabila diambil beberapa sel dan diletakkan dalam media cair yang tidak terhubung satu sama lain, maka sel-sel tersebut tidak akan mampu berkembang secara mitosis. Tetapi apabila sel-sel tersebut dikulturkan pada tempat yang sempit dan terbatas (petridish) dengan dipenuhinya materi untuk hidup, maka sel-sel tersebut akan mampu berkembang biak secara mitosis. Hal tersebut menunjukkan bahwa sel-sel yang dikulturkan dan berkembangbiak dengan mitosis membutuhkan koordinasi dan saling terhubung sehingga mewakili konsep interaksi sosial antar sesamanya.

Dengan demikian, sel dapat tersusun berkelompok dan berdiferensiasi menjadi banyak jenis jaringan yang akan berkoordinasi membentuk organ. Organ-organ tertentu akan membentuk sistem organ dan akhirnya beberapa sistem organ secara bersama membentuk organisme multiseluler. Semua sel memiliki ciri-ciri tertentu yang sama. Misalnya, setiap sel diselubungi oleh membran yang mengatur lalu lintas materi antar sel dan lingkungannya. Setiap sel juga menggunakan DNA sebagai informasi genetik.

Sel sebagai unit terkecil dari organisasi tubuh makhluk hidup, merupakan bagian penting dalam perkembangan pembelajaran biologi khususnya terkait dengan organisme. Sebagai unit terkecil, maka sel mewakili sistem kehidupan dengan adanya DNA dan organel-organel di dalamnya sehing-

ga mampu melaksanakan program kehidupan itu sendiri. Karena sel mampu melaksanakan sistem kehidupan maka sel memiliki sifat otonom dan mampu berkembang apabila dikulturkan dengan media yang sesuai untuk menunjang kehidupannya. Dengan demikian, semua aspek dari sistem kehidupan bisa dipelajari dengan mengkaji proses hidup yang terjadi pada tingkat sel.

Pembahasan dalam Modul ini, meliputi (1) biologi sel dengan sub pokok bahasan pengertian sel, teori perkembangan sel dan komponen sel; (2) Teknik mempelajari ilmu sel dengan sub pokok bahasan cara mempelajari ilmu sel, skala ukuran dalam sel pada organisme, teknik dan metode dalam mempelajari ilmu sel, peralatan yang digunakan dalam mempelajari ilmu sel dan biokimia sel; (3) organisasi sel dengan sub pokok bahasan menjelaskan organisasi sel pada makhluk hidup dan sel hewan dan tumbuhan.

Setelah mempelajari modul ini, Anda diharapkan mampu menjelaskan biologi sel, teknik mempelajari ilmu sel, dan organisasi sel dan secara khusus setelah mempelajari modul ini diharapkan dapat menjelaskan:

1. Menjelaskan pengertian sel.
2. Menjelaskan teori perkembangan sel.
3. Menjelaskan komponen sel.
4. Menjelaskan cara mempelajari ilmu sel.
5. Menjelaskan skala ukuran dalam sel pada organisme.
6. Menjelaskan teknik dan metode dalam mempelajari ilmu sel.
7. Menjelaskan peralatan yang digunakan dalam mempelajari ilmu sel.
8. Menjelaskan biokimia pada sel.
9. Menjelaskan organisasi sel pada makhluk hidup.
10. Menjelaskan sel hewan dan tumbuhan.

# **BIOLOGI SEL**

## **A. Pengertian Sel**

Sel berasal dari bahasa latin, yaitu dari kata *cella*, yang berarti ruangan kecil, yang ditemukan oleh Robert Hooke, yang melakukan pengamatan terhadap sayatan gabus (terdapat ruangan-ruangan kecil yang menyusun gabus tersebut). Dalam biologi, sel merupakan kumpulan materi paling sederhana yang dapat hidup dan merupakan unit penyusun semua makhluk hidup. Sel mampu melakukan semua aktivitas kehidupan dan sebagian besar reaksi kimia untuk mempertahankan kehidupan berlangsung di dalam sel. Kebanyakan makhluk hidup tersusun atas sel tunggal, atau disebut organisme uniseluler, misalnya bakteri dan amoeba.

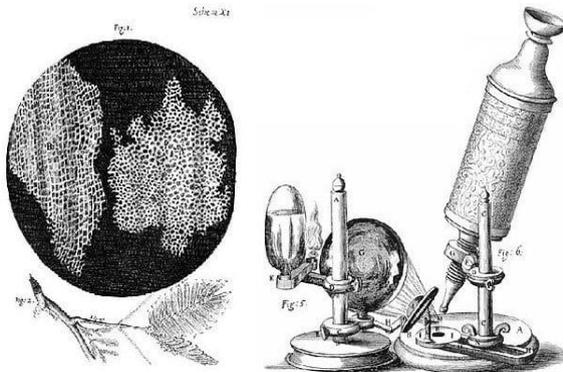
Makhluk hidup lainnya, termasuk tumbuhan, hewan, dan manusia, merupakan organisme multiseluler yang terdiri dari banyak tipe sel terspesialisasi dengan fungsinya masing-masing. Tubuh manusia, misalnya, tersusun atas lebih dari 1013 sel. Namun, demikian, seluruh tubuh semua organisme berasal dari hasil pembelahan satu sel. Contohnya, tubuh bakteri berasal dari pembelahan sel bakteri induknya, sementara tubuh tikus berasal daripada pembelahan sel telur induknya yang sudah dibuahi.

## B. Teori Perkembangan Sel

Penemuan dan kajian awal tentang sel memperoleh kemajuan sejalan dengan penemuan dan penyempurnaan mikroskop pada abad ke-17. Robert Hooke pertama kali mendeskripsikan dan menamai sel pada tahun 1665 ketika ia mengamati suatu irisan gabus (kulit batang pohon) dengan mikroskop yang memiliki perbesaran 30 kali. Namun, teori sel sebagai unit kehidupan baru dirumuskan hampir dua abad setelah itu oleh Matthias Schleiden dan Theodor Schwann. Selanjutnya, sel dikaji dalam cabang biologi yang disebut biologi sel.

Penemuan sel menjadi salah satu objek pengetahuan manusia. Sejak sel ditemukan pertama kali oleh Robert Hooke, yaitu seorang ilmuwan fisika dan kimia berkebangsaan Inggris. Sel terus mengalami perkembangan yang begitu pesat. Namun, sejarah penelitian sel sebenarnya telah dimulai jauh sebelum Robert Hooke mengenal istilah sel. Salah satu pelopornya adalah Aristoteles (384-322 SM). Dalam teori *epigenesis*-nya Aristoteles menyatakan bahwa perkembangan hewan selalu berasal dari struktur sederhana menuju bentuk yang lebih kompleks.

Sebagaimana yang kita ketahui bahwa orang yang pertama kali melakukan pengamatan dan menggambarkan sel adalah Robert Hooke yang merupakan seorang ilmuwan dari Inggris. Hooke menggunakan mikroskop cahaya untuk melihat irisan tipis gabus yang diperoleh dari tanaman. Tampak di bawah mikroskop bahwa gabus tersebut terdiri dari kotak kecil yang akhirnya diberi nama dengan sebutan “sel”. Namun, sel tanaman pada irisan gabus yang diamati oleh Hooke adalah sel mati (Gambar 1.). Pada tahun 1665, Hooke mempublikasikan gambar temuannya pada bukunya yang berjudul *Micrographia*.



**Gambar 1. Sel mati yang diamati oleh Robert Hooke**

Pada tahun 1674, Antonie Van Leeuwenhoek yang merupakan seorang pembuat lensa dari Jerman adalah orang yang pertama kali mengamati dan menggambarkan sel hidup. Leeuwenhoek mengamati organisme uniseluler mikroskopis pada setetes air danau. Organisme tersebut tidak dapat diamati tanpa menggunakan mikroskop. Pada tahun 1800, penemuan mikroskop telah berkembang dengan baik. Mikroskop memungkinkan para ilmuwan mengamati sel tanaman dan sel hewan makin detail. Para ilmuwan kemudian mengembangkan beberapa pemikiran atau teori tentang sel. Mathias Schleiden, seorang Botanikus dari Jerman pada tahun 1838 menyatakan bahwa semua tanaman terdiri dari sel. Kemudian, pada tahun 1839 Theodore Schwann yang merupakan ilmuwan yang juga berasal dari Jerman mempublikasikan bahwa sel merupakan struktur dasar dari hewan. Pada tahun 1855, Rudolf Virchow yang merupakan seorang doktor dari Jerman menyatakan bahwa sel itu terbentuk dari sel-sel yang sudah ada. Dengan kata lain bahwa sel itu membelah untuk menghasilkan sel yang baru. Pada pertengahan 1800-an, pernyataan-pernyataan tersebut disatukan menjadi teori sel. Teori tersebut didukung dengan pengamatan dan data

yang berulang-ulang.

Teori Sel menyatakan bahwa:

1. Semua organisme hidup terdiri dari sel beserta produk-produknya.
2. Semua sel pada dasarnya serupa dalam susunan kimianya.
3. Sel-sel baru terbentuk dari sel-sel yang sudah ada melalui pembelahan sel.
4. Aktivitas sebuah organisme merupakan hasil aktivitas dan interaksi sel-selnya.

### **C. Komponen Sel**

Sel merupakan struktur yang dibangun oleh komponen kimiawi berupa bahan anorganik dan organik. Bahan kimia anorganik misalnya air ( $H_2O$ ), gas, mineral, dan lainnya. Sedangkan bahan organik yang menyusun sel diantaranya adalah Karbohidrat, lipid (lemak), protein, dan asam nukleat. Karbohidrat, lipid, protein, dan asam nukleat merupakan bahan-bahan penyusun sel yang berukuran besar, disebut juga makromolekul.

#### **1. Komponen Anorganik**

Komponen anorganik pada sel yaitu berupa air, gas, mineral yang berfungsi sebagai proses kerja yang terdapat di dalam sel yaitu;

##### **a. Air ( $H_2O$ )**

Air merupakan produk akhir utama dari metabolisme oksidatif makanan. Dalam reaksi-reaksi metabolik, air berfungsi sebagai reaktan, tetapi juga sebagai produk. Air juga menjadi pelarut biologis yang ideal. Air sangat memengaruhi semua interaksi molekuler dalam sistem biologi. Air mempunyai 2 sifat penting secara biologis, yaitu sifat polar dan sifat kohesif.

## b. Gas

Di antara unsur kimiawi golongan gas dalam sel adalah nitrogen (N), ammonia (NH<sub>3</sub>), oksigen (O<sub>2</sub>) dan karbon dioksida (CO<sub>2</sub>). Unsur nitrogen dalam sel tidak terpakai namun dapat berikatan dengan sel dalam bentuk ion nitrat. Ammonia (NH<sub>3</sub>) merupakan gas hasil dari sisa metabolisme protein pada sel-sel hewan, ammonia bersifat toksik (racun) sehingga harus dieliminasi (dikeluarkan) dari tubuh agar tidak menyebabkan keracunan bagi tubuh.

## c. Garam Mineral

Garam mineral adalah suatu senyawa yang terbentuk dari asam dan basa yang berfungsi:

- 1) Untuk fungsi fisiologis.
- 2) Untuk menjaga keseimbangan osmosis sel.
- 3) Untuk menjaga keseimbangan energi.
- 4) Untuk menjaga keseimbangan asam dan basa.

## 2. Komponen Organik (Makromolekul)

Makromolekul di dalam sel terdiri dari empat jenis yaitu protein, karbohidrat, lipid, dan asam nukleat.

### a. Karbohidrat

Terdapat tiga golongan karbohidrat yaitu;

- 1) **Monosakarida**, macam monosakarida: glukosa, fruktosa, dan galaktosa
- 2) **Disakarida**, merupakan gabungan dari dua monosakarida. Penggabungan ini terjadi melalui reaksi kondensasi/dehidrasi.
- 3) **Polisakarida**, merupakan gabungan dari banyak monosakarida. Contohnya glikogen, pati/amilum, selulosa (serat), kitin, dan lain-lain.

Karbohidrat mempunyai fungsi antara lain; 1) Sebagai sumber energi, contohnya pada glukosa dan

fruktosa, 2) Sebagai cadangan energi, contohnya pada glikogen. 3) Sebagai sumber kerangka karbon penyusun tubuh, contohnya pada pati, selulosa, dan kitin.

b. Lipid

Lipid atau lemak merupakan molekul yang memiliki sifat *hidrofob* (sukar larut dalam air). Di alam, lemak terdapat dalam bentuk dua macam, yaitu;

- 1) Lemak jenuh: ditemukan pada hewan, memiliki ciri berbentuk padat pada suhu kamar (250 C).
- 2) Lemak takjenuh: Ditemukan pada tumbuhan (disebut juga minyak). Memiliki ciri berbentuk cair pada suhu kamar (250 C).

Ada 3 kelompok lipid, yaitu:

- 1) **Trigliseraldehid**, merupakan lipid yang disusun oleh gabungan satu gliserol dengan tiga asam lemak. Trigliseraldehid disebut juga trigleserida banyak terdapat di dalam tubuh dan sering disebut “lemak”. Fungsi utama trigliseraldehid adalah sebagai senyawa penyimpan energi cadangan. Senyawa ini digunakan ketika tubuh membutuhkan energi. ketika tidak ada asupan dari luar seperti ketika berpuasa, atau aktivitas fisik yang menguras tenaga.
- 2) **Fosfolipid**, merupakan lipid penyusun membran sel, berfungsi sebagai pembatas *innercell* dengan *outer-cell* dan berhubungan langsung dengan transpor sel. Fosfolipid disusun oleh gugus fosfat dan dua asam lemak.
- 3) **Steroid**, merupakan lipid yang disusun oleh rantai hidrokarbon berbentuk cincin berjumlah empat buah. Fungsinya sebagai bahan baku pembentukan hormon seks, vitamin D, komponen membrane sel.

c. Protein

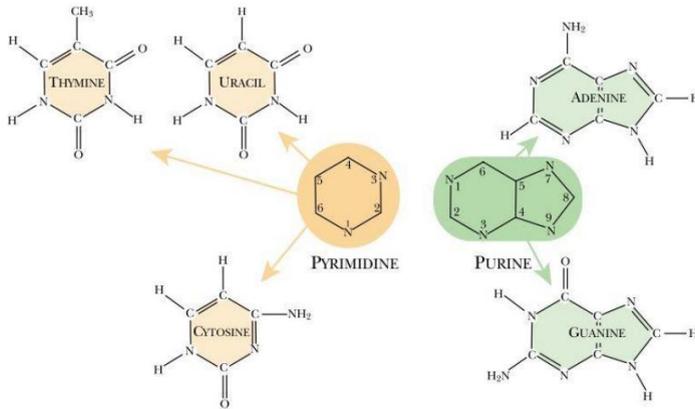
Protein merupakan molekul yang disusun oleh 20 jenis asam amino. Protein memiliki fungsi di antaranya:

- 1) Sebagai penyusun membran sel.
- 2) Sebagai katalis reaksi kimiawi sel/dalam tubuh (oleh enzim).
- 3) Pembentuk struktural sel.

d. Asam Nukleat

Pada organisme yang hidup terdapat dua golongan besar asam nukleat yaitu DNA (*Deoksiribonukleat*) dan RNA (asam ribonukleat). Asam nukleat dapat dipecah menjadi monomer-monomer yang disebut nukleotida. Sebuah nukleotida terdiri dari lima bagian:

- 1) Sebuah gula beratom karbon lima (pentosa).
- 2) Gula tersebut ada dua jenis yaitu ribosa yang mempunyai gugus hidroksil pada atom C nomor 2 dan deoksiribosa yang mempunyai gugus hidrogen pada atom C no. 2.
- 3) Struktur cincin yang mengandung nitrogen yang disebut suatu basa.
- 4) Basa terdiri dari purin (A dan G) dan Pirimidin (T, S, U). basa tersebut terikat pada atom C no. 1.



**Gambar 2. Basa Purin dan Pirimidin**  
*(Coady, 2010 dalam Betty Nurhayati dan Sri Darmawati, 2017)*

- 5) Gugus fosfat, Gugus fosfat adalah satu, dua, atau tiga fosfat yang terikat pada atom

## Latihan 1

1. Jelaskan pengertian sel

Jawab

.....

.....

.....

.....

.....

2. Jelaskan secara singkat sejarah teori perkembangan sel

Jawab

.....

.....

.....

.....

.....

3. Sebutkan tokoh yang berperan dalam sejarah perkembangan sel

Jawab

.....

.....

.....

.....

.....

4. Jelaskan perbedaan manusia dan bakteri ditinjau dari sel

Jawab

.....

.....

.....

.....

.....

# **TEKNIK MEMPELAJARI ILMU SEL**

## **A. Cara Mempelajari Ilmu Sel**

Biologi sel merupakan salah satu cabang ilmu biologi yang mempelajari tentang sel. Dalam hal ini, sel yang diamati bukan hanya bagian morfologi saja melainkan dari aspek biokimianya, genetiknya, hubungan dengan struktur dan fungsi, mekanisme pembentukan berbagai ultrastruktur seluler, hubungan dengan sistem antarsel, mekanisme pengaturan pertumbuhan dan perkembangan, dan lain sebagainya. Komponen yang begitu banyak yang ingin diamati, perlu peralatan dan metode yang canggih dan modern untuk memilikinya dan mempelajarinya, bahkan untuk mengetahui fungsi dari bagian sel tersebut kita harus mengetahui terlebih dahulu mekanisme kerjanya agar fungsinya dapat kita ketahui dan pahami dengan baik.

Untuk mempermudah kita dalam mempelajari tentang sel, kita perlu memahami terlebih dahulu konsep, metode, informasi mengenai ukuran dari organisme yang akan dia-

mati dan mengetahui terlebih dahulu satuan-satuan umum yang digunakan untuk menyatakan ukuran dari sel yang akan diamati tersebut. Setelah kita mengetahuinya dengan baik, maka kita dapat lebih mudah dalam melakukan pengamatan terhadap bagian-bagian sel tersebut.

## **B. Skala Ukuran dalam Sel pada Orgasme**

Perkembangan mengenai pemahaman tentang sel semakin cepat berkembang seiring dengan kemajuan zaman. Perkembangan pada saat ini melebihi indra manusia yang melebihi batasnya. Penemuan dan penelitian ini awal tentang sel semakin berkembang sejak 1590 pada saat penemuan mikroskop elektron pertama kalinya dan peningkatan mutu alat tersebut berkembang pada tahun 1600.

Dalam mempelajari komponen yang terdapat yang di dalam sel, kita harus mengetahui terlebih dahulu objek yang akan digunakan dalam pengamatan selnya diantaranya, yaitu asam amino, protein, virus, bakteri, dan sel. Makhluk hidup yang akan digunakan sebagai objek penelitian harus diketahui terlebih dahulu skala ukuran (satuan) yang akan diamati agar dapat lebih mudah menentukan resolusi alat yang akan digunakan dalam pengamatannya sehingga objek yang diinginkan dapat terlihat dengan dengan jelas.

Skala ukuran yang digunakan pada pembelajaran histologi dan sitologi sebagai satuan umumnya ialah mikrometer atau sering disebut dengan mikron (seperseribu milimeter) dengan notasi (mikrometer) dan milimikron atau nanometer (nm) satu milimikron sama dengan seperribu mikrometer. dalam Standar Internasional (SI), satu nanometer dibagi lagi atas 1000 pikometer (pm), sehingga dalam hubungannya dengan angstrom harus dinyatakan dengan 8 A sama dengan 800 pm. Penggunaan angstromini tidak diperbolehkan lagi dalam ukuran Standar Internasional (SI) Sehingga harus

dihindari penggunaannya.

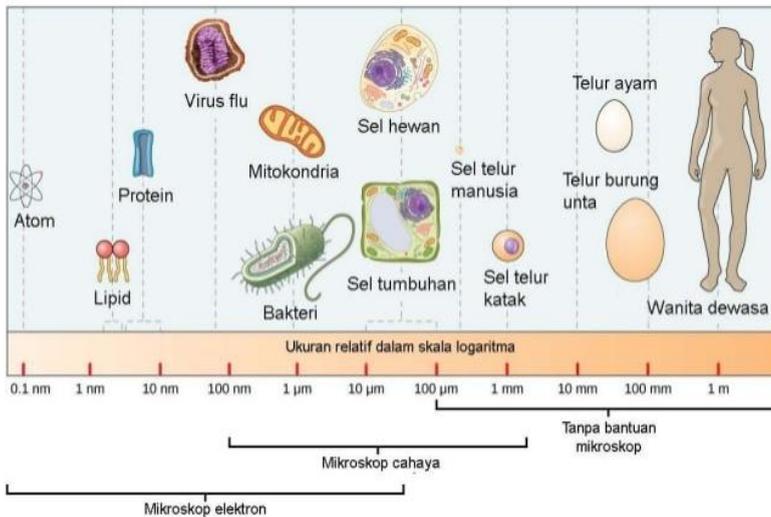
Menjadi perhatian bahwa ukuran yang akan menjadi objek penelitian saat ini adalah mengenai sel, di mana sel berkisara antara 5-50 mikrometer. Walaupun ukuran sel yang menjadi ketetapan, tetapi ukuran sel ini masih banyak yang lebih kecil dari ukuran tersebut ataupun lebih besar dari ukuran dari ukuran tersebut. Secara singkat dapat diketahui pada tingkatan histologi yang menjadi satuan dalam pengukuran sel nya adalah mikrometer, sedangkan untuk penggunaan mikroskop elektron satuan yang digunakan adalah nanometer, dan untuk mempelajari biologi molekul satuan yang digunakan adalah pikometer.

Secara umum, dapat disimpulkan bahwa organisme makhluk hidup yang akan digunakan sebagai objek dalam penelitian diletakkan pada salah satu skala sebagai hasil pengamatan pada tingkatan morfologi, anatomi, histologi sampai sitologi, dan sampai pada mikroskop elektron, dan ultrastrukturnya, dan adapun secara khususnya makromolekul atau atom-atom sebagai hasil pengamatan dengan teknologi yang sangat tinggi. Dengan mengetahui susunan berdasarkan skala ukurannya masing-masing, maka sel sangat mudah untuk dipelajari dan dapat mempermudah dalam melakukan pengamatan melalui mikroskop elektron.

