

# TEORI DAN APLIKASI BIOLOGI UMUM

Ira Nurmawati, S. Pd., M. Pd  
Rosita Fitrah Dewi, S.Pd., M.Si  
Sulis Anjarwati, S.Pd., M.Pd  
Dr. Dian Aswita, S.Pd., M.Pd  
Eufrasia Jeramat, M.Pd  
Dr. Hastuti, M.Sc  
Erfitra Rezqi Prasmala, M.Pd  
Dr. Dra. Rina Priastini Susilowati, MKes  
Suharno Zen, M.Sc  
Eti Sumiati, M.Sc

## **Editor:**

Dr. Hasria Alang, S.Si., M.Kes



## **TEORI DAN APLIKASI BIOLOGI UMUM**

### **Penulis:**

Ira Nurmawati, S. Pd., M. Pd; Rosita Fitrah Dewi, S.Pd., M.Si; Sulis Anjarwati, S.Pd., M.Pd; Dr. Dian Aswita, S.Pd., M.Pd; Eufrasia Jeramat, M.Pd; Dr. Hastuti, M.Sc; Erfitra Rezqi Prasmala, M.Pd; Dr. Dra. Rina Priastini Susilowati, MKes; Suharno Zen, M.Sc; Eti Sumiati, M.Sc.

**ISBN:** 978-623-97420-9-6

### **Editor:**

Dr. Hasria Alang, S.Si, M.Kes

### **Penyunting:**

Nanda Saputra, M.Pd.

### **Desain Sampul dan Tata Letak:**

Atika Kumala Dewi

### **Penerbit:**

Yayasan Penerbit Muhammad Zaini

### **Redaksi:**

Jalan Kompleks Pelajar Tijue  
Desa Baroh Kec. Pidie  
Kab. Pidie Provinsi Aceh  
No. Hp: 085277711539  
Email: penerbitzaini101@gmail.com  
Website: penerbitzaini.com

### **Hak Cipta 2021 @ Yayasan Penerbit Muhammad Zaini**

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

## KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Wr. Wb.

Alhamdulillah, segala puji dan syukur saya panjatkan ke hadirat Allah SWT, karena rahmat dan karunia-Nya kami dapat menyelesaikan buku Teori dan Aplikasi Biologi Umum ini. Buku referensi ini merupakan buku kolaborasi yang dituliskan oleh beberapa dosen yang bergabung dalam Asosiasi Dosen Kolaborasi Lintas Perguruan Tinggi.

Adapun *bookchapter* ini tidak akan selesai tanpa bantuan, diskusi dan dorongan serta motivasi dari beberapa pihak, walaupun tidak dapat disebutkan satu persatu, penulis mengucapkan terima kasih yang sebanyak-banyaknya.

Ahirnya, penulis menyadari bahwa buku ini masih jauh dari kesempurnaan. Dengan demikian, penulis mengharapkan kritik dan saran demi perbaikan serta perkembangan lebih lanjut pada *bookchapter* ini.

Wassalamu'alaikumsalam, Wr.Wb.

Sigli, 17 Mei 2021

**Tim Penulis**



# DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR.....	iii
DAFTAR ISI.....	v
BAB I	
KONSEP DASAR BIOLOGI .....	1
A. Biologi Sebagai Ilmu.....	2
B. Organisasi Kehidupan dalam Biologi.....	8
C. Objek Biologi Tingkat Molekul .....	9
D. Cabang Ilmu Biologi.....	14
E. Kaitan Biologi dengan Ilmu Lain.....	16
F. Sejarah Kehidupan dan Karakteristik Makhluk Hidup.....	20
BAB II	
PERTUMBUHAN DAN PERKEMBANGAN .....	27
A. Pengertian Pertumbuhan dan Perkembangan.....	27
B. Gejala Pertumbuhan dan Perkembangan.....	30
C. Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Pertumbuhan dan Perkembangan .....	33
D. Macam-Macam Pertumbuhan dan Perkembangan...	40
BAB III	
KEANEKARAGAMAN MAKHLUK HIDUP.....	49
A. Konsep Keanekaragaman Makhluk Hidup .....	49
B. Faktor Penyebab Terjadinya Keanekaragaman Makhluk Hidup .....	52