### **Ukuran Sel**

Sel memiliki ukuran yang sangat bervariasi, tergantung pada tipe sel nya itu sendiri. Pada umumnya, sel hanya dapat dilihat dengan menggunakan mikroskop dengan sedikit pengecualian seperti sel telur pada burung unta yang memiliki diameter hingga beberapa cm. Pada umumnya, mata manusia tidak mampu memisahkan dua titik yang dipisahkan kurang dari 0,1 mm atau 100  $\mu$ m. Sementara itu sel memiliki ukuran yang lebih kecil dari 0,1 mm. Komponen-komponen sel ter-

tentu tidak dapat diamati dengan menggunakan mikroskop cahaya. Oleh sebab itu, untuk mengamati komponen-komponen seluler, diperlukan alat bantu berupa mikroskop elektron. Beberapa besaran yang biasa digunakan dalam mempelajari sel ditunjukkan pada gambar 3.



**Gambar 3. Kisaran Ukuran Sel**

(<https://www.slideshare.net/akusalma10/bab-1-sel-71397615>)

## C. Teknik dan Metode dalam Mempelajari Sel

### 1. Pengamatan Sel dengan Mikroskop

Untuk mempermudah kita dalam melihat bagian-bagian sel tersebut, yang kita lakukan adalah dengan mengamati sel tersebut menggunakan alat bantu yang mempunyai resolusi yang cukup besar karena ukuran sel tersebut sangat kecil dan tidak dapat dilihat hanya dengan mata telanjang. Oleh sebab itu, pengamatan sel ini kita lakukan dengan menggunakan mikroskop. Penggunaan mikroskop ini dapat ditentukan sesuai ukuran komponen bagian sel yang akan diamati agar dapat memperbesar bayangan objek yang dilihat.



**Gambar 4. Pengamatan Pada Mikroskop**

*(<https://www.liputan6.com/citizen6/read/3922648/cara-menggunakan-mikroskop-yang-benar-pahami-bagian-dan-fungsinya>)*

## **2. Teknik Mikro (Mikroteknik)**

Teknik mikro ini adalah teknik yang dilakukan untuk mengamati bagian-bagian sel secara detail dan jelas yang dilakukan dalam bentuk sediaan atau preparat mikroskopik terlebih dahulu. Penggunaan teknik ini dilakukan melalui jaringan yang disayat tipis dengan alat bantu yang bernama mikrotom, kemudian diletakkan pada gelas objek, diwarnai, ditutup dengan gelas penutup, dan akhirnya direkat sehingga menjadi awet dan dapat disimpan dalam jangka waktu yang cukup lama dan juga dapat dilakukan pengamatannya secara berulang-ulang dengan mikroskop tanpa merusak komposisi dari sel atau jaringan tersebut.

### **3. Teknik Sitokimia**

Teknik ini dilakukan dengan pemberian berbagai enzim pada jaringan yang kemudian fungsi dari suatu organel dapat terlihat seperti butiran warna tertentu ketika dilihat dengan mikroskop cahaya atau mikroskop elektron. Dengan menggunakan teknik sitokimia ini, susunan kimia sel dapat ditentukan dengan mudah melalui reaksi kimia yang menghasilkan senyawa taklarut dan berwarna khas.

### **4. Sentrifugasi**

Sentrifugasi adalah suatu metode yang digunakan dalam mencapai suatu sedimentasi di mana partikel-partikel yang ada di dalam suatu bahan dipisahkan oleh gaya sentrifugasi dari fluida yang dikenakan pada partikel. Metode sentrifugasi ini merupakan proses pengendapan suatu bahan yang lebih cepat dan optimum dibandingkan dengan teknik biasa. Dengan adanya perbedaan kecepatan dan lamanya pemisahan yang sesuai dengan berat jenis dan besar butirannya dapatlah dipisahkan bagian-bagian sel pada berbagai tahap endapan yang diinginkan.

### **5. Difraksi Sinar X**

Metode ini dilakukan dengan cara penyiaran sel dengan Sinar X. Metode ini sering dilakukan dalam biologi molekuler yang khusus mendalami susunan kimia sel sampai tingkat susunan molekul zat-zat yang terdapat di dalam sel. Polimer dapat mengandung daerah kristalin yang secara acak bercampur dengan daerah amorf. Difraktogram sinar-X polimer kristalin menghasilkan puncak-puncak yang tajam, sedangkan polimer amorf cenderung menghasilkan puncak yang melebar.

## **D. Peralatan yang Digunakan dalam Mempelajari Sel**

### **1. Mikroskop**

Mikroskop pertama kali ditemukan pada abad ke-19. Penemuan mikroskop ini pertama kali oleh seseorang ahli biologi dalam pengamatan pada sel. Jenis mikroskop terbagi atas dua, yaitu mikroskop cahaya dan mikroskop elektron. Mikroskop cahaya terdapat beberapa jenis di antaranya, yaitu mikroskop biasa, mikroskop fluoresensi, mikroskop fasekontras, dan mikroskop polarisasi.

#### **a. Mikroskop Cahaya**

Mikroskop ini merupakan suatu alat yang sangat penting dalam pengamatan benda-benda kecil yang tidak dapat dilihat dengan mata telanjang. Mikroskop ini di dalam sel sangat berperan dalam pengamatan dasar sel, baik sel yang hidup maupun sel yang difiksasi atau diwarnai. Mikroskop cahaya ini memiliki kekurangan dalam hal keterbatasan perbesaran yang dapat dilihat sehingga bagian sel yang diamati tidak dapat terlihat secara spesifik bagian organellanya. Perbesarannya hanya berkisar antara 100 sampai 1000 kali dengan kekuatan resolusinya lebih kurang  $0,02 \mu\text{m}$  dengan panjang gelombang cahaya yang digunakan, umumnya berkisar antara  $0,4-0,7 \mu\text{m}$ .

Oleh sebab itu, mikroskop cahaya ini hanya dapat mengamati bagian-bagian kasar saja dari sel yang akan diamati, sedangkan bagian yang sangat kecil atau halus membutuhkan mikroskop yang lebih besar lagi resolusinya seperti mikroskop elektron sehingga pengamatan yang dilakukan oleh ahli biologi seperti Robert Hooke (1665) dalam pengamatannya pada dinding sel mengalami keterbatasan karena tidak dapat mengetahui materi yang ada dalam sel tersebut dengan jelas. Keterbatasan lensa yang digunakan membuat pengamatan-

nya terbatas hanya bagian kasarnya saja yang kemudian dibantu oleh van Leeuwenhoek dengan mikroskop sederhananya membuat pengamatannya dapat terjadi dengan baik meskipun masih ada kendala yang harus dihadapi lagi sehingga penelitian ini terus berkembang hingga ditemukanlah mikroskop elektron pada tahun 1950-an.

### **b. Mikroskop Fase Kontras**

Mikroskop fase kontras ini merupakan salah satu mikroskop yang memiliki sistem optik yang dapat membiaskan cahaya dengan cara yang berbeda-beda. Pembiasan yang berbeda-beda ini hanya dapat terjadi jika bagian sel yang takdiwarnai tersebut terlihat dengan jelas ketika cahaya dating ke objek pengamatan. Mikroskop ini hanya bias digunakan pada pengamatan sel hidup atau sel hasil pertanaman.

### **c. Mikroskop Fluoresensi**

Mikroskop fluoresensi merupakan mikroskop yang berfungsi dalam pengamatan pada bagian-bagian tertentu dari suatu sel baik itu sel hidup maupun sel yang sudah mati dan juga penamatan pada sel yang mengandung kromosom Y (penentuan jenis kelamin pria) atau tidak. Teknik pembinaran ini sering digunakan dalam pengamatan pada sel kanker karena sel ini kadar DNA-nya tinggi sekali sehingga warna berbinar inti sel sangat mencolok jika dibandingkan dengan sel normal.

#### **1) Mikroskop Polarisasi**

Mikroskop ini digunakan pada pengamatan sel tulang, dinding sel tumbuhan, serat kolagen, otot, sel, saraf, silia, flagella, butiran tepung, dan lemak yang dikandung sel. Mikroskop ini memiliki prisma Nichol dari

kalsit atau balem yang dapat membuat cahaya masuk dan mengalami polarisasi.

2) Mikroskop Elektron Transmisi (TEM)

Mikroskop ini berfungsi dalam pengamatan pada struktur halus sel dan komponen-komponennya. Mikroskop ini lebih banyak memberikan bayangan dua dimensi di mana pada bagian objek yang tebal lebih banyak mengabsorpsi elektron dari bagian yang tipis sehingga perbedaannya pada bayangan benda dapat dibuat pada layar atau film dengan batas resolusi TEM-nya adalah 2 nm sehingga objek pengamatan lebih kecil dari 2 nm tidak dapat lagi diamati karena keterbatasan lensa yang terbatas dalam memfokuskan elektronnya terhadap sampel.

3) Mikroskop Elektron Scanning (SEM)

Mikroskop ini merupakan bayangan tiga dimensi yang berfungsi dalam mempelajari permukaan sel yang menyeliputi suatu rongga atau saluran atau sel yang lepas bebas, seperti mikrovili, silia, flagela, spermatozoa, dan organisme unisel.

## **2. Peralatan pada Teknik Mikro (Mikroteknik)**

Mikroteknik ialah suatu teknik pengamatan yang dilakukan pada sel yang lebih halus dengan menggunakan sediaan preparat dengan cara pengawetan agar lebih tahan lama penggunaannya. Peralatan mikroteknik ini di antaranya ialah oven dan inkubator, lemari es, pisau mikrotom, kriostat, dan berbagai jenis reagen. Oven dan inkubator merupakan alat pemanas yang memiliki suhu yang cukup tinggi sehingga dapat mencairkan parafin serta menyeliputi jaringan dengan parafin agar mudah diiris pada mikrotom. Lemari es berfungsi dalam penyimpanan jaringan agar tidak mudah rusak oleh autolisis atau dimakan

bakteri.

Pisau mikrotom berfungsi sebagai alat untuk mengiris jaringan atau alat tubuh hingga ukuran yang sangat tipis. Pengirisan jaringan yang sangat tipis digunakan agar mudah dan terlihat terang dalam pengamatan di bawah mikroskop. Mikrotom ini juga berfungsi dalam melihat ultrastruktur sel di bawah mikroskop elektron yang disebut ultramikrotom atau ultratom dengan kemampuan mengiris setipis 0,005-0,1  $\mu\text{m}$ . Kriostat berfungsi dalam menganalisis susunan kimia sel dan jaringan yang dikenal dengan nama sitokimia. Kriostat ini merupakan gabungan alat antara mikrotom dalam lemari es dengan pengaturan suhu sekitar  $-30^{\circ}\text{C}$  sampai  $-5^{\circ}\text{C}$ . Reagen merupakan bahan kimia yang berfungsi dalam pengawetan, perekatan, dan pewarnaan sel atau jaringan secara mikroteknik.

## E. Biokimia pada Sel

Biokimia pertama kali dikemukakan oleh seorang ahli kimia yang berasal dari Jerman yang bernama Karl Neuberg (1903). Sekitar pertengahan abad XVIII seorang ahli kimia swedia yang bernama Karl Wilhelm Scheele telah melakukan penelitian mengenai susunan kimia jaringan pada tumbuhan dan hewan. Mereka juga telah melakukan isolasi asam oksalat, asam laktat, asam sitrat serta beberapa ester dan kasein dari bahan alam. Istilah Biokimia ini berasal dari kata Yunani *bios* "kehidupan" dan *chemios* "kimia". Jadi, Biokimia diartikan sebagai salah satu ilmu yang mempelajari tentang interaksi molekul kimia dalam sel hidup.

Makhluk hidup memiliki komposisi kimia yang berbeda dengan benda mati karena tidak semua unsur yang terdapat di alam (lingkungan) merupakan unsur penting yang hanya ada bagi makhluk hidup, tetapi benda mati juga berperan penting di dalamnya juga. Penyusun dasar molekul makhluk

hidup adalah unsur-unsur sederhana yang terdiri unsur utama: C, H, O, dan N yang ada sekitar 99,4%. Sisanya merupakan mineral dalam bentuk kation dan anion. Kation makhluk hidup adalah Na, K, Ca, Mg, Fe, dan Fe merupakan kation utama. Kation lain adalah Zn, Cu. Dalam bentuk anion dipengaruhi oleh faktor makanan, penyakit, umur dll seperti Cl, HCO<sub>3</sub>, H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>, PO<sub>4</sub>, SO<sub>4</sub>. Komponen terbesar makhluk hidup ditempati oleh air selebihnya merupakan senyawa organik dan anorganik. Senyawa organik merupakan kombinasi dari atom-atom sederhana seperti gugus fungsi tertentu : metil (-CH<sub>3</sub>), hidroksil (-OH), karboksil (-COOH), amino (-NH<sub>2</sub>) dll serta dengan perantaraan ikatan kimia seperti ester, fosfomonoester, dan lain-lain.

Senyawa-senyawa makromolekul yang ada pada makhluk hidup yang terdiri dari karbohidrat, protein, lipida, dan asam nukleat ini dijumpai dalam bentuk terstruktur seperti fosfolipid, protein, glikolipid dan lain-lain, serta dalam bentuk tidak berstruktur sebagai cadangan makanan, dan senyawa yang ada dalam metabolisme. Molekul-molekul ini terus-menerus bercampur, bereaksi dan berinteraksi satu sama lainnya melalui reaksi-reaksi kimia.

Hampir semua molekul pembangun makhluk hidup selalu dalam keadaan turnover sebagaimana ciri makhluk hidup yang dapat tumbuh dan berkembang biak karena aktivitas kimia. Tujuan pembelajaran biokimia sel ini adalah menguraikan dan menjelaskan semua proses reaksi kimia dalam bentuk molekul pada sel makhluk hidup. Berikut komposisi kimia molekul dalam sel makhluk hidup.

| Biomolekul                     | Persen(%) Berat Total | Dugaan Jumlah Jenis Molekul |
|--------------------------------|-----------------------|-----------------------------|
| Protein                        | 15                    | 3000                        |
| Asam Nukleat                   |                       |                             |
| DNA                            | 1                     | 1                           |
| RNA                            | 6                     | >3000                       |
| Karbohidrat                    | 3                     | 5                           |
| Lipid                          | 2                     | 20                          |
| Molekul penyusun dan perantara | 2                     | 500                         |

**Tabel 1. Komposisi Kimia Molekul Dalam sel Mahluk Hidup**  
*(Rahmadina dan Husnarika Febriani, 2017)*

## Latihan 2

1. Jelaskan objek yang akan digunakan dalam pengamatan sel!

Jawab

.....

.....

.....

.....

.....

2. Sebutkan alat yang digunakan untuk mengamati komponen-komponen seluler!

Jawab

.....

.....

.....

.....

.....

3. Sebutkan senyawa makromolekul yang ada pada makhluk hidup!

Jawab

.....

.....

.....

.....

.....

4. Sebutkan satuan yang digunakan dalam mikroskop elektron!

Jawab

.....

.....

.....

.....

.....

# ORGANISASI SEL

## A. Organisasi Sel pada Makhluk Hidup

Penemuan sel yang terjadi pada abad kesembilan belas, mendeskripsikan sel yang memiliki membran pembatas pada bagian luarnya, nukleus pada bagian dalam, dan suatu cairan plasma atau sitoplasma yang mengelilingi bagian nukleus. Penelitian yang makin berkembang setiap tahunnya, membuat peneliti dapat mengetahui struktur bagian dalam dari sel tersebut. Penelitian ini dilakukan dengan berbagai metode dan teknik tertentu agar lebih mudah mengamati hal terkecil dari sel tersebut.

Dengan ditemukannya bagian terdalam dan terhalus dari sel tersebut dan telah berhasil mempelajari berbagai struktur subseluler dari sel tersebut, jelaslah bahwa fungsi-fungsi sel dilakukan oleh struktur terspesialisasi yang dapat dibandingkan dengan organ-organ tubuh kita, oleh sebab itu, struktur tersebut dikenal dengan nama organel. Organel-organel tersebut merupakan bagian dari sel yang terpisah-pisah dan memiliki fungsinya masing-masing dengan bentuk seperti suatu ruangan yang ada di dalam rumah, dan memungkinkan terjadinya spesialisasi dalam berbagai bentuk dan fungsi.

Secara umum, organel itu berkembang sebagai suatu sistem yang dapat dipandang sebagai kompartmen dengan bentuk yang berbeda-beda sesuai dengan letak dan fungsinya masing-masing. Bentuk yang memiliki hubungan yang dekat antara struktur dengan fungsinya memiliki sifat yang universal dalam biologi dan dapat diamati pada setiap tingkatan sel, organisme multiseluler, bahkan ekosistem. Pengetahuan tentang organisasi sel ini akan menjadi modal yang sangat berharga agar dapat memahami fungsi-fungsi khusus dari setiap bagian (*organella*) sel selanjutnya. Sel ini secara perlahan-lahan berubah baik secara struktural maupun fungsional agar dapat menyesuaikan diri dengan lingkungannya agar dapat melangsungkan hidupnya dengan baik.

Secara umum, sel terbagi menjadi dua tipe penting yang berdasarkan struktur, yaitu sel prokariotik dan sel eukariotik. Sel-sel pada dua kelompok mikroorganisme yang disebut bakteri dan arkea adalah termasuk ke dalam kelompok sel prokariotik. Sedangkan bentuk lain kehidupan termasuk tumbuhan dan hewan, tersusun atas sel eukariot.

### **1. Sel Prokariotik**

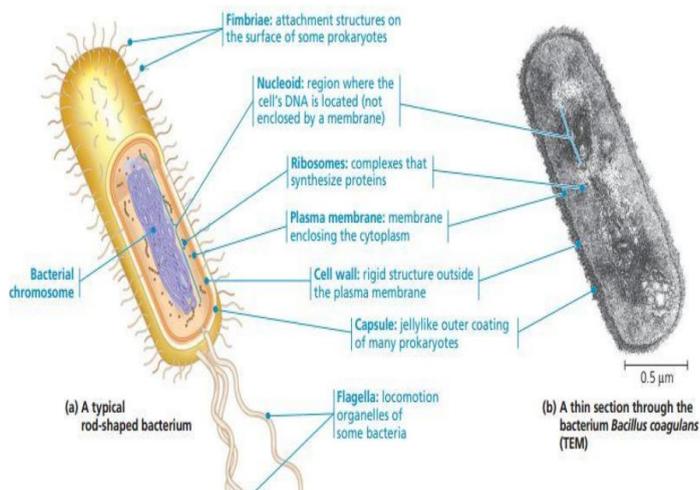
Sel prokariotik merupakan bentuk kehidupan yang terkecil dan memiliki metabolisme paling bervariasi. Kata prokariotik sendiri berarti “sebelum nukleus”, yaitu suatu organisme bersel satu tanpa adanya nukleus. Hal ini berarti bahwa sel prokariotik ini terlebih dahulu ada dibandingkan sel eukariotik. Sel prokariotik memiliki tiga komponen dasar, diantaranya ialah: plasmalemma, ribosom, dan nukleoid. Beberapa sel prokariotik tidak memiliki kapsul yang menyelubungi dinding sel, kecuali prokariot yang dapat berfotosintesis. Sel prokariot juga dapat mengabsorpsi bahan organik untuk pertumbuhannya.

Sel prokariotik merupakan sel dengan struktur sederhana yang meliputi membran plasma, tidak memiliki

inti sel, dan hanya memiliki organel sel yang relatif sederhana. Prokariotik sangat beragam dengan tingkat adaptasi yang bervariasi. Sel ini mempunyai materi genetik berupa DNA yang tidak terbungkus oleh membran, tetapi hanya merupakan massa yang kekentalannya lebih tinggi dibandingkan dengan kekentalan sitoplasma di sekitarnya sehingga disebut sebagai nukleoid. Sel prokariotik tidak mempunyai organel sehingga struktur sel ini masih sangat sederhana. Aktivitas sel berlangsung di dalam membran sel dan di dalam sitoplasma. Sebagai contoh sel prokariotik adalah bakteri yang umumnya merupakan organisme uniseluler dan ciri-cirinya:

- a. Terdapat dinding sel yang bahan dasarnya kombinasi antara protein dan karbohidrat, selain itu juga dijumpai adanya lemak. Sifat dari dinding sel ini rigid (kaku) yang berada di luar membran sel, fungsinya selain melindungi isi sel juga memberikan bentuk pada sel bakteri.
- b. Membran sel, berada di bagian dalam dari dinding sel tetapi di luar dari sitoplasma, fungsinya memisahkan bagian dalam dan bagian luar dari sel.
- c. DNA bentuknya sirkuler, superkoil, terdapat di dalam sitoplasma tanpa adanya membran yang membungkus.
- d. Tidak dijumpai adanya nukleus, tetapi nukleoid.
- e. Tidak dijumpai retikulum endoplasma baik kasar maupun halus, tetapi dijumpai ribosom yang merupakan partikel kecil yang tersusun dari protein dan RNA. Sel bakteri adalah uniseluler tetapi mempunyai banyak ribosom sampai 10.000 kopi ribosom. Fungsi ribosom sebagai tempat sintesis protein (translasi).
- f. Tidak dijumpai mitokondria maupun badan golgi.
- g. Memiliki pilli/fimbriae yang tersusun dari protein pillin, fungsinya untuk melekat pada sel host sebagai awal terjadinya infeksi.

- h. Memiliki flagella, tersusun dari protein flagellin, fungsinya untuk bergerak.



**Gambar 5. Struktur Ultra Sel Bakteri**  
(Wilbur et al. 2005 dalam Betty Nurhayati dan Sri Darmawati, 2017)

## 2. Sel Eukariotik

Sel eukariot adalah sel yang memiliki inti atau nukleus (karion) yang dikelilingi oleh membran. Sehingga sel eukariotik memiliki dua membran, yaitu membran sitoplasma dan membran inti (membran nukleus). Sel eukariotik ini memulai kehidupannya dengan sebuah nukleus yang dikelilingi oleh berbagai macam organel yang memiliki struktur dan fungsi tertentu dan terbungkus dalam sebuah membran sehingga bentuknya kokoh dan tersusun dengan teratur. Sel eukariotik ini merupakan salah satu hasil evolusi secara fisik dan biologis yang terjadi berjuta tahun yang lalu, di mana sel ini terbentuk dari sekelompok organisme anaerobic dan organisme aerobic yang berhubungan secara simbiosis sehingga sel ini dapat hidup bersama

dan saling ketergantungan satu dengan yang lainnya sehingga terbentuklah sel eukariotik.