C. Keanekaragaman Ekosistem .....	54
D. Keanekaragaman Jenis .....	57
E. Keanekaragaman Genetik .....	71
BAB IV	
KLASIFIKASI MAKHLUK HIDUP .....	75
A. Kingdom Archaeobacteria & Eubacteria.....	75
B. Kingdom Protista.....	79
C. Kingdom Fungi .....	81
D. Kingdom Plantae .....	87
E. Kingdom Animalia .....	92
BAB V	
POPULASI MAKHLUK HIDUP .....	97
A. Pengertian Populasi .....	97
B. Sifat-Sifat Pada Populasi.....	99
C. Faktor Yang Menentukan Populasi.....	106
D. Dinamika Populasi .....	113
BAB VI	
KOMUNITAS TUMBUHAN.....	117
A. Pengertian Komunitas Tumbuhan .....	117
B. Konsep Dasar Dalam Komunitas Tumbuhan .....	135
C. Pola dan Gradasi dalam Komunitas Tumbuhan .....	148
D. Konsep Mengamati Pola Komunitas.....	153
E. Tipe-Tipe Komunitas Tumbuhan.....	154
BAB VII	
EKOSISTEM MAKHLUK HIDUP.....	161
A. Pengertian Ekosistem .....	161
B. Komponen-Komponen dalam Ekosistem.....	163

C. Pola Makanan Dalam Ekosistem.....	166
D. Jenis-Jenis Ekosistem.....	173
E. Sebab-Sebab Perubahan Ekosistem .....	183
<b>BAB VIII</b>	
PEWARISAN SIFAT .....	187
A. Pengertian Pewarisan Sifat.....	187
B. Gen dan Kromosom .....	189
C. Hereditas Menurut Mendel.....	192
D. Hukum Pewarisan Sifat Mendel.....	194
E. Pewarisan Sifat Pada Manusia .....	205
<b>BAB IX</b>	
SISTEM REPRODUKSI MAHLUK HIDUP.....	219
A. Organ Reproduksi Pada Hewan .....	219
B. Organ Reproduksi pada Tumbuhan.....	225
C. Proses Reproduksi Pada Hewan Tingkat Tinggi .....	231
D. Proses Reproduksi Pada Tumbuhan .....	235
<b>BAB X</b>	
SISTEM REPRODUKSI PADA MANUSIA .....	239
A. Organ Reproduksi Pada Pria .....	240
B. Organ Reproduksi Bagian Luar dan Dalam .....	242
C. Organ Reproduksi Bagian Luar dan Dalam .....	249
DAFTAR PUSTAKA.....	257
BIOGRAFI PENULIS .....	267





# BAB I

## KONSEP DASAR BIOLOGI

Sampai saat ini, bumi masih dianggap sebagai satu-satunya planet yang memiliki kehidupan di dalamnya. Hal ini dikarenakan planet bumi memiliki unsur-unsur penyusun kehidupan. Keberadaan air, udara, tanah beserta unsur-unsur yang terkandung di dalamnya menjadi penyokong makhluk hidup yang mendiami bumi. Kita semua mengetahui bahwa bumi dihuni oleh berbagai komponen, baik komponen biotik maupun komponen abiotik. Komponen biotik terdiri dari organisme baik dari organisme tingkat rendah sampai organisme tingkat tinggi, mereka ada di alam ini mendiami suatu habitat berinteraksi satu sama lain baik berinteraksi terhadap sesama makhluk hidup maupun dengan lingkungan, sehingga terbentuklah yang namanya ekosistem dan segala hubungan interaksi yang ada di dalamnya mulai dari bagaimana organisme tersebut mendapatkan lingkungan yang sesuai untuk bertahan hidup, memperoleh makanan dan menghasilkan energi, tumbuh dan berkembang biak, beradaptasi, bahkan pada tingkatan yang ekstrim berevolusi.

Salah satu cabang ilmu yang mempelajari tentang makhluk hidup dan segala hal yang berkaitan tentang kehidupan ialah biologi. Biologi secara istilah berasal dari dua kata yaitu **bio** yang artinya hidup atau kehidupan dan **logos** yang artinya ilmu.

## A. Biologi Sebagai Ilmu

Mempelajari biologi memberikan banyak manfaat dalam kehidupan kita. Dengan mempelajari biologi, kita bisa lebih mengenal diri kita sebagai makhluk hidup dan mengenal lingkungan di sekitar kita dengan seksama. Melalui biologi, manusia juga bisa menemukan solusi pemecahan masalah yang dihadapinya, misalkan diperolehnya hibrida baru dari persilangan bibit-bibit unggul, ditemukannya vaksin, obat-obatan herbal, teknologi-teknologi baru di bidang medis dan pengobatan, serta semakin meningkatnya keanekaragaman dan biodiversitas makhluk hidup yang bisa mendukung ketahanan pangan, yang tentunya semua itu diperoleh melalui langkah-langkah ilmiah dan sistematis berdasarkan pengamatan dan percobaan, ya meskipun mungkin ada sebagian di antaranya yang bisa diperoleh secara kebetulan. Biologi merupakan salah satu bagian dari ilmu pengetahuan (*sains*), maka untuk bisa mendapatkan pengetahuan dan pemahaman harus diawali dengan observasi atau pengamatan terhadap obyek-obyek yang diteliti atau dikaji.

Biologi sebagai bagian dari *sains* memiliki cara tersendiri dalam menyelesaikan setiap permasalahan-permasalahan atau menjawab pertanyaan-pertanyaan yang muncul di dalam kehidupan kita. Pertanyaan-pertanyaan yang muncul tadi akan terus berkembang dan menggiring seorang ilmuwan atau peneliti untuk melakukan serangkaian kegiatan observasi yang cermat agar bisa menjawab pertanyaan-pertanyaan tersebut. Selama melakukan serangkaian kegiatan observasi, maka ilmuwan akan memperoleh data yang dapat diolah

dan dianalisis kemudian digeneralisasikan menjadi suatu kesimpulan yang utuh. Tidak berhenti di situ saja, sebelum menetapkan suatu kesimpulan, seorang peneliti harus mengujinya terlebih dahulu dengan teori atau dalil maupun hukum yang berlaku, meskipun teori tersebut tidaklah mutlak selalu benar, karena tergantung pada fakta yang ditemukan di lapangan. Oleh sebab itu, pendekatan saintifik atau metode ilmiah sifatnya terbatas, metode ilmiah hanya bisa menghasilkan penjelasan dan pengertian yang bersifat (praktis) penerapan, bukan yang bersifat filosofis ataupun agamis. Sebagai contoh, metode ilmiah tidak bisa digunakan untuk menjawab pertanyaan “Apakah setelah kematian ada kehidupan lagi?”, namun metode ilmiah lebih dapat menjawab pertanyaan “Apakah ciri-ciri dari makhluk hidup itu?”

Dalam mengkaji ilmu alam melalui pendekatan ilmiah, langkah utama yang harus dilakukan oleh peneliti setelah mengamati fenomena dan fakta yang ada, menemukan permasalahan, mengajukan pertanyaan, mengumpulkan informasi, melakukan observasi, maka hal selanjutnya yang perlu dilakukan adalah menyusun hipotesis. Hipotesis merupakan jawaban sementara terhadap rumusan masalah penelitian yang dinyatakan dengan kalimat yang masih perlu diuji kebenarannya (Sugiyono, 2019). Ada dua macam cara yang dapat digunakan dalam merumuskan hipotesis, yaitu induktif dan deduktif. Cara berfikir induktif memiliki pola membangun generalisasi dari hal-hal yang spesifik. Contoh pola berfikir induktif misalkan seperti ini : “*Semua tanaman monokotil yang saya amati memiliki akar serabut.*” Berdasarkan hasil

pengamatan tersebut, dapat digeneralisasikan bahwa “*semua tanaman monokotil yang ada di dunia ini memiliki akar serabut*”. Pernyataan ini dapat membangun sebuah hipotesis dengan format “jika .... maka ....”, seperti contoh berikut “*Jika semua tanaman monokotil yang saya amati memiliki akar serabut, maka semua tanaman monokotil yang ada di dunia ini memiliki akar serabut.*” Peneliti yang menganut pola pemikiran induktif merupakan golongan empirisme, mereka cenderung menemukan pengetahuan berdasarkan pengamatan dan percobaan.

Berkebalikan dengan golongan empirisme, golongan rasionalisme memiliki pola berfikir deduktif, dimana mereka mengembangkan pengetahuannya berdasarkan dari nalar yang dikuasai oleh akal pikiran. Orang-orang penganut paham rasionalisme cenderung membangun hal-hal yang bersifat spesifik dari hal-hal yang bersifat umum. Contoh : “*Tanaman monokotil memiliki akar serabut*”. (=premis mayor). “*Jagung adalah tanaman monokotil*”. (=premis minor). Kesimpulannya adalah “*Jagung memiliki akar serabut*”.