Di dalam sel eukariotik terdapat banyak organella yang mempunyai fungsi yang berbeda-beda. Macam-macam organella tersebut rata-rata diameternya adalah 5 $\mu$ m. Adapun macam organella tersebut adalah:

- a. **Nukleus**, sering disebut inti sel mengandung kromosom. Di dalam kromosom terdapat DNA, dan pada DNA terangkai banyak gen yang berfungsi dalam membawa sifat keturunan dari orang tua ke keturunannya. Inti sel dibungkus oleh suatu membran, membran lipid bilayer, sehingga terpisah dari sitoplasma. Di dalam inti sel terdapat suatu massa yang bergranula, yang disebut sebagai anak inti atau nukleolus. Di dalam nukleolus terjadi sintesis rRNA, yang kemudian di kemas dengan protein yang diimport dari sitoplasma menjadi subunit ribosom yang besar maupun kecil. Subunit ribosom besar maupun kecil selanjutnya dibawa keluar dari nukleus melalui pori-pori membran inti menuju ke sitoplasma. Sub unit ribosom kecil dan sub unit ribosom besar kemudian diasembling menjadi ribosom. Setiap nukleus dapat memiliki dua atau lebih nukleolus, tergantung spesiesnya. Di dalam inti sel juga terjadi transkripsi, yang menghasilkan mRNA, yang selanjutnya mRNA tersebut ditransfer ke luar inti sel melalui pori-pori membran inti, menuju ke ribosom.
- b. **Ribosom**, adalah tempat sintesis protein tepatnya adalah translasi. Translasi adalah proses sintesi protein dengan mRNA sebagai cetakannya. Ribosom merupakan kompleks antara rRNA dengan protein. Sel-sel yang memiliki kecepatan sintesis protein tinggi memiliki banyak ribosom, bahkan sampai beberapa juta ribosom. Terdapat dua macam ribosom, yaitu ribosom yang teri-

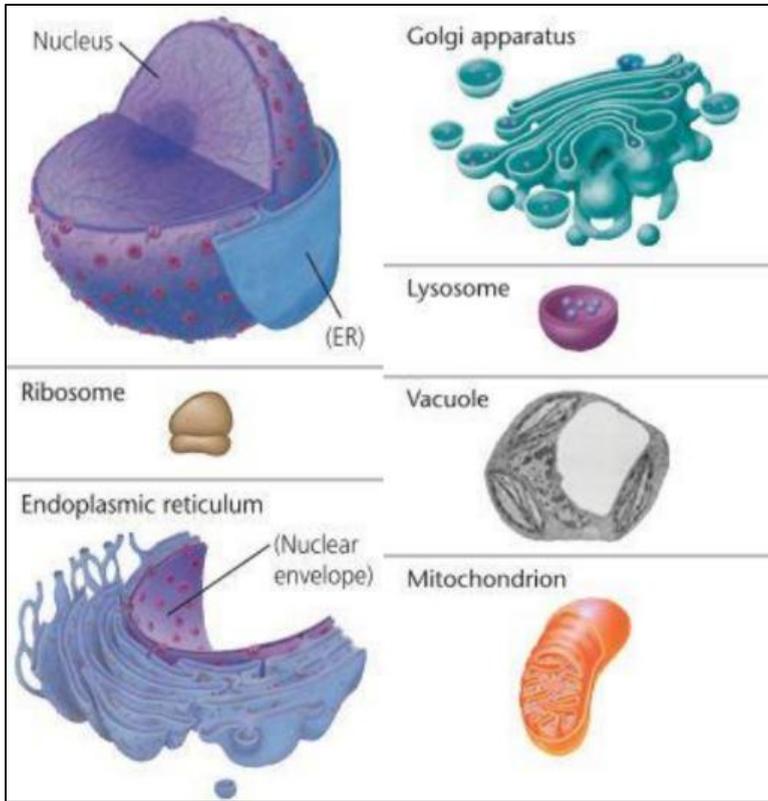
kat pada membran RE kasar, dan ribosom yang bebas berada di dalam sitoplasma. Kedua macam ribosom memiliki struktur yang mirip. Ribosom bebas sebagai tempat untuk sintesis protein yang difungsikan di dalam sitosol, sedangkan protein yang disintesis pada ribosom terikat digunakan pada membran itu sendiri atau di ekskresikan ke luar sel. Contoh protein yang diproduksi pada ribosom bebas adalah enzim yang berfungsi dalam mengkatalisa penguraian. Sedangkan protein yang diproduksi ribosom terikat contohnya enzim yang diproduksi oleh pankreas yang disekresikan ke usus halus untuk proses pencernaan protein.

c. **Retikulum Endoplasmik (RE)**, adalah organella yang mempunyai hubungan dengan beberapa sistem endomembran. Sistem endomembran yang dimaksud adalah membran inti, RE, badan golgi, lysosom, vesikel, vakuola dan membran plasma, di mana sistem endomembran ini banyak bekerja dalam sintesis protein (tempat sintesis protein, penyempurnaan hasil sintesis protein, penyimpanan hasil sintesis protein, maupun ekspor protein ke luar sel). Membran RE dalam bentuk lamella yang merupakan kelanjutan dari membran inti. Terdapat dua macam RE, yaitu;

- 1) RE kasar, karena dipermukaan membrannya melekat ribosom yang fungsinya untuk sintesi protein. RE kasar pada sel pankreas mensintesis protein yang berfungsi sebagai hormon insulin, yang kemudian disekresikan pada aliran darah. Hormon insulin tersebut dalam bentuk *glycoprotein*;
- 2) RE halus, karena di permukaan membrannya tidak ada melekat ribosom. Adapun fungsi dari RE halus adalah: sintesis lipid, metabolisme karbohidrat, detoksifikasi obat dan racun, dan menyimpan ion

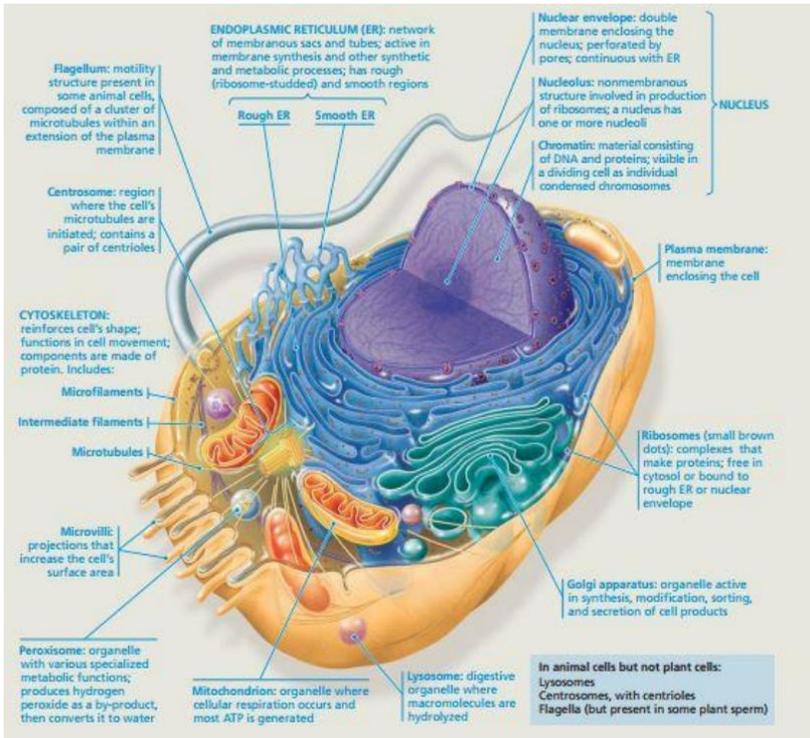
kalsium.

- d. **Mitokondria**, memiliki dua membran yaitu membran luar dan membran dalam yang membentuk lekukan-lekukan ke arah dalam yang disebut sebagai *cristae*. Mitokondria merupakan tempat terjadinya respirasi sel, menghasilkan energi dalam bentuk ATP yaitu molekul berenergi tinggi. Mitokondria banyak mengandung enzim-enzim yang berfungsi dalam siklus Krebs. Ada sel yang hanya memiliki satu mitokondria besar, tetapi ada yang memiliki banyak mitokondria. Sel yang aktivitasnya tinggi memiliki mitokondria lebih banyak apabila dibandingkan dengan sel yang aktivitasnya kurang.
- e. **Badan Golgi**, pertama kali ditemukan oleh ahli biologi dan fisika dari Italia yang bernama *Camello Golgy*. Fungsinya penyempurnaan hasil sintesis protein pada ribosom, penyempurnaan yang terjadi adalah folding (melipat-lipat), karboksilasi, metilase.
- f. **Lysosom**, berasal dari bahasa Yunani yang artinya badan pemecah, bentuknya seperti vesikel, bulat seperti bola, merupakan kantong. Dihasilkan oleh RE kasar dan badan Golgy, badan Golgy membentuk tunas yang kemudian dilepaskan tunas tersebut, tunas tersebut adalah lysosom. Di dalam lysosom berisi enzim-enzim hidrolitik yang fungsinya mencernak bahan makanan yang masuk ke dalam sel atau makromolekul, selain itu lysosom juga menghancurkan organella yang rusak.
- g. **Vakuola**, bentuknya seperti lysosom, merupakan kantong, ukurannya bervariasi, tergantung fungsinya.



**Gambar 6. Macam-macam Organella yang dimiliki Sel Hewan**

*(Wilbur et al. 2005 dalam Betty Nurhayati dan Sri Darmawati, 2017)*



**Gambar 7. Struktur Ultra Sel Eukaryot beserta Macam-macam Organellanya**

(Wilbur et al. 2005 dalam Betty Nurhayati dan Sry Darmawati, 2017)

### 3. Perbedaan Sel Prakariotik dan Sel Eukariotik

Sel eukariotik berbeda dari prokariotik, terutama dengan dimilikinya nukleus yang terbungkus dengan membran nukleus dan organel-organel sel. seluruh daerah antara nukleus dan membran sel disebut sitoplasma, yang terdiri dari medium semi cair yang disebut sitosol. Organel-organel sel terletak dalam sitosol yang memiliki bentuk dan fungsi khusus untuk menunjang metabolisme sel.

Sel prokariotik dan sel eukariotik meskipun memiliki jenis yang berbeda satu dengan yang lainnya sel ini juga masih memiliki keterkaitan dan saling membutuhkan. Sel

prokariotik ini lebih dahulu berkembang baru kemudian sel eukariotik yang berkembang. Kedua sel ini memiliki perbedaan yang utama di antaranya adalah lokasi DNA-nya, seperti yang terdapat dalam kedua jenis sel tersebut. Dalam sel eukariotik sebagian besar DNA berada dalam organel yang disebut nukleus yang dibatasi oleh membran ganda. Sedangkan pada sel prokariotik DNA-nya terkonsentrasi pada wilayah yang tidak memiliki membran yang disebut nukleoid. Interior yang terdapat pada sel prokariot disebut sitoplasma, sedangkan pada sel eukariot sitoplasma ini juga merupakan bagian interior yang terdapat di antara nukleus dengan membran plasma.

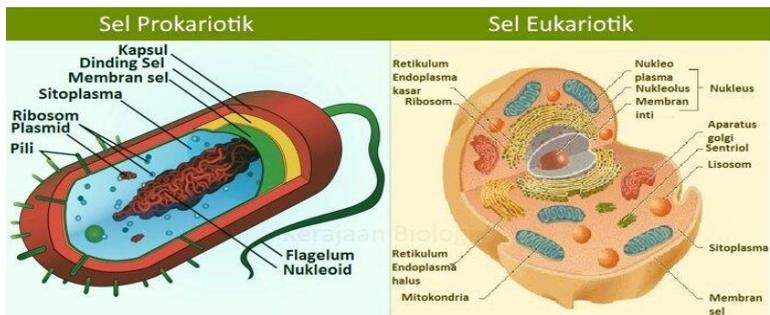
Di dalam sel eukariotik, sitoplasma ini keberadaannya memiliki berbagai macam organel dengan bentuk dan fungsinya secara terspesialisasi, yang tersuspensi dalam sitosol sedangkan pada sel prokariot tidak memiliki hal tersebut sehingga ada atau tidaknya nukleus sejati pada kedua sel tersebut merupakan salah satu perbedaan dari kompleksitas struktural antara kedua sel. Sel eukariotik umumnya memiliki ukuran yang lebih besar daripada sel prokariotik, hal ini dikarenakan sel eukariotik memiliki organel sel yang lebih banyak dan lebih besar dari pada sel prokariotik. Kebutuhan-kebutuhan yang terkait dengan metabolisme juga menetapkan batas atas teoritis terhadap ukuran yang praktis untuk sel tunggal. Perbatasan ini berfungsi sebagai perintang selektif yang memungkinkan lalu lintas oksigen, nutrisi, dan zat buangan yang cukup untuk melayani keseluruhan sel. Kebutuhan terhadap luas permukaan yang cukup besar dapat mengakomodasi volume dalam membantu menjelaskan ukuran sel baik secara mikroskopis maupun makroskopis. Organisme yang lebih besar umumnya tidak memiliki sel yang lebih besar daripada organisme yang lebih kecil melainkan hanya memiliki

lebih banyak selnya saja. Berikut merupakan perbedaan antara sel eukariotik dengan sel prokariotik secara spesifik.

| Perbedaan          | Prokariot   | Eukariot  |
|--------------------|---|---|
| Contoh organisme   | Bakteri dan ganggang hijau bir                                | Protista, fungi, tumbuhan dan hewan                                     |
| Ukuran sel         | Umumnya 1 – 10 $\mu\text{m}$                                  | Umumnya 5 – 100 $\mu\text{m}$   |
| Metabolisme        | Anaerob dan aerob   | Aerob   |
| Organel            | Sedikit atau tidak ada  | Nukleus, mitokondria, kloroplas, RE dll.                                |
| DNA                | Sirkular, dalam sitoplasma                                    | Sangat panjang, terdapat dalam inti                                     |
| RNA dan protein    | Disintesis pada beberapa kompartemen                          | Sintesis RNA terjadi dalam nukleus, protein disintesis dalam sitoplasma |
| Sitoplasma         | Tidak ada sitoskeleton  | Sitoskeleton tersusun atas filament protein                             |
| Pembelahan sel     | Kromosom memisahkan diri oleh adanya pemisahan membran plasma | Kromosom memisah melalui gelendong pembelahan.                          |
| Organisasi seluler | Umumnya uniseluler  | Umumnya multiseluler  |

**Tabel 2. Perbedaan Sel Prokariotik dan Sel Eukariotik**

*(Rahmadina dan Husnarika Febriani, 2017)*



**Gambar 8. Perbedaan Struktur Sel Prokariotik dengan Sel Eukariotik**

*(<https://www.kerajaanbiologi.com/perbandingan-sel-prokariotik-dengan-eukariotik/>)*

## **B. Sel Hewan dan Sel Tumbuhan**

### **1. Sel Hewan**

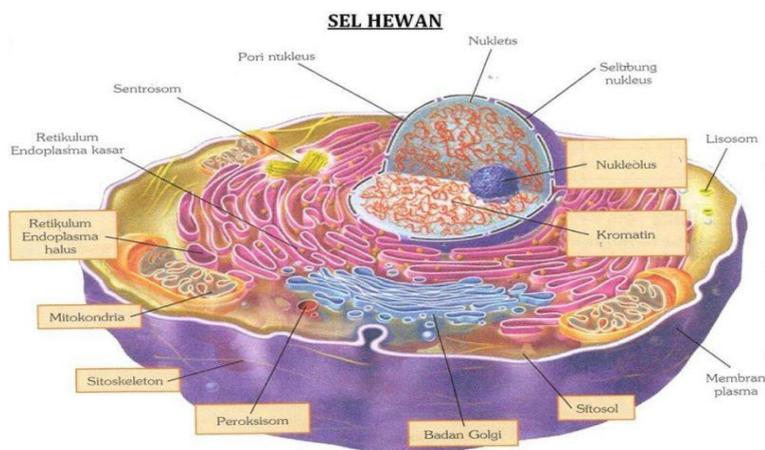
Sel eukariotik yang terdapat pada sel hewan merupakan sel yang tidak memiliki dinding sel serta kloroplas. Sel hewan tidak sama dengan sel tumbuhan, di mana pada sel tumbuhan memiliki dinding sel yang dapat menjaga integritas serta menjaga bentuk sel tumbuhan tersebut sedangkan pada sel hewan tidak memiliki dinding sel. Oleh karena itu, sel hewan memiliki variasi dalam bentuk bahkan dapat bersifat elastis contohnya pada sel penyusun kulit manusia. Sesuai dengan namanya, sel hewan merupakan sel yang menyusun jaringan-jaringan pada tubuh hewan atau sel sebagai organisme seluler seperti pada protozoa. Penggambaran yang terdapat pada sel hewan ini secara umum menampilkan struktur-struktur hewan yang paling mudah ditemukan. Organel yang sangat berperan dalam sel ini adalah nukleus, sedangkan aktivitas metabolisme yang paling banyak dilakukan yaitu pada sitoplasma.

Berdasarkan struktur yang terdapat pada sel hewan, ada beberapa organel yang peranannya sangat berbeda dengan sel tumbuhan, perbedaan ini berdasarkan fungsinya masing-masing. Terjadinya perbedaan yang fundamental pada sel hewan seperti dinding sel dan kloroplas karena organel ini hanya ada pada sel tumbuhan. Ada beberapa hal yang menjadi perbedaan antara sel hewan dan sel tumbuhan lainnya, hal ini sekaligus menjadi ciri khas dari sel hewan tersebut. Bagian dari sel hewan ini terdiri dari vesikel, mitokondria, sentriol, nukleus, nukleolus, kromatin, ribosom, retikulum endoplasma, mikrotubulus, membran plasma, vacuola, sitosol, selaput inti, badan golgi, dan lisosom.

Sel hewan tidak memiliki dinding sel, tidak memiliki plastida, dan bentuk yang tidak tetap seperti sel tumbuhan. Vakuola pada sel hewan bentuknya kecil bahkan ada yang tidak ada. Hewan-hewan uniselular ini biasanya memiliki vakuola. Ada dua tipe vakuola sebagai berikut:

- a. **Vakuola kontraktil** berperan dalam menjaga tekanan osmotik sitoplasma (osmoregulator).
- b. **Vakuola nonkontraktil** atau vakuola makanan berfungsi untuk mencerna makanan

Adapun bentuk, ukuran, dan komposisi dari sel hewan ini sangat bervariasi antara satu dengan yang lainnya. Di mana pada struktur bagian luar dari sel tersebut dibatasi oleh suatu selaput tipis yang dinamakan membran plasma atau plasmalemma. Membran plasma ini membentuk lipatan-lipatan yang disebut mikrovilli, dimana mikrovilli ini berfungsi sebagai daerah yang dapat memperluas permukaan sel. Membran ini antara satu dengan yang lainnya saling berhubungan melalui suatu desmosom atau melalui suatu sistem perlekatan khusus lainnya yang saling berkaitan dengan sel. di daerah cairan sitoplasma terdapat beberapa organella yang berfungsi sebagai alat dalam kelengkapan sel yang saling bekerjasama satu dengan yang lainnya, diantaranya seperti retikulum endoplasma, ribosom, mitokondria, kompleks golgi, vakuola, dan lain-lain.



**Gambar 9. Sel Hewan**  
 (<https://sijai.com/sel-hewan/>)

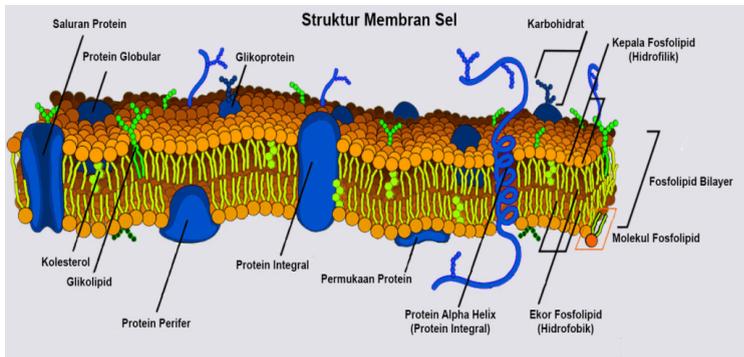
### a. Membran Plasma

Membran plasma atau membran sel atau sering disebut juga dengan nama plasmalemma merupakan suatu sistem membran yang merupakan lapisan terluar yang membatasi isi sel dari lingkungannya. Membran ini terdapat pada sel hewan dan sel tumbuhan yang sangat tipis, hidup, dan bersifat semipermeabel. Rangka membran sel merupakan lapisan lipid bilayer, dua lapisan fosfolipid dengan ekor membentuk susunan sandwich di antara kepala. Membran plasma ini memiliki bagian yang tersusun dari lemak (lipid) dan protein (lipoprotein).

Membran plasma merupakan bagian terluar dari sel yang membungkus semua organel sel lainnya. Membran plasma ini berfungsi dalam mengatur pertukaran zat antara sitoplasma dengan larutan di luar sel, menyelenggarakan pertahanan mekanisme dan untuk memberi bentuk pada sel. Membran ini juga berfungsi sebagai penyelenggara komunikasi antar sel dan juga sebagai

organel yang dapat mengontrol masuknya nutrisi dan mineral kedalam sel.

Berdasarkan pemeriksaan secara teliti, ditemukan bahwa membran tersebut memiliki tiga lapisan di dalam sel yaitu dua garis gelap dan dipisahkan oleh ruang yang jernih. Cara lain untuk mengetahui keberadaan membran sel ialah dengan melakukan isolasi dari sisa sel dan memeriksakan molekul-molekul yang menjadikannya sebagai membran sel.



**Gambar 10. Struktur Membran Plasma**  
(<https://saintif.com/membran-sel-adalah/>)

## b. Sitoplasma

Sitoplasma merupakan cairan matriks atau zat seperti gel yang berada di dalam sel. Sitoplasma tersusun atas partikel berupa material air dan juga protein. Fungsi utama dari sitoplasma ini yaitu sebagai tempat berlangsungnya reaksi metabolisme yang terdapat di dalam sel. Sitoplasma ini juga sangat berperan dalam membantu dan memeriksa segala sesuatu yang terjadi di dalam sel kecuali nukleus yang merupakan inti sel. Pengamatan yang terjadi pada sitoplasma mengalami kerumitan dalam struktur-strukturnya sehingga untuk mempelajarinya butuh mikroskop yang canggih seperti mikroskop

elektron agar pengamatan terhadap strukturnya mudah untuk diamati. Struktur yang dibatasi oleh sitoplasma ini dinamakan organella.

Cara yang dapat dilakukan untuk mengetahui keberadaan bagian-bagian sel ini beserta fungsinya yaitu melalui penghancuran sejumlah sel yang berukuran besar, kemudian masukkan bagian sel yang terpisah tadi ke dalam tabung, dan putarkan dalam mesin pemusing (sentrifugasi). Melalui pemusingan campuran sel ke dalam sentrifugasi selama 10 menit dan gaya sekitar 800 kali daya tarik bumi akan menyebabkan nukleus diendapkan di dasar tabung sehingga terbentuklah suatu endapan berupa sedimen.

Dengan adanya sedimen inilah mengakibatkan organel-organel yang lebih kecil dan ringan ini mudah untuk dipelajari dan diambil secara kimia dan mikroskopis. Setelah proses sentrifugasi ini dilakukan, maka proses pengidentifikasian dari masing-masing organel dapat dilakukan dan juga masing-masing organel diberikan penamaannya sesuai fungsinya masing-masing. Sitoplasma ini merupakan substansi dasar yang sangat berperan dalam kelangsungan kerja organel yang ada di dalamnya.

### **c. Nukleus**

Nukleus atau inti sel merupakan salah satu organel yang berada di bagian pusat sel. Keberadaannya ini berfungsi sebagai pusat kegiatan yang ada di dalam sel. Di dalam nukleus ditemukan adanya cairan inti (nukleoplasma), anak inti (nukleolus), dan selaput inti. Nukleus ini dibatasi oleh sepasang membran yang memiliki selubung pada bagian luarnya yang tidak saling menyambung satu dengan yang lain tetapi memiliki pori-pori. Hal ini

memungkinkan terjadinya perpindahan materi yang ada pada organel yang satu dengan lainnya dengan cara saling berlalu lalang dari nukleus hingga ke organel lain sesuai kebutuhannya.

Pada nukleolus yang merupakan daerah bernoda gelap dan merupakan anak inti dari nukleus, memiliki tanggungjawab dalam membentuk protein dengan menggunakan RNA (asam ribonukleat). Pada bagian selubung nukleus yang merupakan bagian pelindung berpori dan menutupi inti, memungkinkan terjadinya pemasukan zat ke dalam nukleus tersebut dan merupakan salah satu bagian dari ciri khas sel hewan. Kemudian nukleoplasma merupakan suatu cairan padat yang berada di dalam nukleus yang memiliki kandungan serat kromatin. Padatan ini berfungsi dalam membentuk kromosom dan gen yang berperan sebagai pembawa informasi secara turun-temurun.

Nukleus juga memiliki DNA pada sel eukariotik. Dimana nukleus ini berperan dalam melindungi DNA tersebut dari kerusakan yang diakibatkan oleh reaksi yang terdapat dalam sitoplasma. Molekul dari DNA ini berukuran besar dan kebanyakan nukleusnya memiliki DNA yang sangat banyak. Dengan demikian, nukleus ini dapat melindungi satu sel material genetik dengan jumlahnya satu dan hanya duplikasi DNA yang aman dan kuat. Sedangkan yang terisolasi dalam kompartmennya, DNA tetap berpisah dari aktivitas dalam sitoplasma dan dari reaksi metabolik yang mungkin merusaknya.

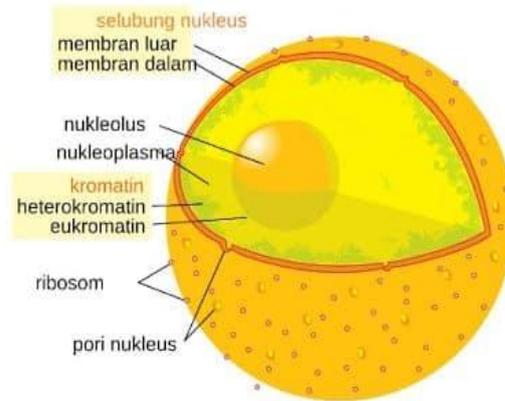
Nukleus juga berperan dalam mengontrol perpindahan molekul antara sitoplasma dengan nukleus dalam hal sel mengakses DNA pada saat RNA dan protein dibuat olehnya, sehingga setiap molekul yang terlibat di dalam proses ini harus masuk dan keluar dari nukleus.

Pada waktu tertentu, keberadaan membran nukleus ini membiarkan molekul tertentu untuk menembusnya. Hal ini disebabkan karena untuk melindungi DNA dengan cara sel yang mengatur jumlah RNA dan protein yang dibentuknya.

Peranan lain dari nukleus ini ialah sebagai pusat pengendali dalam sel. Jika nukleus dalam sel telur telah dirusak oleh benda atau makhluk lain, maka telur tersebut tidak dapat melanjutkan perkembangannya menjadi individu yang baru. Jika nukleus itu dikeluarkan dari suatu amuba, organisme ini akan hidup selama beberapa hari. Namun, organisme ini tidak dapat makan ataupun berkembang biak sesuai kebutuhannya sehingga dapat mengalami kepunahan. Akan tetapi, jika organisme ini sehari atau dua hari setelah dioperasi atau disuntikkan nukleus ke dalam amuba tersebut, maka kelangsungan hidupnya akan kembali normal dan juga mampu berkembang biak.

Penemuan nukleus ini telah diperagakan oleh seorang ahli biologiwan dari Jerman yang bernama Theodor Boveri. Ahli tersebut berhasil mengeluarkan nukleus dari telur suatu spesies hewan laut genus *Sphaerechinus* dengan cara mengguncang telur tersebut dengan keras sehingga nukleus yang berada di dalam telur tersebut mudah untuk dikeluarkan. Kemudian telur tersebut dibuahi oleh sperma dari jenis binatang laut pada genus *Echinus*. Bentuk dari sel telur lebih besar dari pada sel sperma. Di dalam sel tersebut terdapat nukleus dan ekor sebagai alat geraknya. Di dalam proses pembuahan, nukleus dapat menembus telur. Oleh sebab itu, pembuahan telur tanpa nukleus *Sphaerechinus* oleh sperma *Echinomus* yang menghasilkan penambahan satu macam nukleus bagi yang lain.

Rangsangan ini membuat telur jadi mengalami pembelahan sel dan menumbuhkan larva urkin laut.



**Gambar 11. Struktur Nukleus**

(<https://www.gurupendidikan.co.id/nukleus-inti-sel/>)

### 1) Membran Nukleus

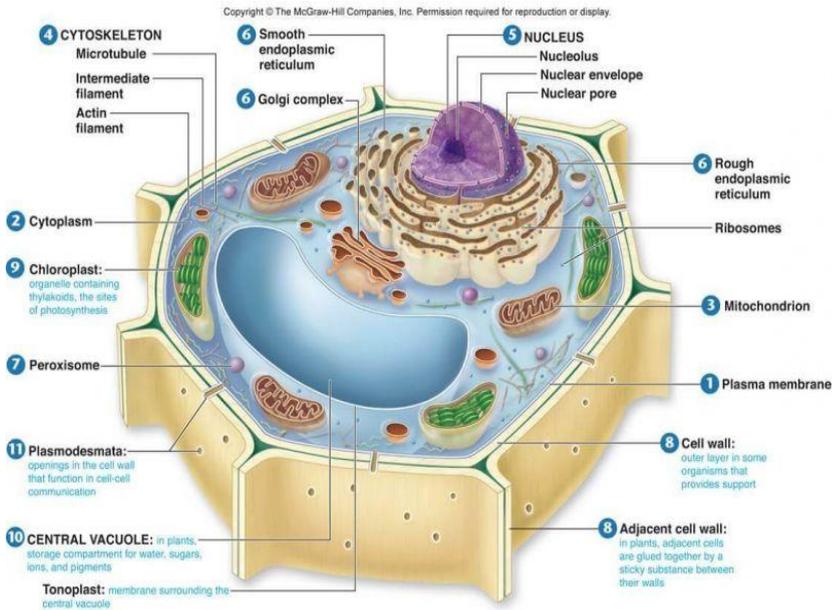
Membran nukleus atau dikenal dengan sebutan amplop nukleus ini memiliki dua lipid bilayer yang terlipat bersama sebagai membran tunggal yang mana pada lapisan luarnya berhubungan dengan membran organel lain. Jenis protein membran yang berbeda dapat melekat dalam dua lipid bilayer. Beberapa diantaranya berupa reseptor atau transforter, sedangkan protein lain dapat beragregasi membentuk pori dalam membran. Molekul ini berperan dalam hal sistem transportasi pada berbagai molekul yang melewati membran inti. Semua zat lainnya dapat menembus membran melalui transporter dan pori membran. Selama terjadinya pembelahan sel, protein ini sangat membantu sel dalam mewariskan DNA kepada keturunannya.

## 2) Nukleolus

Nukleolus merupakan bagian dari nukleus yang padat dan tidak teratur, tempat subunit ribosom tersebut terbentuk dari protein dan RNA. Nukleolus ini dibentuk di daerah NOR (Nukleolar Organizing regions). Kedua subunit tersebut melewati pori-pori yang berinti menuju sitoplasma yang merupakan tempat keduanya bergabung dan menjadi aktif dalam pembentukan protein. Nukleolus disebut juga butir inti atau anak inti, yang tidak memiliki membran/selaput berupa anyaman. Nukleolus ini memiliki ukuran yang bervariasi dan selalu berubah-ubah terutama pada tumbuhan. Perubahan ini terjadi selama daur hidup sel, terutama pada saat tahapan interfase yang mana perubahannya terlihat dengan jelas. Nukleolus berfungsi dalam mensintesis RNA protein dan juga dalam pembentukan ribosom.

## 2. Sel Tumbuhan

Sel tumbuhan merupakan bagian dari sel eukariotik, di mana bagian-bagian organel yang terdapat di dalamnya hampir sama dengan organel yang ada pada sel hewan. Hanya beberapa organel yang dimiliki tumbuhan tetapi tidak dimiliki oleh hewan begitu juga sebaliknya ada organel yang terdapat pada sel hewan tetapi tidak terdapat pada tumbuhan. Penggambaran sel tumbuhan ini memiliki kemiripan sekaligus perbedaan yang cukup jelas antara sel hewan dengan sel tumbuhan. Salah satu organel yang terdapat pada sel tumbuhan yang paling penting ialah plastida. Jenis plastida yang sangat berperan bagi tumbuhan yaitu kloroplas, yang sangat berperan penting dalam proses fotosintesis. Organel penting lainnya yaitu dinding sel dan vakuola.



**Gambar 12. Struktur Sel Tumbuhan**  
(<https://sijai.com/sel-tumbuhan-dan-fungsinya/>)

### a. Dinding Sel

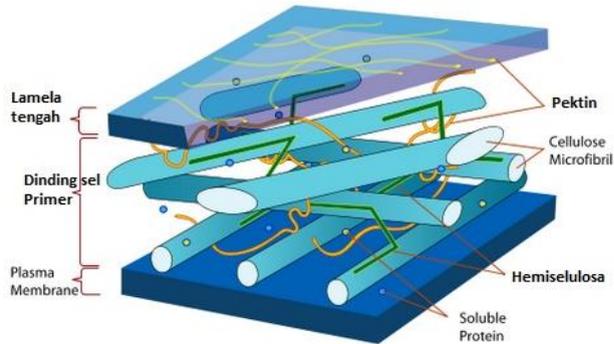
Dinding sel merupakan bagian dari sel tumbuhan yang terletak di luar membran plasma dengan bentuk yang tebal. Dinding sel ini mudah ditembus oleh saluran-saluran yang ada di dalamnya yang disebut plasmodesma. Plasmodesma ini dapat menghubungkan sitoplasma dengan sel-sel yang ada bersebelahan dengannya. Dinding sel ini terbentuk dari polisakarida yang disebut selulosa dan protein lainnya dan berperan penting dalam mempertahankan bentuk sel, dan melindungi sitoplasma dan membran plasma dari kerusakan mekanis, dan juga sebagai alat transportasi zat dari dalam keluar sel atau sebaliknya.

Dinding sel yang terdapat pada tumbuhan terdiri

dari empat lapisan yaitu: lamella tengah, dinding primer, sekunder, dan juga tersier yang sebagian besar terdiri atas selulosa atau zat kitin. Lamella tengah ialah suatu lapisan yang kaya akan pektin. Lapisan terluarnya berfungsi sebagai penghubung antara sel-sel tanaman yang berdekatan dan saling menempel, Dinding sel primer memiliki struktur yang tipis dan fleksibel serta terbentuk sementara dalam sel tumbuhnya, Dinding sel sekunder ialah suatu lapisan tebal yang terbentuk di dalam dinding sel utama setelah sel menjadi dewasa.

Dinding sel sekunder tidak ditemukan di dalam semua jenis sel dan hanya ditemukan di dalam pembuluh kayu saja. Selulosa dan kitin merupakan molekul polisakarida, yang berarti suatu zat yang terdiri dari banyak molekul gula yang saling berkaitan. Selulosa termasuk polimer dari glukosa, yang memiliki unsur karbon, hidrogen, dan oksigen, sedangkan zat kitin merupakan polimer dari N-asetilglukosamin yang memiliki kandungan zat gula yang memiliki unsur nitrogen.

Dinding sel yang terdapat pada tumbuhan mempunyai kekuatan daya tarik yang cukup tinggi dalam menahan tekanan osmosis yang dihasilkan dari perbedaan konsentrasi zat terlarut antara sel interior dan air di bagian ekstraseluler. Dinding sel memiliki ukuran ketebalan sekitar 0,1  $\mu\text{m}$ .



**Gambar 13. Struktur Dinding Sel Tumbuhan**  
 (<https://haloedukasi.com/dinding-sel/>)

## b. Plastida

Plastida merupakan salah satu organel yang terdapat pada sel tumbuhan yang sangat berperan penting dalam proses fotosintesis. Plastida ini memiliki kromoplas yang mengandung klorofil yang disebut dengan kloroplas. Kromoplas merupakan plastida yang mengandung pigmen, misalnya: Karotin (kuning), Fikodanin (biru), Fikosantin (kuning), dan Fikoeritrin (merah). Kloroplas ini berperan dalam mengubah energi cahaya matahari menjadi energi kimia yang tersimpan dalam molekul gula.

Plastida memiliki ukuran yang cukup besar berada di antara 4-6  $\mu\text{m}$ . Adapun pigmen lain yang terdapat di plastida ini ialah kromoplas yang merupakan pigmen yang memiliki warna yaitu berwarna hijau, sedangkan pigmen yang tidak berwarna yaitu leukoplas. Leukoplas ini berperan penting dalam pembuatan amilum (amiloplas) dan pembentukan lemak (lipoplas).

### c. Vakuola

Banyak sel yang terdapat pada tumbuhan memiliki vakuola sentral yang besar. Bentuk vakuola ini sangat berbeda dengan sel hewan karena pada sel hewan bentuknya lebih kecil bahkan pada beberapa sel ada yang tidak memiliki vakuola. Bentuk vakuola ini pada tumbuhan bukan hanya besar tapi terlihat lebih jelas dan lebih tua jika dibandingkan dengan sel hewan. Vakuola yang terdapat pada tumbuhan umumnya berisi air, fenol, alkaloid, antosianin, dan protein. Vakuola ini berasal dari pelebaran RE dan KG. Sedangkan pada sel hewan, vakuola ini diselubungi oleh membran lipoprotein yang berfungsi sebagai penyimpan, pemindah material, dan memelihara sel dari tekanan dalam sedangkan pada tumbuhan, vakuola ini berperan dalam hal penyimpanan zat makanan, penguraian zat sisa, sebagai zat hidrolisis makromolekul, dan sebagai pembesaran vakuola yang sangat berperan dalam mekanisme pertumbuhan pada tumbuhan.

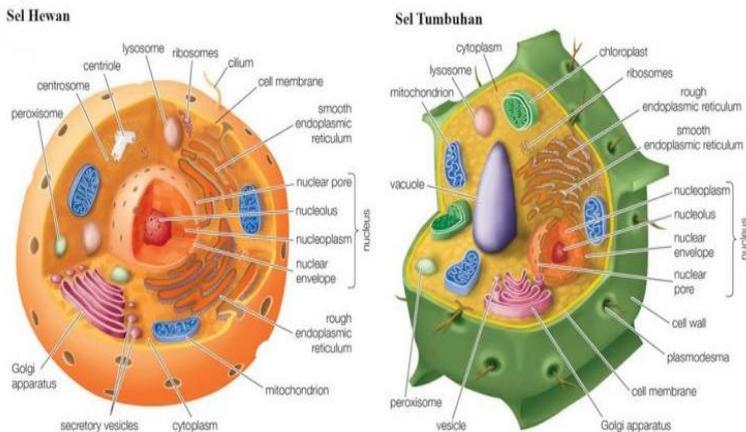
Vakuola berfungsi juga dalam kegiatan autofagi. Autofagi merupakan suatu kegiatan dalam katabolisme yang melakukan proses pemecahan komponen-komponen sel yang tidak lagi dibutuhkan. Dalam proses autofagi dilakukan oleh organel lisosom, vakuola dalam menjaga keseimbangan antar biogenesis dan degradasi zat-zat dalam sel. Vakuola sel hewan lebih kecil jika dibandingkan dengan vakuola pada sel tumbuhan. Vakuola pusat yang ada pada sel tumbuhan dikelilingi oleh tonoplas. Vakuola ini sangat membantu dalam menyokong kegiatan pada sel tumbuhan, termasuk daun dan bagian lunak lainnya. Zat terlarut dalam vakuola ini dapat menyerap air. Ketika air masuk ke vakuola, sel menjadi besar dengan begitu bagian-bagian lunak

tumbuhan dapat mempertahankan turgiditas dan bentuknya.

Vakuola pada sel hewan sangat berperan dalam membantu proses eksositosis dan endositosis. Pada eksositosis, molekul yang ada pada protein dan lipid dikeluarkan dari sel. Namun, vakuola ini tidak berperan langsung dalam pengeluaran lipid dan protein. Akan tetapi, vakuola ini berperan hanya sebagai wadah atau tempat dalam lipid dan protein tersebut bereaksi. Proses yang ada pada endositosis merupakan kebalikan dari eksositosis.

### 3. Perbedaan Sel Hewan dan Sel Tumbuhan

Sel-sel eukariotik yang terdapat pada semua sel hewan dan sel tumbuhan, memiliki persamaan dan perbedaan yang cukup jelas dalam hal fungsinya pada setiap bagian. Adanya perbedaan ini memberikan konsekuensi yang cukup luas mengenai fungsi dari sel-sel tersebut.



**Gambar 14. Perbedaan Sel Hewan dan Sel Tumbuhan**

(<https://seputarilmu.com/2020/01/perbedaan-sel-hewan-dan-sel-tumbuhan.html>)

| No. | Bagian-bagian Sel    | Terdapat pada |          | Fungsi   |
|-----|----------------------|---------------|----------|--|
|     |                      | Hewan         | Tumbuhan |  |
| 1.  | Dinding sel          | -             | ✓        | Membentuk dan melindungi isi sel.  |
| 2.  | Selaput sel          | ✓             | ✓        | Mengatur keluar masuknya zat dan membungkus isi sel.                               |
| 3.  | Inti sel             | ✓             | ✓        | Mangatur/mengendalikan semua aktivitas sel.  |
| 4.  | Plastida (kloroplas) | -             | ✓        | Tempat fotosintesis.   |
| 5.  | Vakuola              | -             | ✓        | Menyimpan kristal/bahan, timbunan lain, Pencernaan makanan pada hewan bersel satu. |
| 6.  | Mitokondria          | ✓             | ✓        | Pusat pembakaran atau pernapasan (respirasi) sel.                                  |
| 7.  | Lisosom              | ✓             | -        | Mendaur ulang benda-benda asing yang terdapat dalam sel.                           |
| 8.  | Badan Golgi          | ✓             | ✓        | Membantu pembentukan protein, mengeluarkan zat keluar sel.                         |
| 9.  | Retikulum endoplasma | ✓             | ✓        | Membantu metabolisme protein, lemak, dan karbohidrat.                              |
| 10. | Ribosom              | ✓             | ✓        | Membantu pembentukan protein, mengeluarkan zat keluar sel.                         |

**Tabel 3. Persamaan dan Perbedaan Sel Hewan dan Sel Tumbuhan**

*(Rahmadina dan Husnarika Febriani, 2017)*

Berdasarkan tabel 3.3, dapat diketahui bahwa perbedaan dari kedua sel tersebut terletak pada ada tidaknya struktur dinding sel, vakuola besar (tonoplas), kloroplas, butir amilum, dan sentriol. Perbedaan-perbedaan dari kedua sel tersebut menjadi ciri khas dari sel tersebut dalam menjalankan fungsinya masing-masing. Walaupun terdapat perbedaan dari sel tersebut, ada juga persamaannya.

Persamaan dari kedua sel tersebut memiliki fungsi yang sama satu dengan yang lainnya. Baik pada hewan maupun tumbuhan, kelompok yang serupa terorganisasi menjadi lembaran-lembaran atau berkas yang tersusun membentuk suatu jaringan, kemudian jaringan-jaringan tersebut membentuk suatu organ, kemudian membentuk struktur yang lebih spesifik lagi dalam bentuk sistem organ, dan kemudian membentuk suatu organisme yang tersusun dalam tingkatan yang

lebih kompleks dan lebih tinggi lagi yang terintegrasi dari tingkatan yang lebih rendah.