Telah disebutkan sebelumnya bahwasanya semua hipotesis yang dirumuskan oleh peneliti harus dapat diuji. Agar dapat diperoleh jawaban dari hipotesis yang telah dirumuskan, maka peneliti tersebut harus melakukan percobaan yang sebelumnya telah disusun secara cermat dan penuh ketelitian serta terkendali (terkontrol). Misalkan : Seorang peneliti ingin mengetahui apakah intensitas cahaya akan mempengaruhi perkecambahan tanaman. Dalam percobaan ini harus disiapkan *biji sebagai kontrol* (biji standar yang akan

dikecambahkan seperti biasa tanpa ada perlakuan khusus), biji yang akan dikecambahkan pada intensitas cahaya yang berbeda-beda sebagai variabel bebas (dalam hal ini intensitas cahaya dapat diberikan secara berbeda-beda terhadap sampel biji), dan *counter* serta penggaris untuk alat penghitung dan pengukur panjang biji yang berkecambah. Jumlah biji yang berkecambah dan panjangnya biji yang berkecambah menjadi variabel terikat (faktor yang merespon terhadap perbedaan intensitas cahaya yang diberikan saat perlakuan). Berdasarkan hasil pengukuran nantinya akan diperoleh data jumlah biji yang berkecambah dan panjang biji yang berkecambah, yang kemudian data ini disebut sebagai data kuantitatif (data yang diperoleh berdasarkan pengukuran numerik dalam satuan cm, mm, dsb).

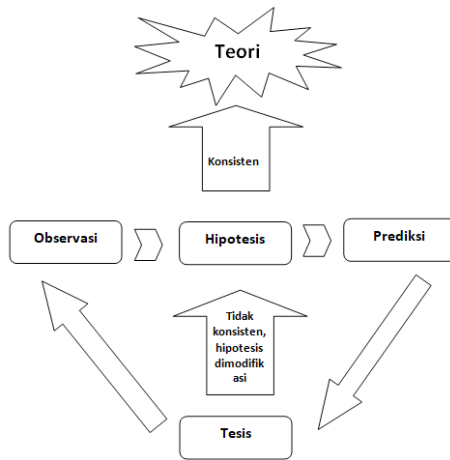
Setelah diperoleh data, maka data tersebut harus diolah dan dianalisis kemudian dibandingkan antara hasil yang diharapkan (hasil yang dinyatakan dalam rumusan hipotesis yang telah dirancang sebelumnya) dengan data yang diperoleh berdasarkan fakta yang ditemukan di lapangan. Apabila terdapat ketidaksesuaian antara data yang sudah dianalisis dengan hipotesis yang diharapkan, maka sebaiknya hipotesis ditinjau ulang dan ujilah terlebih dahulu dengan hipotesis alternatifnya. Namun, apabila hasil data dari percobaan yang telah dianalisis sudah sesuai dengan hipotesis yang diharapkan, maka langkah lebih baik jika dilakukan percobaan ulangan yang serupa. Hal ini perlu dilakukan karena keabsahan hipotesis harus dapat diuji dengan pengulangan percobaan yang hasilnya pun harus serupa. Jika hal ini sudah dilakukan, maka teori dapat dibangun. Secara umum, teori

adalah merupakan pemikiran rasional dan konsisten sehingga dapat digunakan untuk menjelaskan, meramalkan, dan mengendalikan fenomena (Sugiyono, 2019), lebih lanjut, teori dapat diartikan sebagai sebuah konsep yang kuat yang dapat membantu peneliti untuk membuat prediksi tentang hal yang ditelitinya. Karena ilmu pengetahuan terus mengalami perkembangan, maka dapat memungkinkan ditemukannya fenomena-fenomena atau fakta-fakta baru, sehingga teori tersebut masih bisa diperbaiki, diubah, atau malah digugurkan.