Berdasarkan penjelasan tersebut, diketahui bahwa sel eukariotik baik hewan maupun pada tumbuhan memiliki organel yang sangat berperan penting dalam kehidupan makhluk hidup, di antaranya membran plasma, sitoplasma yang terkandung di dalamnya berbagai macam organella, dan nukleus yang mengandung materi genetik yaitu DNA dan RNA.

### Latihan 3

1. Sebutkan dan jelaskan komponen dasar yang terdapat dalam sel prakariotik

Jawab

.....

.....

.....

.....

.....

2. Sebutkan organella yang terdapat dalam sel eukariotik

Jawab

.....

.....

.....

.....

.....

3. Sebutkan perbedaan dan persamaan sel prakariotik dengan sel eukariotik

Jawab

.....

.....

.....

.....

.....

4. Sebutkan contoh protein yang diproduksi pada ribosom bebas

Jawab

.....  
.....  
.....  
.....  
.....



# **KONSEP GENETIKA**

# PENDAHULUAN

---

Genetika merupakan salah satu cabang ilmu biologi yang mempelajari pewarisan sifat pada makhluk hidup. Kata genetika sendiri pertama kali diperkenalkan oleh William Bateson sebagai cabang baru dalam ilmu biologi. Pengetahuan tentang ilmu genetika telah lama diterapkan oleh nenek moyang kita melalui proses seleksi buatan. Nenek moyang kita mendomestikasi tumbuhan dan hewan liar dan kemudian melakukan persilangan untuk memperoleh hewan atau tumbuhan dengan sifat yang diinginkan.

Selain itu, genetika juga mencoba menjawab pertanyaan yang berhubungan dengan apa yang diturunkan atau diwariskan dari induk kepada turunannya, bagaimana mekanisme materi genetika itu diturunkan, dan bagaimana peran materi genetika tersebut. Pembahasan dalam konsep genetika ini, meliputi (1) pengantar genetika dengan sub pokok bahasan menjelaskan pengertian genetika, sejarah singkat perkembangan ilmu genetika, dan cabang-cabang ilmu genetika; (2) hukum Mendel dengan sub pokok bahasan menjelaskan perkembangan pemikiran tentang faktor keturunan sebelum Mendel, konsep gen dan teori kromosom, genetika Mendel dan simbol dan terminologi; (3) pewarisan sifat dengan sub pokok bahasan menjelaskan tentang mitosis, meiosis dan faktor-faktor yang mempengaruhi sel.

Setelah mempelajari modul ini, Anda diharapkan mampu menjelaskan pengantar genetika, hukum mendel dan pewarisan sifat dan secara khusus setelah mempelajari modul ini diharapkan dapat menjelaskan:

1. Menjelaskan pengertian genetika.
2. Menjelaskan sejarah singkat perkembangan ilmu genetika.
3. Menjelaskan cabang-cabang ilmu genetika.
4. Menjelaskan perkembangan pemikiran tentang faktor keturunan sebelum mendel.
5. Menjelaskan genetika mendel.
6. Menjelaskan simbol dan terminology.
7. Menjelaskan mitosis.
8. Menjelaskan tentang meiosis.
9. Menjelaskan tentang faktor-faktor yang mempengaruhi sel.



# PENGANTAR GENETIKA

## A. Pengertian Genetika

Genetika secara etimologi bahasa Yunani: *genno* yang berarti “melahirkan” merupakan cabang biologi yang penting saat ini. Ilmu ini mempelajari berbagai aspek yang menyangkut pewarisan sifat dan variasi sifat pada organisme maupun sub organisme (seperti virus dan prion). Ada pula yang dengan singkat mengatakan, genetika adalah ilmu tentang gen. Nama “genetika” diperkenalkan oleh William Bateson pada suatu surat pribadi kepada Adam Chadwick dan ia menggunakannya pada konferensi internasional tentang genetika ke-3 pada tahun 1906.

Keturunan hewan, tumbuhan maupun manusia, masing-masing akan mirip dengan induknya dari generasi ke generasi. Misalnya, kucing akan melahirkan anak kucing, pohon mangga akan menghasilkan pohon mangga lagi dan manusia akan melahirkan anak manusia. Pengamatan lebih dekat terhadap makhluk hidup tersebut di atas, akan jelas bahwa pada hewan di samping terdapat kemiripan, terdapat juga perpaduan antara induk dan turunannya. Bidang kajian genetika dimulai dari wilayah molekular hingga populasi. Secara lebih rinci, genetika berusaha menjelaskan:

1. Material pembawa informasi untuk diwariskan (bahan genetik).
2. Bagaimana informasi itu diekspresikan (ekspresi genetik).
3. Bagaimana informasi itu dipindahkan dari satu individu ke individu yang lain (pewarisan genetik).

Meskipun orang biasanya menetapkan genetika dimulai dengan ditemukannya kembali naskah artikel yang ditulis Gregor Mendel pada tahun 1900, sebetulnya kajian genetika sudah dikenal sejak masa prasejarah, seperti domestikasi dan pengembangan tehnik murni (pemuliaan) ternak dan tanaman. Orang juga sudah mengenal efek persilangan dan perkawinan sekerabat serta membuat sejumlah prosedur dan peraturan mengenai hal tersebut sejak sebelum genetika berdiri sebagai ilmu yang mandiri. Silsilah tentang penyakit pada keluarga, misalnya, sudah dikaji orang sebelum itu. Kala itu, kajian semacam ini disebut “ilmu pewarisan” atau hereditas.

Sejumlah percobaan terdokumentasi yang terkait dengan genetika telah banyak dilakukan pada masa sebelum Mendel, yang kelak banyak membantu memberikan bukti bagi teori Mendel. Percobaan-percobaan itu misalnya adalah sebagai berikut.

1. Pembuatan *Raphanobrassica* melalui persilangan lobak dan kubis pada abad ke-17 oleh Köhltreuter, seorang pemulia sayuran berkebangsaan Jerman, untuk menghasilkan tanaman yang menghasilkan umbi dan krop kubis sekaligus, meskipun tidak berhasil.
2. Penemuan dan penjelasan tentang pembuahan berganda pada tumbuhan berbunga (Magnoliophyta) oleh E. Strassburger (1878) dan S. Nawaschin (1898);
3. Percobaan terhadap ribuan persilangan oleh Charles Darwin pada abad ke-19 yang hasilnya diterbitkan pada 1896 dengan judul *The variation of animals and plants under domestication* dan berhasil mengidentifikasi adanya

penurunan penampilan pada generasi hasil perkawinan sekerabat (depresi inbred) dan penguatan penampilan pada hasil persilangan antar inbred (heterosis) meskipun dia tidak bisa memberikan penjelasan;

4. Usaha menjelaskan kemiripan antara orang tua dan anak oleh Karl Pearson melalui metode regresi (yang malah menjadi dasar dari banyak teknik statistika modern).

Pada masa pra-Mendel, orang belum mengenal gen dan kromosom (meskipun DNA sudah diekstraksi namun pada abad ke-19 belum diketahui fungsinya). Saat itu orang masih beranggapan bahwa sifat diwariskan lewat sperma (tetua betina tidak menyumbang apa pun terhadap sifat anaknya). Peletakan dasar ilmiah melalui percobaan sistematis baru dilakukan pada paruh akhir abad ke-19 oleh Gregor Johan Mendel. Ia adalah seorang biarawan dari Brno (Brünn dalam bahasa Jerman), Kekaisaran Austro-Hungaria (sekarang bagian dari Republik Ceko). Mendel disepakati umum sebagai 'pendiri genetika' setelah karyanya "*Versuche über Pflanzenhybriden*" atau Percobaan mengenai Persilangan Tanaman (dipublikasi cetak pada tahun 1866) ditemukan kembali secara terpisah oleh Hugo de Vries, Carl Correns, dan Erich von Tschermak pada tahun 1900.

Dari karya ini, orang mulai mengenal konsep gen (Mendel menyebutnya 'aktor'). Gen adalah pembawa sifat. Alel adalah ekspresi alternatif dari gen dalam kaitan dengan suatu sifat. Setiap individu disomik selalu memiliki sepasang alel, yang berkaitan dengan suatu sifat yang khas, masing-masing berasal dari tetuanya. Status dari pasangan alel ini dinamakan genotipe. Apabila suatu individu memiliki pasangan alel sama, genotipe individu itu bergenotipe homozigot, apabila pasangannya berbeda, genotipe individu yang bersangkutan dalam keadaan heterozigot. Genotipe terkait dengan dengan sifat yang teramati. Sifat yang terkait dengan

suatu genotipe disebut fenotipe.

## **B. Sejarah Singkat Perkembangan Ilmu Genetika**

Jauh sebelum teori pewarisan sifat ditemukan oleh Mendel, manusia telah berusaha mengartikan dan memahami bagaimana sifat-sifat diturunkan dari induk ke keturunannya. Konsep tentang pewarian sifat sebenarnya sudah diketahui oleh peradaban manusia bahkan pada masa mesir kuno. Dalam perspektif sejarah, ilmu genetika berkembang sebagai ilmu pengetahuan setelah melalui berbagai tahapan dan penemuan yang mendahuluinya.

### **1. Periode sebelum 1860**

Penemuan yang berkontribusi perkembangan ilmu genetika sebelum tahun 1860 di antaranya adalah penemuan mikroskop cahaya, teori tentang sel, dan publikasi oleh Charles Darwin dengan bukunya *The Origin of Species*. Sebelumnya, Robert Hooks dengan teori sel nya dan Antonie van Leeuwenhoek melaporkan pengamatan adanya organisme renik (protozoa dan bakteri) pada air hujan. Pada tahun 1833, Robert Bown melaporkan pengamatan inti sel dan pada tahun 1839-an Hugo von Mohl mendeskripsikan mitosis pada inti sel. Sampai pada akhir 1858, Rudolf Virchow menyimpulkan semua penemuan tersebut dalam teorinya tentang sel yang terkenal dalam bahasa latin aphorism *omnis cellula e cellula* yang berarti semua sell berasal dari sel sebelumnya. Sampai pada akhirnya di tahun 1858, ahli biologi memahami bagaimana sel berkembang dan mengetahui tentang inti sel.

## **2. Periode 1900 - 1944**

Pada periode ini, para ahli menemukan teori tentang kromosom, yang menyatakan bahwa kromosom merupakan untaian dari gen-gen. Pada masa ini pula dasar-dasar evolusi modern dan genetika molekuler berkembang. Pada tahun 1900, tulisan Mendel tentang hukum pewarisan sifat yang diterbitkan 1866, secara terpisah ditemukan kembali oleh tiga ahli berbeda, yakni oleh Hugo de Vries, Carl Correns, and Erich von Tschermak.

Selanjutnya Water Sutton di tahun 1903 mengeluarkan hipotesis perilaku kromosom yang dapat menjelaskan teori pewarisan sifat Mendel. Hipotesis ini pada akhirnya menuntun ditemukan teori bahwa gen terletak di kromosom. Dilanjutkan oleh Alferd Stuertevant yang menciptakan peta genetik pertama yang menggambarkan bagaimana gen-gen tersusun dan terpaut dalam suatu pautan pada kromosom.

## **3. Periode 1944- sekarang**

Periode yang ditandai dengan ditemukannya konsep material genetik (DNA) dan genetika molekuler. Pada periode ini banyak ahli genetik yang melaporkan bukti bukti penemuan mereka bahwa material genetik adalah DNA bukan substansi lainyan (Avery, Mc Claude). Dan yang paling fenomenal adalah penemuan struktur DNA oleh Watson dan Crick yang menyatukan teka teki tentang DNA sebagai materi genetik yang sudah ditemukan oleh ahli-ahli sebelumnya (Chargaff, Rosalind Franklin). Sejak itu teori dan ilmu pengetahuan tentang gen dan pemanfaatannya terus berkembang menciptakan ilmu-ilmu baru.

### C. Cabang-cabang Ilmu Genetika

Genetika berkembang baik sebagai ilmu murni maupun ilmu terapan. Cabang-cabang ilmu ini terbentuk terutama sebagai akibat pendalaman terhadap suatu aspek tertentu dari objek kajiannya.

Cabang-cabang murni genetika:

1. Genetika molecular.
2. Genetika sel (sitogenetika).
3. Genetika populasi.
4. Genetika kuantitatif.
5. Genetika perkembangan.

Cabang-cabang terapan genetika:

1. Genetika kedokteran.
2. Ilmu pemuliaan.
3. Rekayasa genetika atau rekayasa gen.

Bioteknologi merupakan ilmu terapan yang tidak secara langsung merupakan cabang genetika tetapi sangat terkait dengan perkembangan dibidang genetika. Kajian genetika klasik dimulai dari gejala fenotipe (yang tampak oleh pengamatan manusia) lalu dicarikan penjelasan genotipiknya hingga ke aras gen. Berkembangnya teknik-teknik dalam genetika molekular secara cepat dan efisien memunculkan filosofi baru dalam metodologi genetika.

## Latihan 4

1. Jelaskan pengertian genetika!

Jawab

.....

.....

.....

.....

.....

2. Jelaskan hubungan ilmu keperawatan dengan genetika!

Jawab

.....

.....

.....

.....

.....

3. Jelaskan secara singkat sejarah perkembangan ilmu genetika!

Jawab

.....

.....

.....

.....

.....

4. Sebutkan dan jelaskan percobaan-percobaan pembuktian yang dilakukan

Jawab

.....

.....

.....

.....

.....

# HUKUM MENDEL

## A. Perkembangan Pemikiran tentang Faktor Keturunan Sebelum Mendel

Sebelum Mendel melakukan percobaan penyilangan pada tanaman kapri (*Pisum sativum*) para ahli telah mempunyai pemikiran tentang adanya kehidupan yang berkesinambungan, yang membawa faktor keturunan dari generasi ke generasi. Tetapi mereka tidak melakukan percobaan seperti yang dilakukan oleh Mendel dan di samping itu peralatan ilmiah yang dapat dipakai untuk membuktikan pemikiran mereka belum ada. Sebelum abad ke-17, orang percaya bahwa kehidupan itu muncul secara spontan. Pendapat ini yang dikenal dengan *generation spontanea* ini dibantah oleh Francesco Redi (1621-1697), Lazzaro Spallanzani (1729-1799), dan Louis Pasteur (1822-1895), yang menganggap bahwa organisme hidup berasal dari organisme yang hidup sebelumnya.

Pendapat lainnya, yang disebut *ovisma*, menganggap bahwa sel telur mempunyai yang terdapat organisme betina mempunyai peranan penting sebagai pembawa faktor keturunan yang akan diteruskan ke generasi berikutnya. Dalam hal ini, organisme jantan menghasilkan cairan yang fungsinya untuk menggiatkan perkembangan sel telur. Setelah ditemu-

kan mikroskop, di dalam cairan yang dihasilkan oleh individu jantan terlihat adanya hewan-hewan kecil, yang disebut dengan animalkulus dan kini disebut dengan spermatozoa. Di dalam spermatozoa ini terdapat faktor keturunan, sedangkan sel telur merupakan tempat perkembangan. Pendapat ini disebut animalkulisma.

Teori preformasi mengemukakan bahwa melalui mikroskop yang masih sangat sederhana, nampak adanya makhluk hidup yang berbentuk seperti manusia kecil yang disebut dengan humunculus di dalam spermatozoa, dan peneliti lainnya juga melihat hal yang serupa pada sel telur. Dengan demikian, teori preformasi beranggapan bahwa calon manusia sudah terdapat sebelumnya di dalam gamet-gamet. Teori preformasi ditolak oleh Casper Wolff (1733- 1794). Ia lebih mempercayai teori epigenesis yang menyebutkan bahwa organisme berasal dari bahan yang terdapat di dalam sel telur, yang setelah dibuahi oleh spermatozoa, akan mengadakan diferensiasi menjadi struktur dewasa, selama perkembangan embrio. Charles Darwin (1809-1882), yang terkenal karena teori evolusinya, mengemukakan teori pangenesis, yang mengatakan bahwa di dalam sel kelamin terdapat tunas-tunas, yang kemudian akan tumbuh menjadi makhluk baru setelah sel telur dibuahi oleh spermatozoa.

August Weismann (1834-1914), yang mengemukakan teori plasma benih, mengatakan bahwa gamet itu dibentuk oleh jaringan khusus, bukan oleh jaringan tubuh. Sehingga, kerusakan pada salah satu jaringan tubuh tidak akan mempengaruhi gamet, dan tidak akan diwariskan pada keturunannya. Kurang lebih tujuh tahun lamanya Mendel melakukan pengamatan secara teliti, maka pada tahun 1865 ia mempublikasikan hasil percobaannya pada pertemuan ilmiah yang diselenggarakan oleh Perhimpunan pengetahuan Alam di Brunn. Pada tahun 1866 karya ilmiah Mendel itu dicetak oleh per-

himpunan tersebut, yang kemudian disebarakan lebih luas ke berbagai perpustakaan di Eropa dan Amerika.

Akan tetapi para ahli mendengar dan membaca karya ilmiah tersebut, tidak ada seorangpun di antara mereka pada abad ke-19 itu yang dapat menghargai dan menganggap penting hasil percobaan Mendel. Baru kira-kira 40 tahun kemudian, yaitu pada permulaan abad ke-20, publikasi Mendel itu diakui kebenarannya oleh para biologiwan De Vries (Belanda, 1900), Correns (Jerman, 1900) dan Tschermak (Austria, 1900), yang bekerja sendiri-sendiri di negaranya masing-masing. Sejak itulah Mendel dinyatakan sebagai Bapak Genetika.

## **B. Konsep Gen dan Teori Kromosom**

Konsep tentang gen sebenarnya telah digambarkan secara implisit oleh Mendel sebagai faktor dasar yang berperan dalam perkembangan sifat. Ia sendiri belum mengetahui bentuk maupun susunan faktor keturunan tersebut dan hanya menyebutnya sebagai faktor penentu. Istilah gen dipakai oleh W. L. Johannsen (1857-1927), yang berasal dari suku kata terakhir pangen, istilah yang dikemukakan oleh Darwin.

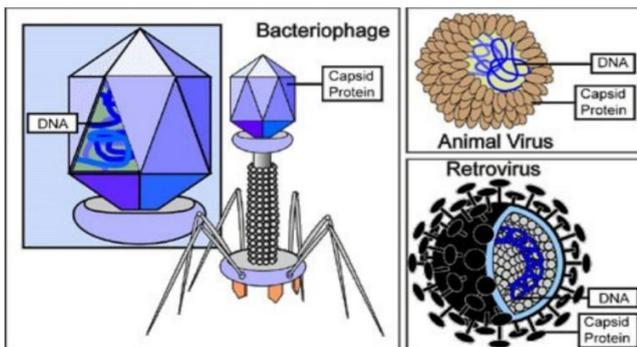
William Bateson (1861-1926) menggunakan istilah alel untuk pasangan gen seperti yang digambarkan oleh Mendel. Penelitian-penelitian yang dilakukan oleh Lucien Cuenot (Perancis), tentang peranan gen terhadap warna bulu pada tikus; W. E. Castle (Amerika), tentang peranan gen terhadap jenis kelamin, warna bulu pada mamalia; dan Johannsen (Denmark) yang mempelajari tentang pengaruh pewarisan dan lingkungan pada tanaman, menguatkan konsep tentang gen sebagai pembawa faktor keturunan. Wilhem Roux (1883) mempunyai dugaan yang kuat bahwa kromosom di dalam inti sel adalah pembawa faktor keturunan.

Mekanisme pemindahan gen dari sel ke sel digambarkan sebagai adanya struktur yang tidak terlihat dalam bentuk

deretan atau rantai, yang mengadakan duplikasi pada saat pembelahan sel. Pendapat ini didukung oleh T. Boveri (1862-1915) dan W. S. Sutton (1902), yang membuktikan bahwa gen adalah bagian dari kromosom. Kromosom pertama kali ditemukan pada kelompok makhluk hidup eukariot. Kromosom terkait dengan materi genetik. Saat ini telah diketahui kromosom tidak hanya dimiliki oleh kelompok makhluk hidup eukariot tetapi juga yang prokariot bahkan yang tergolong aseuler (virus). Oleh karena itu kajian tentang kromosom seharusnya yang dimaksud adalah kromosom selengkapnya, yaitu yang dimiliki oleh kelompok makhluk hidup aseuler (virus/fag), seluler prokariot, dan seluler eukariot. Aspek tentang kromosom terkait dengan pengertian, struktur, bentuk, jumlah dan ukuran, bagian serta macam kromosom.

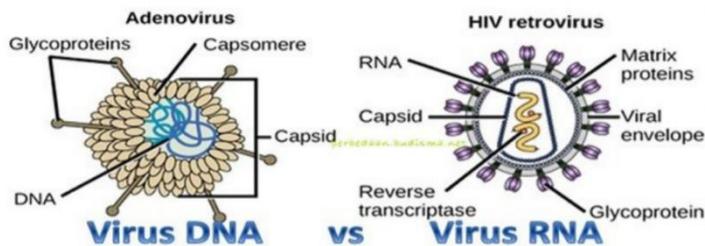
### 1. Kromosom dan Struktur Kromosom Pada Kelompok Aseluler

Kromosom pada kelompok aseuler berupa asam nukleat murni berupa DNA telanjang misalnya virus. Kromosom adalah asam nukleat murni berupa RNA telanjang misalnya retrovirus. Kromosom berupa genom asam nukleat telanjang atau asam nukleat murni, karena tidak berasosiasi dengan senyawa lain.



**Gambar 15. Virus dan Materi Genetik Berupa DNA Telanjang**  
(Rahmadina, 2019)

Struktur kromosom pada virus (bukan retrovirus) adalah kromosom tersusun atas molekul DNA telanjang tanpa bergabung dengan senyawa lain seperti protein dsb, pada sebagian kelompok virus molekul DNA merupakan helix ganda, pada kelompok virus tertentu berupa untai tunggal. Kromosom retrovirus tersusun atas molekul RNA telanjang tanpa bergabung dengan senyawa seperti protein.



**Gambar 16. Bentuk DNA dan RNA Virus**  
(Rahmadina, 2019)

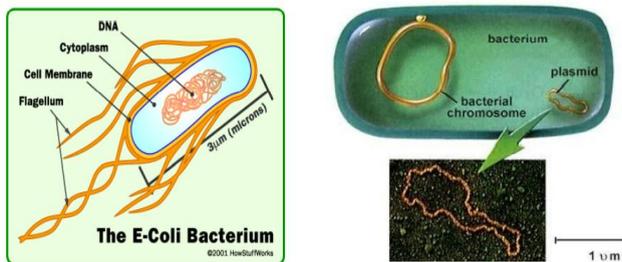
Perbedaan antara Virus DNA dengan Virus RNA

- Sebagian besar virus DNA untai ganda, sedangkan RNA virus yang beruntai tunggal.
- Laju mutasi RNA lebih tinggi dari laju mutasi DNA.
- Semua virus RNA mengalami replikasi di dalam sitoplasma sel, sedangkan semua virus DNA kecuali poxvirus di nukleus sel.
- Virus DNA stabil, sedangkan virus RNA tidak stabil.

## 2. Kromosom dan Struktur Kromosom pada Kelompok Prokariotik

Kromosom pada kelompok prokariotik berupa molekul DNA mengandung sejumlah gen) yang bergabung dengan protein tertentu bukan histon yang disebut juga dengan nukleoid. Nukleoid digambarkan sebagai molekul yang te-

panjang (tanpa protein dan tidak memiliki morfologi yang kompleks seperti pada materi genetik eukariotik). Kromosom tersusun dari molekul DNA ganda yang bergabung dengan protein tertentu bukan histon seperti pada kelompok eukariot serta RNA. Berkenaan dengan E-coli, sebelum 1976 memang ada dugaan yang menyatakan kromosom E-coli hanya tersusun dari molekul DNA telanjang, tetapi dewasa ini sudah diketahui bahwa kromosom tersebut terdiri dari molekul DNA yang bergabung dengan beberapa macam protein tertentu dan RNA. Protein dan RNA itulah yang menyebabkan kromosom E-coli berada dalam kondisi sangat terkondensasi. Dua di antara protein-protein kromosom E-coli tersebut, yaitu protein HU dan H mirip dengan protein struktural histon yang bergabung dengan DNA eukariotik.



**Gambar 17. Anatomi Bakteri E-Coli**  
(Rahmadina, 2019)

Kromosom E-coli mempunyai keliling sebesar 1,6 mm, sedangkan sel E.coli itu sendiri  $1,0 \times 2,0 \mu\text{m}$ . Hal ini bisa terjadi karena adanya protein yang menyusun DNA, membungkus genom. Tidak ada intron di dalam gen di segmen genom E-coli. Penelitian lebih lanjut yang dilakukan menunjukkan hasil bahwa materi genetik (kromosom) prokariot berbentuk gulungan-gulungan di dalam sel. Superkoil terjadi jika ada putaran tambahan ke dalam peng-

ganti DNA dua helix disebut superkoil positif. Jika putaran dihilangkan disebut superkoil negative. Enzim yang mengontrol superkoil yaitu DNA gyrase dan DNA topoisomerase I.

### **3. Kromosom atau Materi Genetik pada Organela Eukariotik**

Pada sel eukariot, selain di dalam inti, kromosom juga ditemukan dalam organel misalnya mitokondria dan kloroplas. Kromosom dalam mitokondria dan kloroplas mirip dengan yang dimiliki oleh sel sel prokariot.

#### **a. DNA Mitokondria**

Mitokondria mengandung DNA dalam jumlah yang kecil dibandingkan DNA pada inti sel. Struktur kromosom mitokondria berupa molekul DNA unting ganda yang sangat melilit, tidak berasosiasi dengan protein semacam histon. Tetapi berasosiasi dengan protein tertentu bukan histon dan tidak membentuk bentukan nukleosom semacam yang ditemukan pada kromosom inti sel eukariot.

Genom mitokondria mengandung gen non-coding rRNAs dan beberapa komponen protein yang berhubungan dengan rantai respirasi yang akhirnya menjadi komponen biokimia dalam mitokondria. Selain itu gen-rich genomes juga mengkode tRNAs, ribosomal protein, dan protein lain yang melibatkan transkripsi, translasi dan transport dari protein lain ke dalam mitokondrion. Keberadaan DNA mitokondria ini bersifat otonom dari aktivitas DNA inti. mtDNA memiliki perbedaan dengan DNA inti dalam hal proporsi GC dan AT. Pada mtDNA proporsi GC adalah sebesar 21% sedangkan pada DNA inti proporsi GC adalah 40%. mtDNA memiliki ukuran yang lebih kecil dibanding DNA inti. mtDNA ini berben-

tuk sirkuler sehingga mudah diisolasi dan dikarakterisasi. Jumlah mtDNA pada setiap mitokondria bervariasi. Misalnya pada sel telur, mengandung mitokondria dalam jumlah yang banyak, hampir sepertiga total DNA inti.

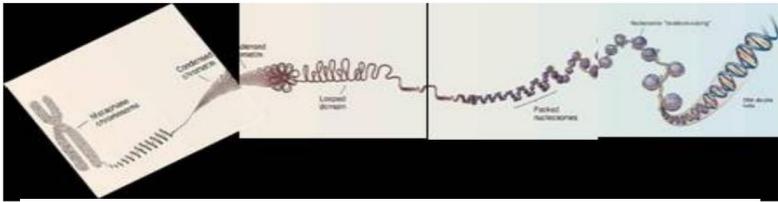
### **b. DNA Kloroplas (cpDNA)**

Kromosom kloroplas berupa DNA unting ganda telanjang tanpa asosiasi dengan protein struktural tertentu dan sangat melilit (Russel, 1992). Struktur genom kloroplas sama dengan struktur genom mitokondria. Pada tumbuhan tingkat tinggi, ukuran cpDNA berkisar antara 120 hingga 160 kb. Pada alga ukuran cpDNA jauh lebih besar, antara 85 hingga 292 kb. DNA kloroplas lebih besar dari pada DNA mitokondria hewan, dengan ukuran antara 80 kb-600 kb.

Bentuk cpDNA adalah sirkuler. Seperti halnya mtDNA, pada tiap kloroplas juga terkandung beberapa kopian cpDNA. Gen yang terdapat pada cpDNA dapat dikelompokkan menjadi 2, yaitu 1) gen yang mengkode komponen biosintesis kloroplas (sub unit RNA polymerase, komponen struktural ribosom kloroplas atau RNA ribosom yakni 16 S; 23 S; 4,5 S; 5 S dan tRNA) dan 2) gen yang mengkode komponen spesifik untuk proses fotosintesis (fotosistem I dan II serta rantai transport elektron). Kebanyakan genom kloroplas memiliki sekitar 200 gen, mengkode rRNAs dan tRNAs, seperti halnya protein ribosomal dan protein yang terlibat dalam fotosintesis. Sebagian dari protein yang dikode oleh genom organel bersifat sangat hidrofobik dan tidak bisa diangkut melalui selaput yang mengelilingi mitokondria dan kloroplas, sehingga tidak dapat dipindahkan ke sitoplasma.

#### 4. Kromosom dan Struktur Kromosom pada Inti Eukariotik

Materi genetik pada inti eukariot berupa nucleoprotein yang terdiri dari DNA, RNA, protein histon dan non histon. DNA berpilin melilit oktamer histon (H2a, H2b, H3, H4 dengan masing-masing berjumlah dua) dan kemudian lilitan tersebut ditemplei protein histon H1.



**Gambar 18. Kromosom Eukariotik**  
(Rahmadina, 2019)

Bentukan antara DNA yang melilit protein histon tersebut dinamakan nukleosom. Nukleosom-nukleosom akan tersusun sepanjang rantai DNA membentuk bentukan yang dikenal dengan kromosom. Dalam keadaan sel sedang giat melakukan metabolisme, kromosom eukariotik tidak nampak, yang nampak adalah benang-benang kromatin. Kromosom baru nampak apabila sel sedang membelah diri. Kromosom, biasanya diambil pada jaringan yang sedang aktif membelah.

Misalnya jaringan yang terdapat di ujung batang, ujung akar, lingkaran kambium, kelenjar, epitel dan tulang. Kondensasi pelipatan berkali-kali dari nukleoprotein yang menyebabkan diameter kromosom terlihat 6000Å. Wujud kromosom dengan diameter 6000Å menghasilkan kromosom metaphase yang dapat diamati dengan mikroskop.

Sebagai gambaran jika diameter benang kromatin selama interfase adalah  $3000\text{\AA}$ , maka diameter kromosom metaphase adalah  $6000\text{\AA}$ . Struktur kromosom metaphase tidak tergantung pada protein histon, tapi justru tergantung pada protein non-histon yang berperan sebagai kerangka kromosom metaphase di antaranya protein topoisomerase.

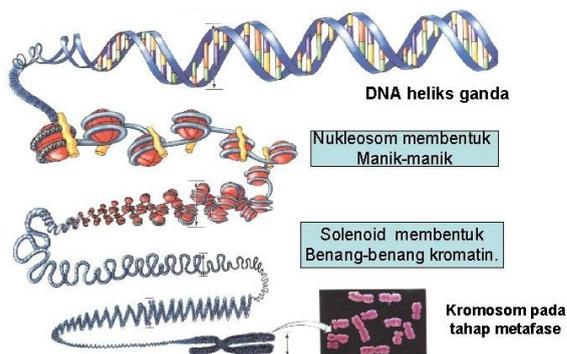
Komponen penyusun kromosom eukariotik adalah protein histon dan non-histon. Protein histon adalah protein yang bersifat basa yang banyak mengandung asam amino arginin dan lisin. Terdapat lima macam protein histon yaitu H1, H2A, H2B, H3 dan H4. Struktur primer protein ini mantap dan terpelihara selama evolusi. Protein ini penting dalam mempertahankan integritas fungsi dan struktur kromatin.

Protein non-histon adalah protein yang bersifat asam, separuh dari protein ini merupakan enzim-enzim dan faktor-faktor yang berperan dalam replikasi DNA, tRNAskripsi dan pengaturannya protein kurang berfungsi dalam menjaga integritas fungsi dan struktur kromatin. Protein nonhiston adalah protein yang bersifat asam. Separuh dari protein ini merupakan enzim-enzim dan faktor-faktor yang berperan dalam replikasi DNA, transkripsi dan pengaturannya. Berbeda dengan protein histon, protein non-histon kurang berfungsi dalam menjaga integritas fungsi dan struktur kromatin.

Cara penyusunan molekul DNA dan protein dalam kromosom sebenarnya cukup rumit. Asosiasi DNA dan protein histon memperlihatkan bentukan serupa manik-manik sepanjang molekul DNA disebut nukleosom yang dapat terlihat pada mikroskop elektron. Penggalan DNA yang menghubungkan nukleosom dengan lainnya disebut penghubung atau linker.

Tiap nukleosom terdapat empat macam protein histon yaitu H2a, H2b, H3 dan H4, masing-masing sebanyak 2 molekul. Jadi setiap nukleosom terdapat delapan atau oktamer molekul protein histon. Tiap oktamer dililiti DNA sebanyak hampir dua kali. Ukuran DNA yang meliliti tiap oktamer itu sepanjang 146 pasang nukleotida sama pada semua eukariot. Selanjutnya unit-unit nukleosom tersusun padat membentuk benang yang lebih padat dan menjadi lipatan-lipatan solenoid. Lipatan solenoid tersusun padat menjadi benang kromatin.

Kromosom terdiri dari bagian yang gelap dan terang berselang seling. Bagian gelap di sebut daerah Heterokromatin yakni lipatan nukleoprotein yang begitu padat dan bertumpuk-tumpuk. Dengan pewarnaan, bagian bertumpuk itu akan menyerap warna merah sehingga nampak tebal dan pendek. Bagian terang disebut daerah Eukromatin: lipatan nukleoprotein tetapi tidak sepadat pada bagian gelap. Gulungan nukleotida pada interfase sebagian besar terbuka (teregang) sehingga kromosom tampak panjang ramping. Pada profase gulungan melipat-lipat tampak tebal dan pendek.



**Gambar 19. Pengemasan DNA dalam Kromosom**  
(<https://slidetodoc.com/bab-3-substansi-genetika-kromosom-bagianbagian-kromosom-1/>)

Bila kromosom terdiri dari eukromatin, maka kromosom tersebut aktif, artinya gen-gen di dalamnya diekspresikan. Sedang apabila kromosom mengandung heterokromatin, maka kromosom tersebut tidak aktif (sedang tidur) artinya gen-gen di dalamnya tidak diekspresikan. Daerah eukromatin dapat menjadi daerah heterokromatin dan sebaliknya daerah heterokromatin dapat menjadi daerah eukromatin. Berdasarkan kenyataan ini dapat diketahui bahwa gen-gen yang ada dalam kromosom itu tidak selalu giat melakukan transkripsi, tergantung kebutuhan sel itu.

#### **a. Gen**

Konsep gen berkembang setelah penemuan Mendel tentang segregasi dan pemilihan bebas. Pada awalnya gen diduga mempunyai beberapa sifat khusus yaitu;

- 1) Suatu unit keturunan yang diwariskan dari generasi ke generasi berikutnya.
- 2) Suatu unit fungsional yang menghasilkan suatu fenotip.
- 3) Suatu aspek fungsional yang menyebabkan duplikasi sendiri.

Berdasarkan perkembangan prinsip genetika dasar dan macam-macam pola pewarisan, maka timbul pertanyaan: apa yang diwariskan? Gen tersusun dari apa dan bagaimana gen-gen itu mengatur dan menampakkan pengaruh seperti yang kita lihat? Pengetahuan tentang pengaturan asam deoksiribonukleat (DNA) di dalam kromosom akan memperjelas bagaimana gen dibentuk dan mengatur sintesis protein.

Pengertian gen sebelum ditemukan mikroskop elektron, dinyatakan bahwa gen-gen adalah elemen-elemen yang terpisah, teratur secara linier seperti manik-manik pada sebuah tali. Gen dianggap sebagai satu

unit keturunan dan tidak dapat membelah, yang diwariskan dari ke generasi-generasi berikutnya. Gen dikenal sebagai suatu daerah kecil pada kromosom. Di mana tidak terlihat adanya pindah silang atau pematangan kromosom. Suatu gen tertentu dari suatu individu dapat diwariskan melalui gametnya kepada 50 persen dari keturunannya. Secara molekuler, bahan genetik yang diketahui sebagai DNA menunjukkan bahwa satu gen adalah satu susunan nukleotida (satu basa purin atau pirimidin melekat pada asam fosfat). Ukuran gen ditaksir 4-50 m $\mu$ .

Istilah gen ditemukan oleh W. Johannsen (1909) sebagai pengganti istilah determinant, faktor atau element yang disebut Gregor Mendel. Gen adalah segmen DNA dari DNA satu ke DNA lain. Pada molekul DNA terdapat gen, dalam hal ini gen merupakan urutan nukleotida tertentu dari DNA yang mengekspresikan sifat tertentu yang mengkode pembentukan suatu polipeptida, yang mengkode pembentukan suatu RNA atau yang dibutuhkan untuk transkripsi gen lain. Oleh karena itu sifat makhluk hidup ditentukan oleh gen. Jadi gen adalah bagian dari DNA yang mengekspresikan sifat tertentu.

Bagaimana hubungan DNA, gen dan kromosom? Secara struktural gen adalah segmen DNA yang terangkai/bersambung memanjang membentuk kromosom. Sebagaimana Gadrner, 1991:67 menyatakan bahwa "*Gen are organized into linear array in chromosomes*" atau Gen adalah organisasi dari kesatuan ukuran panjang/segmen yang punya kesatuan arti dalam kromosom. Jadi gen adalah bagian dari kromosom. Gen adalah urutan DNA berasosiasi dengan protein histon membentuk nukleosom dan berkondensasi membentuk ba-

dan yang disebut kromosom. Gen menumbuhkan serta mengatur berbagai jenis karakter dalam tubuh, karakter fisik (morfologi, anatomi, fisiologi) maupun karakter psikis (pemalu, pemarah, penakut, ingin). Menumbuhkan dan mengatur karakter adalah lewat proses sintesa protein dalam sel.

Saat ini telah diketahui bahwa karakter atau sifat makhluk hidup muncul sebagai produk rangkaian reaksi biokimiawi. Setiap tahap reaksi biokimiawi itu dikatalisasi oleh enzim dan protein enzim itu tersusun dari polipeptida-polipeptida yang pembentukannya dikontrol oleh faktor atau gen. Reaksi biokimiawi merupakan reaksi yang bercabang-cabang. Berdasarkan masing-masing urutan reaksi biokimiawi terlihat bahwa karakter atau sifat makhluk hidup dikontrol oleh gen.

## **b. Bentuk Kromosom**

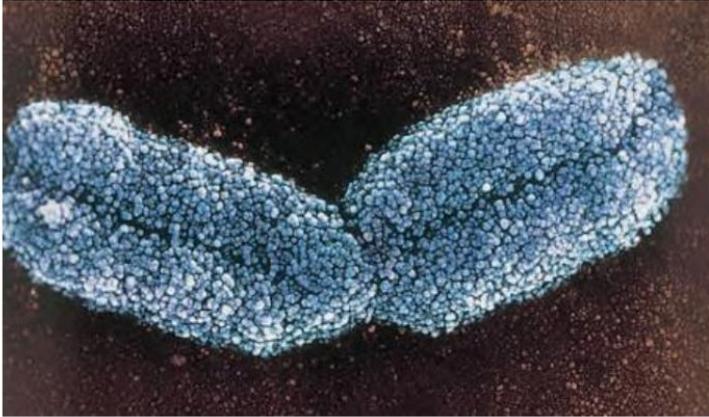
Bentuk kromosom dikenal selama ini adalah linier. Kromosom kelamin X berbentuk lurus dan kromosom Y berbentuk seperti jangkar. Bentuk kromosom ini hanya mencakup kromosom pada inti sel eukariot. Terdapat berbagai bentuk kromosom pada kelompok makhluk hidup. Bentuk kromosom pada kelompok virus beragam. Sebagian virus berbentuk batang (linier), sebagian sirkuler atau cincin, beberapa virus ada berbentuk linear tetapi pada keadaan tertentu berbentuk sirkuler (misalnya virus fag  $\lambda$ ).

Bentuk kromosom prokariot adalah berupa DNA unting ganda sirkuler atau cincin. Misalnya E-Coli berbentuk cincin. Bentuk kromosom eukariot berapa pun jumlahnya adalah berbentuk linier atau batang. Bentuk kromosom pada organel mitokondria dan kloroplas adalah sirkuler atau cincin seperti pada kelompok pro-

kariot. Kromosom memiliki bentuk yang beragam pada tahap metafase saat pembelahan sel. Bentuk kromosom yang beragam berdasarkan letak sentromernya; ada yang berbentuk metasentris, submetasentris, akrosentris, dan telosentris.

Sentromer adalah daerah lekukan pada kromosom dan juga sebagai letak kinetokor (tempat tertautnya spindle fiber saat pembelahan sel). Kromosom merupakan Struktur padat yang terdiri dari protein dan DNA. Kromosom memiliki struktur unik sebagai bentuk pengemasan gen. Dengan kata lain di dalam kromosom terdapat lokus-lokus gen, yaitu posisi dan letak suatu gen di dalam kromosom. Gen itu sendiri adalah rentangan DNA atau sekuens DNA yang menentukan suatu protein. Menurut dogma genetik bahwa "*one gen one polipeptida*". Untuk satu jenis kromosom dapat mengandung ribuan gen seperti pada kromosom nomor satu manusia.

Berdasarkan Human Genome Project, kromosom nomor satu manusia disusun oleh 3.141 gen dan 1.000 di antaranya merupakan gen yang baru ditemukan. Kromosom 1 memiliki jumlah gen hingga dua kali lipat kromosom pada umumnya dan menyusun sekitar 8 persen genom manusia. Bentuk kromosom dengan membentuk kromatid tersebut adalah bentuk kromosom pada saat tahap pembelahan sel. Pada tahap kromosom berduplikasi dalam mekanisme pertumbuhan ataupun pewarisan. Baik melalui meiosis maupun mitosis.



**Gambar 20. Pengemasan DNA dalam Kromosom**  
(Pierce, 2016 dalam Yunus Effendi, 2020)

### **c. Jumlah Kromosom**

Jumlah kromosom macam-macam virus sebanyak satu buah berupa molekul DNA atau RNA baik unting ganda maupun unting tunggal, linier atau sirkuler. Jumlah kromosom bakteri adalah satu buah. Kromosom bakteri berupa satu molekul DNA unting ganda sirkuler yang berasosiasi dengan protein tertentu.

Jumlah kromosom spesies eukariotik beraneka-ragam baik hewan maupun tumbuhan, diploid maupun monoploid. Kesamaan jumlah kromosom baik virus, makhluk hidup prokariot dan eukariot bukan indikator dari kesamaan spesies. Jumlah kromosom mitokondria dan kloroplas hanya satu buah berbentuk sirkuler. Banyak kopi DNA pada mitokondria atau kloroplas bukan hanya satu molekul per organel. Misalnya kopi DNA mitokondria pada vertebrata berkisar 5-10 molekul per mitokondria, pada tumbuhan berkisar 20-40 molekul per mitokondria.

#### d. Bagian Kromosom

Bagian kromosom yang dijelaskan ini adalah kromosom yang terdapat pada inti sel eukariotik selama metaphase mitosis. Bagian utama kromosom digambarkan sebagai protein yang menyelaputi DNA. Penggambaran kromosom seperti ini sebelum ditemukan mikroskop elektron. Dengan penemuan mikroskop elektron maka struktur kromosom dapat digambarkan secara molekuler sehingga struktur kromosom yang terdiri atas selaput, matriks dan DNA hendaknya sudah saatnya dihilangkan atau jangan ditampilkan lagi.

Bagian utama kromosom eukariotik adalah genom/DNA/RNA. Jadi bagian yang pokok adalah asam nukleat. Protein bukan bagian utama. Jadi fungsi kromosom adalah membawa faktor keturunan pada bagian genomnya bukan proteinnya. Sebenarnya tidak ada selaput luar pembungkus kromosom, demikian juga tidak ada bagian yang disebut matriks karena kenyataannya bukan protein yang menyelaputi DNA tetapi DNA yang meliliti protein histon. Selanjutnya kromosom dibagi atas lengan dan sentromer.

Kromosom adalah polinukleotida DNA yang bersambung memanjang dan tidak terpotong. DNA sebagai sentromer, adalah sebagai penyempitan primer *constriction*. Pada beberapa kromosom (tidak semua kromosom) ada yang memiliki satelit kromosom di bagian ujung lengan kromosom. Sentromer bukan *center of chromosom*. Sentromer adalah penyempitan kromosom, letak sentromer tidak selalu di tengah. Berdasarkan letak sentromernya kromosom digolongkan metasentrik, sub metasentrik, akrosentrik, dan telosentrik. Fungsi kromosom tidak pernah terkait dengan fungsi sentromer.

### **e. Macam-macam Kromosom (Kromosom Autosom dan Gonosom)**

Kromosom eukariotik terdiri atas kromosom autosom dan kromosom gonosom. Perbedaan kromosom seperti ini hanya berlaku untuk organisme seluler di dalam inti, pada makhluk hidup yang mempunyai perkawinan yang jelas. Istilah kromosom tubuh dan kromosom kelamin lebih sering menyebabkan miskonsepsi. Oleh sebab itu penulis lebih setuju dengan penggunaan istilah kromosom autosom dan gonosom daripada menggunakan istilah kromosom tubuh dan kromosom kelamin.

Dimanakah letak kromosom tubuh dan di manakah letak kromosom kelamin pada organisme eukariotik? Miskonsepsi sering terjadi akibat istilah kromosom tubuh sehingga dianggap kromosom tubuh hanya berada di sel tubuh dan kromosom seks hanya berada di sel kelamin. Konsep yang benar adalah kromosom tubuh terletak di semua bagian sel individu baik sel tubuh maupun sel kelamin. Kromosom kelamin terletak di semua bagian sel individu baik sel tubuh maupun sel kelamin.

Berapakah jumlah kromosom kelamin pada setiap sel makhluk hidup eukariotik? Miskonsepsi sering terjadi bahwa kromosom kelamin berjumlah sepasang dan hanya terdapat pada sel gamet. Sel gamet hanya berisi sepasang kromosom kelamin dan tidak ada kromosom tubuh. Konsep yang benar adalah kromosom kelamin berjumlah sepasang pada setiap sel tubuh. Kromosom kelamin berjumlah satu pada setiap sel gamet. Karena sel tubuh makhluk hidup mengandung  $2N$  kromosom sedangkan sel gamet mengandung separuh/seperangkat kromosom ( $1N$ ).

Apa perbedaan kromosom autosom dengan kromosom gonosom eukariotik? Awal abad 20 E.B Wilson menyatakan X body (yang ditemukan McClung 1902 yang dibenarkan Henking) adalah suatu kromosom yang menentukan kelamin sehingga sejak itu dikenal sebagai kromosom kelamin karena ditemukan fenomena zigot XY akan menjadi individu jantan sedangkan zigot XX akan menjadi individu betina. Pengertiannya sekarang bahwa kromosom gonosom adalah kromosom yang keberadaannya membedakan individu tersebut jantan atau betina.

Apa fungsi kromosom kelamin dan kromosom tubuh eukariotik? Miskonsepsi sering terjadi bahwa kromosom kelamin menentukan jenis kelamin, kromosom tubuh menentukan karakter tubuh. Konsep yang benar adalah kromosom kelamin bukan satu satunya yang menentukan ekspresi kelamin. Yang bertanggung jawab atas munculnya fenotip adalah gen yang terletak pada kromosom autosom, pada kromosom kelamin atau pada keduanya. Kedua kromosom baik autosom dan gonosom dapat mengekspresikan sifat-sifat yang terkait ciri fenotip baik morfologi, psikis maupun ekspresi kelamin.

Misalnya kromosom Y manusia mengandung sedikit gen yang memperlihatkan efek secara fenotip. Gen-gen yang terdapat pada kromosom kelamin Y manusia adalah gen-gen holandrik yakni gen yang selalu dan hanya diwariskan oleh seorang ayah kepada semua anak laki-laki. Misalnya gen H menyebabkan tumbuhnya rambut dibagian tertentu di tepi daun telinga, gen HG menyebabkan pertumbuhan rambut panjang dan kaku di permukaan tubuh, gen WT yakni jari-jari berselaput, gen H-Y yang bertanggung jawab terhadap penge-

nal antigen pada jaringan individu jantan dan TDF.

Misalnya kromosom kelamin X pada manusia mengandung gen yang mengekspresikan cacat bawaan resesif misalnya Lesch-Nyhan Syndrome, Hunter Syndrome. Jadi jelas bahwa kromosom autosom dan gonosom mengandung gen yang mengekspresikan sifat-sifat yang terkait ciri fenotip baik morfologi, psikis maupun ekspresi kelamin. Meskipun demikian memang pada golongan eukariotik tingkat tinggi seperti pada mamalia nampak bahwa kromosom kelamin berfungsi dalam mengekspresikan sifat-sifat terkait jantan dan betina.

Pembentukan testis dikendalikan gen-gen yang terdapat pada kromosom Y yakni gen TDF (*Testis Determining Factor*) yang bertanggung jawab terhadap perkembangan testis sehingga jenis kelamin Mammalia ditentukan oleh kromosom Y dan bukan oleh perimbangan X/A seperti pada *Drosophila*. Perkembangan dalam jalur jantan dipengaruhi juga oleh satu gen (Tfm) yang terpaut pada satu-satunya kromosom kelamin X (individu jantan). Gen Tfm itu mengendalikan pembentukan suatu protein pengikat testosteron (testosterone-binding protein), yang ada pada sitoplasma dan semua sel, baik jantan maupun betina. Walaupun demikian ingat bahwa pada kromosom kelamin X eukariotik terdapat juga gen yang berperan dalam penampakan fenotip seperti sifat hemoglobin, buta wRNAa, bisu tuli. Sedangkan kromosom Y tidak memiliki gen-gen itu.

### C. Genetika Mendel

Gregor Mendel (1822-1884), orang Austria, pantas dinyatakan sebagai “Bapak Genetika”, karena ia adalah orang yang pertama kali melakukan percobaan perkawinan silang, yang dilakukan pada beberapa jenis tanaman kapri (*Pisum sativum*), untuk mempelajari perbedaan sifat satu dengan lainnya. Percobaan ini dilakukan selama tujuh tahun. Mendel memilih tanaman kapri dalam percobaannya, karena tanaman ini mempunyai umur yang pendek, mudah tumbuh, dapat disilangkan secara buatan dan mempunyai sifat-sifat dengan perbedaan karakter yang kontras. Lebih jelasnya Mendel memilih tanaman ercis untuk percobaannya karena;

1. Tanaman ini hidupnya tidak lama (merupakan tanaman setahun), mudah tumbuh dan mudah disilangkan.
2. Memiliki bunga sempurna, artinya pada bunga itu terdapat benang sari (alat jantan) dan putik (alat betina), sehingga biasanya terjadi penyerbukan sendiri. Perkawinan silang dapat berlangsung asal dengan pertolongan orang. Penyerbukan sendiri yang berlangsung beberapa generasi terus-menerus akan menghasilkan galur murni, yaitu keturunan yang selalu memiliki sifat keturunan yang selalu memiliki sifat keturunan yang sama dengan induknya.
3. Tanaman ini memiliki tujuh sifat dengan perbedaan yang menyolok, seperti batang tinggi lawan kerdil, buah polongan berwarna hijau lawan kuning, bunga berwarna ungu lawan putih, bunganya terletak aksilar (sepanjang batang) lawan terminal (pada ujung batang), biji yang masak berwarna hijau lawan kuning, permukaan biji licin lawan berkerut, warna kulit biji abu-abu lawan putih.

Sifat-sifat tanaman yang dipergunakan Mendel dalam percobaannya adalah: tinggi tanaman (tinggi dan pendek), warna bunga (ungu dan putih), letak bunga (di sepanjang batang dan di ujung batang), warna buah polong (hijau dan

kuning), bentuk polong (menggelembung dan pipih), warna kulit biji (kuning dan hijau) dan bentuk biji (bulat dan berkerut).

## **D. Siombol dan Terminologi**

Sebelum membahas konsep-konsep genetika diperlukan pengetahuan dasar tentang simbol dan terminologi yaitu;

### **1. Gen**

Nukleotida tertentu dengan panjang tertentu yang mengkode satu protein yang menentukan sifat.

### **2. Kromosom**

Hasil kondensasi dari kromatin yang terdiri atas lengan dan sentromer.

### **3. Hibrid**

Hasil perkawinan 2 individu yang mempunyai sifat beda (monohibrid = 1 sifat beda, dihibrid = 2 sifat beda)

### **4. Gamet**

Sel kelamin hasil pembelahan reduksi dengan kualitas kromosom haploid. Gamet atau sel kelamin ini mempunyai separuh dari jumlah kromosom yang terdapat di dalam sel somatik, sehingga disebut bersifat haploid ( $n$  kromosom).

### **5. Fenotip**

Sifat keturunan pada individu yang dapat diamati (warna, bentuk dan sebagainya).

### **6. Genotip**

Susunan genetik yang tidak nampak dan dinyatakan dengan simbol (AA, Ab).

### **7. Homozigot**

Individu yang genotipnya tersusun dari gen-gen semacam (aa, BB).

### **8. Heterozigot**

Individu yang genotipnya tersusun dari gen-gen yang berlainan tetapi sejenis (Aa).

**9. Dominan**

Sifat yang mengalahkan/ menutupi sifat lain.

**10. Resesif**

Sifat yang dikalahkan/ ditutupi sifat lain.

**11. Intermedier**

Sifat diantara kedua tanaman induk.

**12. Parental**

(P) Induk (orang tua).

**13. Filial (F)**

Keturunan (F1, F2 dst.).

**14. Alel**

Anggota dari sepasang gen, yang biasanya memberi pengaruh berlawanan

## Latihan 5

1. Jelaskan apa yang dimaksud dengan kromosom

Jawab

.....

.....

.....

.....

.....

2. Jelaskan perbedaan kromosom autosom dengan kromosom gonosom eukariotik

Jawab

.....

.....

.....

.....

.....

3. Jelaskan bagaimana hubungan DNA, gen dan kromosom

Jawab

.....

.....

.....

.....

.....

4. Berapakah jumlah kromosom kelamin pada setiap sel makhluk hidup eukariotik

Jawab

.....

.....

.....

.....

.....



# PEWARISAN SIFAT

## A. Mitosis

Seperti telah Anda ketahui bahwa makhluk hidup dalam kehidupannya mengalami pertumbuhan. Pertumbuhan berarti ada penambahan sel-sel tubuh sehingga makhluk hidup akan bertambah jumlah selnya atau sel-sel itu bertambah dengan membelah diri. Sel-sel membelah diri selain untuk menambah jumlah sel sewaktu tubuh mengalami pertumbuhan, sel-sel tersebut membelah diri untuk mengganti sel-sel tubuh yang telah aus. Sel-sel anak yang dihasilkan dari pembelahan sel ini mempunyai susunan dan fungsi yang sama dengan sel induk.

Pembelahan sel terdiri dari dua tingkatan, yaitu mitosis dan sitokinesis. Mitosis, disebut sebagai pembelahan inti, dapat dikatakan sebagai jalan atau cara di mana materi genetika yang terdapat pada kromosom, dibagikan sama kepada dua inti sel anak. Sitokinesis adalah pembelahan sitoplasma sel induk dan memisahkan inti anak menjadi sel anak yang terpisah. Mitosis pada umumnya diikuti dengan sitokinesis sehingga waktu pembicaraan mitosis sudah tercakup peristiwa

sitokinesis. Mitosis merupakan suatu proses yang kontinu yang dapat dibagi menjadi empat fase utama, yaitu profase, metafase, anafase, dan telofase, di mana setiap fase mempunyai ciri bentuk dan tingkah laku kromosom yang khusus.

### **1. Profase**

Pada awal profase, kromosom secara bertahap tampak bagai benang yang panjang tersebar tak teratur pada inti sel. Selama fase itu berlangsung, benang tadi memendek dan menebal dan kromosom tampak terdiri dari dua benang yang disebut kromatid. Kedua kromatid diikat satu sama lain oleh sebuah sentromer. Pada akhir profase, anak inti (nukleolus) secara bertahap tidak tampak dan akhirnya hilang. Setelah itu, selaput inti (membran inti) hilang dan merupakan tanda dari akhir profase.

### **2. Metafase**

Metafase bermula dengan tampaknya gelendong (*spindle*) yang tersusun sebagai benang gelendong (*spindle fiber*), yang terbentang menghubungkan kedua kutub inti. Selama metafase, kromosom, masing-masing terdiri dari dua kromatid, tersusun sedemikian rupa sehingga setiap sentromer terletak pada bidang ekuator melekat pada benang gelendong. Beberapa benang gelendong terentang dari kutub ke kutub tanpa membawa kromosom melekat padanya. Apabila semua kromosom telah bergerak ke bidang ekuator, sel telah mencapai fase metafase penuh. Sekarang kedua kromatid siap untuk berpisah.

### **3. Anafase**

Selama anafase, kromatid dari setiap kromosom saling memisahkan diri dan membentuk kromosom anak. Kemudian sentromer membelah dan kedua kromosom anak akan

saling berpisah yang kemudian menuju ke kutub yang berlawanan.

#### **4. Telophase**

Selama telofase, pemisahan dua perangkat kromosom selesai dengan munculnya kembali selaput inti. Demikian pula anak inti terbentuk kembali. Pada fase ini kromosom mulai tidak tampak, memanjang, dan berubah menjadi benang tipis lagi. Apabila proses ini selesai dan dua anak inti memasuki fase interfase, yang kemudian akan mengalami mitosis lagi pada suatu saat.

### **B. Meiosis**

Meiosis berlangsung pada sel-sel diploid ( $2n$ ) yang akan menghasilkan sel-sel haploid ( $n$ ), apakah itu gamet atau spora. Fase ini merupakan mekanisme di mana jumlah kromosom ( $2n$ ) berkurang menjadi setengahnya ( $n$ ) pada saat pembentukan gamet atau spora. Mengetahui tingkah laku kromosom sewaktu meiosis sangatlah penting untuk mengetahui mekanisme pewarisan sifat. Meiosis terdiri dari dua tingkat: meiosis I dan meiosis II, di mana masing-masing tingkatan mengikuti fase-fase yang sama yaitu: profase, metafase, anafase, dan telofase.

#### **1. Meiosis I**

Pada profase I (profase pada meiosis I), kromosom tampak sebagai benang yang panjang. Kemudian memendek dan berpasangan dengan kromosom yang homolog (sinapsis) membentuk pasangan kromosom yang homolog dan disebut bivalen (diad). Selanjutnya, kromosom membelah pada arah memanjang dan menghasilkan empat buah kromatid yang disebut tetrad. Kemudian akan terjadi pindah silang antar kromatid yang homolog pada titik persilangan (khiasma). Selaput inti hilang, demikian juga anak inti.

Kromosom homolog mulai tampak memisahkan diri dan kromatid yang telah bersilangan memisahkan diri.

Pada metafase I, benang gelendong mulai tampak. Pasangan kromosom masih berhubungan pada khiasma dan bergerak menuju bidang ekuator; dan sentromer akan terikat pada benang gelendong. Sentromer tampak tidak terletak pada bidang ekuator, melainkan terletak segaris pada kedua sisi bidang ekuator. Anafase I dimulai dengan memisahkan pasangan kromosom dan bergerak menuju kutub yang berlawanan. Oleh karena adanya pertukaran bagian-bagian dari kromatid selama pindah silang maka kromatid tidak sama (identik) lagi. Artinya gen yang berada pada masing-masing kromatid sudah berbeda susunannya.

## 2. Meiosis II

Pada permulaan meiosis II ini (profase II), kromatid masih terikat pada sentromer. Pembelahan selanjutnya sama halnya yang terjadi pada mitosis: selaput inti dan anak inti hilang pada akhir fase Profase II ini. Pada metafase II benang gelendong tampak dan pasangan kromosom bergerak ke arah bidang ekuator dengan sentromer terletak pada bidang ekuator.

Pada anafase II, sentromer membelah dan berpisah. Selanjutnya, kromatid menjadi kromosom anak inti dan menuju ke kutub yang berlawanan. Pada telofase II, kromosom secara lengkap telah terpisah dan terbentuklah empat anak inti dengan selaput inti dan anak inti, yang selanjutnya sel memasuki fase interfase. Sebagai hasil akhir dari meiosis ialah bahwa materi genetik pada sel diploid telah mengalami sekali replikasi dan dua kali pembelahan sehingga pada akhirnya dihasilkan sel anak yang masing-masing mempunyai setengah jumlah kromosom

yang dimiliki oleh sel diploid

Meiosis berbeda dengan mitosis dalam tiga hal berikut ini.

- a. Meskipun materi genetika mengalami sekali replikasi, terdapat pula dua pembelahan inti yang akhirnya menghasilkan empat inti anak.
- b. Masing-masing anak inti tersebut di atas adalah haploid ( $n$ ), yang mengandung setengah dari jumlah kromosom induk diploid ( $2n$ ).
- c. Inti anak yang dihasilkan melalui meiosis mengandung kombinasi kromosom baru akibat adanya peristiwa pindah silang.

### **C. Faktor yang Mempengaruhi Siklus Sel**

Frekuensi mitosis pada jaringan-jaringan yang berbeda dan pada spesies yang berbeda sangat beragam. Pada kondisi di mana makanan, suhu dan pH optimal maka panjang siklus sel (waktu generasi) dari setiap jenis sel adalah konstan. Pada kondisi yang kurang menguntungkan, siklus sel akan menjadi lambat yaitu waktu generasi lebih panjang. Masih belum mungkin untuk mempercepat siklus sel dan membuat sel tumbuh cepat walaupun itu hanya melalui percobaan.

Tampak bahwa panjang siklus sel merupakan waktu yang dibutuhkan oleh sel untuk melangsungkan beberapa program terdiri dari dua bagian yaitu satu harus melakukan replikasi bahan genetik di dalam kromosom dan yang lainnya adalah penggandaan seluruh penyusun sel yang dibutuhkan dalam pertumbuhannya. Jika kondisi optimal, bakteri dapat membelah setiap 20 menit. Pada sum-sum tulang manusia setiap detik dihasilkan 10 juta sel darah merah yang berarti setiap detik harus terjadi 10 juta mitosis. Sel-sel yang melapisi saluran pencernaan dan sel-sel yang terdapat pada lapisan reproduksi kulit membelah sangat cepat sepanjang hidupnya. Kebalikannya, pembelahan sel pada sistem saraf

pusat biasanya berhenti pada beberapa bulan pertama dari hidupnya.

Pada hampir semua sel hewan produksi substansi yang mengatur masuknya sel ke fase S atau fase M tergantung pada stimulasi oleh substansi pengatur tumbuh yang terdapat di dalam darah. Faktor pertumbuhan ini merupakan protein yang kecil dan bekerja secara khas pada beberapa jenis sel dan tidak pada sel lain. Seperti misalnya, faktor pertumbuhan saraf dibutuhkan bagi mitosis sel-sel saraf simpatis.

Substansi yang menghambat mitosis disebut kalone, yang mengawasi kerja faktor pertumbuhan. Kalone juga sangat khas dan hanya mempengaruhi jenis jaringan dimana substansi itu dihasilkan. Misalnya saja, kalone yang dihasilkan oleh sel-sel kulit menghambat mitosis sel-sel kulit tetangga. Rusaknya sel kulit diperkirakan karena kalone kurang dihasilkan, sehingga sel-sel disekitar kerusakan ini terlepas dari penghambatan ini.

Sel-sel mulai membelah menghasilkan jaringan baru untuk menyembuhkan luka. Jika sel-sel yang sehat telah cukup jumlahnya, sel-sel kemudian menghasilkan kalone untuk menghambat mitosis berikutnya dan menghentikan proses penyembuhan luka siklus sel juga dipengaruhi oleh obat-obatan tertentu. *Colchicine* merupakan obat yang digunakan untuk menahan pembelahan sel-sel eukariot. Substansi ini berikatan dengan protein mikrotubul dan ikut serta dalam fungsi spindle mitosis yang normal. Kromosom tidak dapat memisah secara tepat dan bergerak ke arah ujung sel yang berlawanan. Hasilnya adalah sel dapat mengakhiri dengan suatu kelompok kromosom yang berlebihan.

Sel tumbuhan dapat hidup walaupun diperlakukan dengan colchicines. Nyatanya, tumbuhan mengandung sel-sel dengan kelompok kromosom berlebih cenderung untuk lebih besar dan lebih aktif dari tumbuhan normal. Antibiotik seper-

ti *streptomysin* dan *tetracycline* mencegah mitosis secara tidak langsung dengan cara menghambat sintesis protein pada sel-sel prokariotik. Hal ini memperpanjang fase G1 dari siklus sel. Beberapa obat yang digunakan dalam pengobatan kanker dapat menahan satu atau beberapa enzim termasuk sintesis DNA dan pembelahan sel. Oleh karena sel-sel kanker membelah jauh lebih cepat dibanding kebanyakan sel tubuh normal lainnya, maka sangat dihambat oleh obat-obatan ini.

Untuk melaksanakan berbagai reaksi kimia yang penting bagi kelangsungan hidup, sel harus mampu mempertahankan lingkungan internal yang tepat. Sel harus mampu mengatur komposisinya sendiri, menciptakan kondisi yang konstan walaupun keadaan di luar sel berubah. Hal ini dapat terjadi karena secara fisik, seluruh sel bahkan yang paling sederhana sekalipun, terpisah dari lingkungan luar oleh membran sel yang juga disebut plasma membran.

## Latihan 6

1. Jelaskan apa yang dimaksud dengan mitosis dan meiosis

Jawab

.....

.....

.....

.....

.....

2. Sebutkan perbedaan dan jelaskan fase utama dalam mitosis

Jawab

.....

.....

.....

.....

.....

3. Jelaskan faktor yang mempengaruhi siklus sel

Jawab

.....

.....

.....

.....

.....

4. Jelaskan apa yang dimaksud dengan meiosis I dan meiosis II

Jawab

.....

.....

.....

.....

.....



# TES KOMPETENSI

## A. Pilihan Ganda

1. Sel pertama kali ditemukan oleh
  - A. Aristoteles
  - B. Robert Hooke
  - C. Matthias Schleiden
  - D. Theodor Schwann
  - E. Antonie Van Leeuwenhoek
  
2. Semua organisme hidup terdiri dari sel beserta produk-produknya adalah pernyataan dari teori
  - A. Teori Biologi Sel
  - B. Teori Sel
  - C. Teori Biokimia Sel
  - D. Teori Mikrobiologi
  - E. Teori Parasitologi
  
3. Sel merupakan struktur yang dibangun oleh komponen kimiawi berupa
  - A. Lipid
  - B. Organik dan Anorganik
  - C. Karbohidrat
  - D. Mineral
  - E. Biologi Molekuler

4. Yang termasuk golongan karbohidrat, yaitu
  - A. Steroid
  - B. Trigliseraldehid
  - C. Disakarida
  - D. Fosfolipid
  - E. Benar semua
  
5. Sebagai Pembentuk struktural sel adalah fungsi dari
  - A. Lipid
  - B. Polisakarida
  - C. Protein
  - D. Asam nukleat
  - E. Monosakarida
  
6. Sebagai pembatas *innercell* dengan *outercell* dan berhubungan langsung dengan transpor sel merupakan fungsi dari
  - A. Steroid
  - B. Asam Nukleata
  - C. Fosfolipid
  - D. Polisakarida
  - E. Monosakarida
  
7. Sebagai senyawa penyimpan energi cadangan adalah fungsi dari
  - A. Trigliseraldehid
  - B. Protein
  - C. Disakarida
  - D. Polisakarida
  - E. Monosakarida

8. Objek yang digunakan dalam pengamatan sel diantaranya adalah?
- A. Asam amino, protein, virus, bakteri, dan sel
  - B. Asam amino, karbohidrat, virus, dan bakteri
  - C. Asam amino, dan asam nukleat
  - D. Asam nukleat, protein, dan bakteri
  - E. Asam nukleat, virus, dan sel
9. Teknik yang dilakukan untuk mengamati bagian-bagian sel secara detail dan jelas yang dilakukan dalam bentuk sediaan atau preparat mikroskopik terlebih dahulu disebut teknik?
- A. Teknik Mikro
  - B. Teknik Makro
  - C. Teknik Sitokimia
  - D. Disfraksi Sinar X
  - E. Sentrifugasi
10. Perlatan yang digunakan dalam mempelajari ilmu sel diantaranya, kecuali
- A. Mikroskop Cahaya
  - B. Mikroskop Fluoresensi
  - C. Mikroskop Polarisasi
  - D. Mikroskop Sedimen
  - E. Mikroskop Elektron Transmisi
11. Sel bakteri adalah sel yang termasuk kedalam kelompok
- A. Sel Hewan
  - B. Sel Tumbuhan
  - C. Sel Eukariotik
  - D. Sel Prokariotik
  - E. Semua Benar

12. Teknik yang digunakan dalam mencapai suatu sedimentasi dimana partikel-partikel yang ada di dalam suatu bahan dipisahkan dari fluida yang dikenakan pada partikel disebut teknik?
- A. Disfraksi Sinar X
  - B. Teknik Makro
  - C. Teknik Sitokimia
  - D. Sentrifugasi
  - E. Teknik Mikro
13. Organella yang mempunyai hubungan dengan beberapa sistem endomembrane adalah pengertian dari?
- A. Mitkondria
  - B. Retikulum Endoplasmik
  - C. Vakuola
  - D. Sel Prokariotik
  - E. Sel Eukariotik
14. Merupakan cairan matriks atau zat seperti gel yang berada di dalam sel adalah pengertian dari?
- A. Sitoplasma
  - B. Membrane Plasma
  - C. Nukleus
  - D. Sel Hewan
  - E. Sel Tumbuhan
15. Salah satu organel yang terdapat pada sel tumbuhan yang paling penting adalah?
- A. Nukleus
  - B. Plastida
  - C. Sitoplasma

- D. Vakuola
  - E. Badan Golgi
16. Lapisan tebal yang terbentuk di dalam dinding sel utama setelah sel menjadi dewasa disebut dinding?
- A. Dinding Sel Primer
  - B. Dinding Sel Tersier
  - C. Dinding Sel Sekunder
  - D. Dinding Sel Fleksibel
  - E. Dinding Sel Makro
17. Suatu kegiatan dalam katabolisme yang melakukan proses pemecahan komponen-komponen sel yang tidak lagi dibutuhkan disebut?
- A. Turgiditas
  - B. Eksositosis
  - C. Autofagi
  - D. Vakuola
  - E. Tonoplast
18. Periode yang ditandai dengan ditemukannya konsep material genetik (DNA) dan genetika molekuler adalah periode
- A. Periode 1860
  - B. Periode 1900
  - C. Periode 1970
  - D. Periode 1944
  - E. Periode 1945

19. Sifat yang terkait dengan suatu genotipe disebut
- A. Heterozigot
  - B. Homozigot
  - C. Femozigot
  - D. Fenotipe
  - E. Alel
20. Ekspresi alternatif dari gen dalam kaitan dengan suatu sifat disebut
- A. Heterozigot
  - B. Homozigot
  - C. Femozigot
  - D. Fenotipe
  - E. Alel
21. Ilmuwan yang disebut sebagai bapak genetika adalah
- A. August Weistmann
  - B. Charles Darwin
  - C. Casper Wolf
  - D. Lazzaro Spallanzani
  - E. Gregor Mendel
22. Psitoplasma sel induk dan memisahkan inti anak menjadi sel anak yang terpisah disebut
- A. Mitosis
  - B. Sinosis
  - C. Pathogenesis
  - D. Profase
  - E. Sitokenesis

23. Nukleotida tertentu dengan panjang tertentu yang mengkode satu protein yang menentukan sifat adalah pengertian dari
- A. Gen
  - B. Hibrid
  - C. Kromosom
  - D. Gamet
  - E. Fenotip
24. Individu yang genotipnya tersusun dari gen-gen (aa, BB) disebut
- A. Hemozigot
  - B. Heterozigot
  - C. Dominan
  - D. Resesif
  - E. Parental
25. Susunan genetik yang tidak nampak dan dinyatakan dengan simbol (AA, Ab) disebut
- A. Gamet
  - B. Genotip
  - C. Kromosom
  - D. Gen
  - E. Fenotip
26. Jumlah kromosom mitokondria dan kloroplas adalah
- A. Satu Buah
  - B. Dua Buah
  - C. Tiga Buah
  - D. Empat Buah
  - E. Lima Buah

27. Metode hibridisasi yang dapat digunakan untuk mendeteksi rangkaian DNA spesifik adalah
- A. Southern blotting
  - B. Western blotting
  - C. Northern blotting
  - D. SSCP
  - E. Ligase
28. Bagian utama kromosom eukariotik adalah
- A. Genom
  - B. DNA
  - C. Protein
  - D. Genom/DNA/RNA
  - E. Salah Semua
29. Polinukleotida DNA yang bersambung memanjang dan tidak terpotong disebut
- A. Genom
  - B. RNA
  - C. E-Coli
  - D. Kromosom
  - E. Gonosom
30. Enzim yang digunakan untuk memotong DNA agar menjadi fragmen yang lebih kecil adalah
- A. Endonuklease restriksi
  - B. Ligase
  - C. Polimerase
  - D. DNase
  - E. SSCP

## **B. Essay Test**

1. Sebutkan dan jelaskan organisme uniseluler dan ciri-cirinya!
2. Sebutkan dan jelaskan macam-macam organela sel!
3. Jelaskan perbedaan sel prokariotik dan sel eukariotik!
4. Sebutkan dan jelaskan bagian dari sel hewan!
5. Sebutkan jenis plastida yang sangat berperan bagi tumbuhan!
6. Sebutkan persamaan dan perbedaan sel hewan dan sel tumbuhan!
7. Sebutkan percobaan-percobaan yang dilakukan oleh para ilmuwan terhadap ilmu genetika!
8. Sebutkan cabang-cabang ilmu genetika!
9. Sebutkan dan jelaskan tingkatan dalam pembelahan sel!
10. Sebutkan simbol dan terminologi dalam genetika!



# DAFTAR PUSTAKA

- Arthadana, Made, B, I & Savitri, Dian, W. 2018. *Dasar-dasar Genetika Mendel dan Pengembangannya*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Effendi, Yunus. 2020. *Buku Ajar Genetika Dasar*. Magelang: Pustaka Rumah C1nta.
- Lukitasari, Marheny. 2015. *Biologi Sel*. Cetakan I. Malang: Universitas Negeri Malang.
- Mustami, Khalifah, M. 2013. *Genetika*. Makassar: Universitas Islam Negeri Alauiddin.
- Nurhayati Betty, & Darmawati Sri. 2017. *Biologi Sel dan Molekuler, Bahan Ajar Teknologi Laboratorium Medis*. (2017). Jakarta: Pusat Pendidikan Sumber Daya Manusia Kesehatan. Badan Pengembangan dan Pemberdayaan SDM Kementerian Kesehatan Republik Indonesia.
- Puspuitaningrum, R, Adhyanto, C, & Solihin. 2018. *Genetika Molekuler dan Aplikasinya*.
- Rahmadina, & Febriani, Husnarika. 2017. *Biologi Sel, Unit Terkecil Penyusun Tubuh Makhluk Hidup*. Surabaya: CV Selembar Papyrus.

- Rahmadina. 2019. *Modul Ajar Genetika Dasar*. Medan: Universitas Islam Negeri Sumatera Utara.
- Rahmadina. 2020. *Modul Ajar Biologi Sel dan Peranannya dalam Kehidupan*. Medan: Universitas Islam Negeri Sumatera Utara.
- Subagiarta, Made, I. 2018. *Sel Struktur, Fungsi dan Regulasi*. Bali: Fakultas Kedokteran Universitas Udayana.
- Saefudin. 2007. *Hand Out, Genetika*. Bandung: Jurusan Pendidikan Biologi FPMIPA, Universitas Pendidikan Indonesia.
- Wirjosoemarto, Koesmadji. 2016. *Buku Materi Pokok Modul 1 – 9, Genetika*. Penerbit Universitas Terbuka.
- Waluyo, Joko & Wahyuni Dwi. 2020. *Biologi Dasar*. Yogyakarta: Trussmedia Grafika.

**Laman Online:**

<https://www.kerajaanbiologi.com/perbandingan-sel-prokariotik-dengan-eukariotik/>

<https://www.gurupendidikan.co.id/sejarah-penemuan-sel/>

<https://www.slideshare.net/akusalma10/bab-1-sel-71397615>

<https://www.liputan6.com/citizen6/read/3922648/cara-menggunakan-mikroskop-yang-benar-pahami-bagian-dan-fungsinya>

<https://saintif.com/membran-sel-adalah/>

<https://www.gurupendidikan.co.id/nukleus-inti-sel/>

<https://sijai.com/sel-tumbuhan-dan-fungsinya/>

<https://haloedukasi.com/dinding-sel>

<https://seputarilmu.com/2020/01/perbedaan-sel-hewan-dan-sel-tumbuhan.html>

<https://slidetodoc.com/bab-3-substansi-genetika-kromosom-bagianbagian-kromosom-1/>



# TENTANG PENULIS

## Penulis 1

Nama : Ns. Hardin La Ramba, S.Kep.,  
M.Biomed.  
Jenis Kelamin : Laki-Laki  
Tempat, Tanggal Lahir : Tikong, 02 Februari 1991  
Kewarganegaraan : Indonesia  
Agama : Islam  
Alamat : Universitas Medika Suherman Jl.  
Raya Industri – Jl. Jababeka Raya,  
Pasir Gombang, Bekasi, Jawa Barat,  
17530  
Nomor Hp : 085256947762  
E-Mail : hardinlaramba@gmail.com atau  
hardinlaramba@medikasuherman.  
ac.id

## Pendidikan Formal

1996 – 2003 : SD Inpres 2 Tikong  
2003 – 2006 : SMP YPPT Tikong  
2006 – 2009 : SMA Negeri 2 Kota Bau-Bau  
2009 – 2013 : S1 Keperawatan di STIKes Nani Hasanuddin  
Makassar  
2014 – 2015 : Profesi Ners di STIKes Amanah Makassar  
2017 – 2019 : Magister Biomedik peminatan *Emergency  
and Disaster Management* di Universitas  
Hasanuddin

## **Riwayat Pelatihan**

1. Pelatihan Basic Trauma Cardiac Life Support (BTCLS) & Sistem Penanggulangan Gawat Darurat Terpadu (SPGDT) oleh Brigade Siaga Bencana (BSB) Kawasan Timur Indonesia I Makassar, Tahun 2019.
2. Penataran/Pelatihan Pengembangan Keterampilan Dasar Teknik Instruksional (PEKERTI) oleh Unit Pengembangan Sumberdaya Manusia (UPSDM) Koopertis Wilayah IX, Tahun 2014.

## **Pembicara Seminar Nasional**

Kegiatan Seminar Online Nasional Keperawatan “Optimalisasi Manajemen Pemberdayaan Keluarga dan Komunitas Menghindari Pejanan Covid-19”, Tahun 2021. Topik Materi yang disampaikan ***“Kenali dan Pahami Penanganan Covid-19”***

## **Peserta Seminar Nasional & Workshop**

1. Diaspora Webinar Series 24 – Kuliah Umum *“Pandemic Resilience and the Lower-Class Population: A Sociological Analysis”* oleh Sekolah Pascasarjana Universitas Hasanuddin Bersama Diaspora Indonesia, Tahun 2021.
2. Workshop “Tata Laksana Vaksinasi COVID-19 bagi Dokter, Dokter Gigi, Perawat dan Bidan” oleh Pusat Pelatihan Kesehatan Daerah Provinsi DKI Jakarta bekerja sama dengan IDI Wilayah DKI Jakarta, PDGI Wilayah DKI Jakarta, DPW PPNI DKI Jakarta dan PB Ikatan Bidan Indonesia, Tahun 2021.
3. Symposium & Workshop on Emergency Update 2019 *“Emergency Cases in Daily Practice”* oleh Tim Bantuan Medis (TBM) Calcaneus Fakultas Kedokteran Universitas Hasanuddin, Tahun 2019.

4. Seminar Nasional & Workshop “Optimalisasi Peran Perawat dalam Penanganan BBLR melalui Kangaroo Mother Care” oleh Ikatan Perawat Anak Indonesia (IPANI) Provinsi Sulawesi Selatan, Tahun 2017.
5. Seminar Kesehatan Nasional & Training Motivasi “*Entreneurship*: Solusi Memandirikan Perawat dan Bidan dalam Mewujudkan MDGs 2015” oleh HMI Komisariat STIKES Nani Hasanuddin Makassar, Tahun 2015.

## **Penulis 2**

Nama : Ns. Yarwin Yari, S.Kep., M.Biomed.  
Jenis Kelamin : Laki-Laki  
Tempat, Tanggal Lahir : Maros, 10 Desember 1993  
Kewarganegaraan : Indonesia  
Agama : Islam  
Alamat : Sekolah Tinggi Ilmu Kesehatan RS  
Husada Jl. Mangga Besar Raya, 137-  
139, Jakarta Pusat 10730.  
Nomor Hp : 082293793667  
E-Mail : yarwinyari306@gmail.com

## **Pendidikan Formal**

2000 – 2006 : SDN 6 Latebbu Maros  
2006 – 2009 : SMPN 1 Mallawa Maros  
2009 – 2012 : SMK Bina Profesi Maros  
2012 – 2016 : S1 Keperawatan di STIKes Nani  
Hasanuddin Makassar  
2016 – 2018 : Profesi Ners di STIKes Nani Hasanuddin  
Makassar  
2017 – 2019 : Magister Biomedik peminatan *Emergency  
and Disaster Management* di Universitas  
Hasanuddin

2020 – Sekarang : Magister Keperawatan peminatan  
Keperawatan Medikal Bedah di  
Universitas Muhammadiyah Jakarta.

### **Riwayat Pelatihan**

1. Pelatihan Basic Trauma Cardiac Life Support (BTCLS) & Sistem Penanggulangan Gawat Darurat Terpadu (SPGDT) oleh Brigade Siaga Bencana (BSB) Kawasan Timur Indonesia I Makassar, Tahun 2018.
2. Pelatihan Basic Trauma Cardiac Life Support (BTCLS) oleh Gadar Medik Indonesia (GDMI), Tahun 2020.
3. Penataran/Pelatihan Pengembangan Keterampilan Dasar Teknik Instruksional (PEKERTI) oleh Unit Pengembangan Sumberdaya Manusia (UPSDM) Universitas Diponegoro, Tahun 2021.

### **Pengalaman Kerja**

1. Dosen Tetap pada Program Studi Diploma Tiga Keperawatan STIKes RS Husada Jakarta. 2020-sekarang.

### **Penelitian & Publikasi**

1. Yarwin Yari, Hardin La Ramba, Fendi Yesayas. Hubungan Tingkat Pengetahuan dan Sikap dengan Kesiapsiagaan Bencana Banjir pada Mahasiswa Kesehatan di DKI Jakarta, Tahun 2020. *Jurnal Kesehatan Holistic/ Volume 5/ Nomor 2/ Juli 2021 (ISSN: 2548-1843, EISSN: 2621-8704)*.
2. Yarwin Yari, Sri Ramadany, Hadju V, La Ramba H. Relationship of knowledge, attitude and training with nursing readiness in handling emergency patients in Maros district health center. *International Journal of Science & Healthcare Research*. Vol.4; 3; July-Sept. 2019. ISSN: 2455-7587.

3. Yarwin Yari, Rita Erlina, Sri Agung Letari, Sri Murtini, M. Didin Wahyudin, Syahrul Handoko, Rohman Azzam. The Effect of Reflection Massage On Reducing Anxiety of Burning Patients: Literature Study. *STRADA Jurnal Ilmiah Kesehatan*. Vol.10 No.1 May 2021 Page. 1339-1347. ISSN: 2252-3847 (print); 2614-350X (online).
4. Yarwin Yari, Veronica Yeni Rahmawati, Ernawati, Fendy Yesayas, Ayu Lestari, Arizton Putra Jaya, Eni Fatma Sari. Optimalisasi Penatalaksanaan Kegawatan di Ruang Kegawatdaruratan pada Era New Normal. *Idea Pengabdian Masyarakat*. Volume 2, Issue 01, August-January 2021. ISSN (Online) 2798-3668.
5. Yarwin Yari, Teti Oktianingsih, Irma gita, Desi Luanda, M.Khalid Fredy, Wawan Kurniawan, Neneng Ilah Rohilah, Idawati, DenyAlfiansyah, IdaFarida. Deskripsi Tingkat Kecemasan Perawat Saat Bertugas di Ruang Perawatan Covid-19. *Journal of Nursing Education and Prastice*. Volume 01 No.01 2021.
6. Hardin La Ramba, Sri Ramadany, Veni Hadju, Yarwin Yari. Studi Fenomenologi Pengalaman Kesiapsiagaan Masyarakat dalam Menghadapi Bencana Banjir di Kabupaten Maros, Tahun 2019.



Buku ajar keperawatan:

# Konsep Biologi Sel dan Genetika dalam Keperawatan

Semua makhluk hidup atau organisme tersusun atas sel atau beberapa sel. Sel merupakan unit struktural dan fungsional terkecil pada suatu makhluk hidup. Sel memiliki semua perangkat dan kemampuan yang diperlukan untuk menjalankan proses hidup seperti bergerak, memperbanyak diri atau bereproduksi, beradaptasi atau merespon terhadap perubahan lingkungan. Proses hidup tersebutlah yang menunjang berlangsungnya kehidupan pada makhluk hidup yang disusun oleh sel tersebut.

Sel sebagai unit terkecil dari organisasi tubuh makhluk hidup, merupakan bagian penting dalam perkembangan pembelajaran biologi khususnya terkait dengan organisme. Sebagai unit terkecil, maka sel mewakili sistem kehidupan dengan adanya DNA dan organel-organel di dalamnya sehingga mampu melaksanakan program kehidupan itu sendiri. Karena sel mampu melaksanakan sistem kehidupan maka sel memiliki sifat otonom dan mampu berkembang apabila dikulturkan dengan media yang sesuai untuk menunjang kehidupannya.

Dengan demikian, semua aspek dari sistem kehidupan bisa dipelajari dengan mengkaji proses hidup yang terjadi pada tingkat sel. Pembahasan dalam buku ini, meliputi (1) biologi sel dengan sub bahan kajian biologi sel, teknik mempelajari ilmu sel, dan organisasi sel; dan (2) konsep genetika dengan sub bahan kajian pengantar genetika, hukum mendel, dan pewarisan sifat.

Selain itu, genetika juga mencoba menjawab pertanyaan yang berhubungan dengan apa yang diturunkan atau diwariskan dari induk kepada turunannya, bagaimana mekanisme materi genetika itu diturunkan, dan bagaimana peran materi genetika tersebut. Pembahasan dalam Konsep Genetika ini, meliputi (1) pengantar genetika dengan sub pokok bahasan menjelaskan pengertian genetika, sejarah singkat perkembangan ilmu genetika, dan cabang-cabang ilmu genetika; (2) hukum mendel dengan sub pokok bahasan menjelaskan perkembangan pemikiran tentang faktor keturunan sebelum mendel, konsep gen dan teori kromosom, genetika mendel dan simbol dan terminologi; (3) pewarisan sifat dengan sub pokok bahasan menjelaskan tentang mitosis, meiosis dan faktor-faktor yang mempengaruhi sel.



Penerbit Mitra Cendekia Media  
FB: Penerbit Mitra Cendekia  
HP/WA: 0812-7574-0738  
Website : [www.mitracendekiamedia.com](http://www.mitracendekiamedia.com)



**IKAPI**  
IKATAN PENERBIT INDONESIA