Berdasarkan uraian yang telah dijabarkan pada paragraf sebelumnya, maka dapat disimpulkan bahwa biologi merupakan bagian dari ilmu pengetahuan alam yang bersifat objektif, logis, dan dapat diuji dengan tujuan untuk memahami prinsip dan kekuatan yang bekerja di alam semesta. Metode ilmiah menjadi pendekatan yang harus dilakukan supaya dapat menyusun ilmu pengetahuan. Tahapan-tahapan dalam metode ilmiah secara umum terdiri atas:

1. Observasi, yaitu suatu kegiatan atau usaha untuk mendapatkan dan mengumpulkan semua informasi, fakta, fenomena yang ditangkap oleh seluruh panca indera kita dalam rangka mendefinisikan masalah yang ingin dijelaskan atau dijawab.
2. Hipotesis, yaitu suatu kalimat pernyataan yang bersifat sementara, yang dapat dikemukakan setelah melakukan perbandingan antara realita yang ada dengan teori yang menjadi landasan dalam melakukan percobaan. Hipotesis baru dapat diterima atau ditolak berdasarkan hasil percobaan yang dilakukan.

3. Percobaan/eksperimen, yaitu suatu kegiatan yang dilakukan oleh peneliti untuk menguji hipotesis. Melalui percobaan, peneliti dapat memperoleh hasil eksperimen berupa data yang selanjutnya data tersebut perlu diolah dan dianalisis untuk diuji kebenarannya sebelum diperoleh simpulan yang dapat menyatakan apakah hipotesis yang telah disusun sebelumnya dapat diterima atau ditolak.
4. Kesimpulan, pada tahapan ini, dapat dirumuskan pernyataan apakah hipotesis yang telah disusun sebelumnya didukung oleh data yang ada atau perlu dimofikasi, apabila data tidak mendukung, dan perlu dilakukan modifikasi hipotesis, maka tahapan-tahapan sebelumnya perlu diulang kembali. Pernyataan yang dinyatakan dalam kesimpulan bisa saja dijadikan sebagai rekomendasi, tetapi penelitian perlu dilakukan secara berulang dengan prosedur yang sama supaya dapat terlihat konsistensinya, apabila hasilnya tetap konsisten, maka kebenaran suatu pengetahuan bisa dicapai dan pada tahapan tersebut teori bisa dibangun.



Gambar 1.1 Alur Metode Ilmiah

Sumber: <https://biologyism.wordpress.com/2019/10/31/biologi-sebagai-ilmu-pengetahuan/>

## B. Organisasi Kehidupan dalam Biologi

Biologi memiliki objek kajian yang sangat luas. Seiring dengan semakin berkembangnya ilmu pengetahuan dan teknologi akan menyebabkan makin luas pula objek biologi yang dikaji, untuk mempermudah kajian objek biologi, maka tema objek kajian biologi dipilah-pilah menurut tingkatan organisasi kehidupannya. Tingkatan organisasi kehidupan dari yang paling rendah atau sederhana ke tingkat organisasi kehidupan yang paling rumit dimulai dari molekul, sel, jaringan, organ, sistem organ, individu, populasi, komunitas, ekosistem, bioma, dan biosfer.





Gambar 2.1 Skema Objek Tingkat Organisasi Kehidupan dalam Biologi

Sumber : [www.depositphotos.com](http://www.depositphotos.com)

### C. Objek Biologi Tingkat Molekul

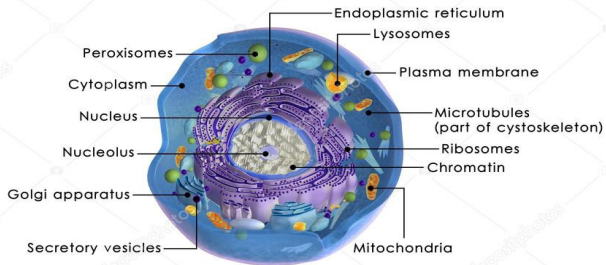
Molekul adalah gabungan dari dua atau lebih atom, baik dari atom yang sama, atau bisa juga berbeda yang diakibatkan oleh adanya ikatan kimia di antara atom tersebut. Molekul merupakan struktur paling sederhana penyusun sel. Pada dasarnya sel tersusun atas senyawa-senyawa sederhana yang terbentuk dari beberapa unsur dan molekul, beberapa unsur tersebut diantaranya Karbon (C), Hidrogen (H), Oksigen (O), Nitrogen (N), adapun contoh molekul yang dapat ditemukan

di dalam sel, jaringan, organ penyusun makhluk hidup diantaranya karbohidrat, protein, lemak, dan asam nukleat.

Dengan ditemukannya mikroskop elektron yang mampu memperbesar obyek amatan hingga 500.000 kali, para ilmuwan bisa mendapatkan gambar penampakan sel lebih jelas, bahkan dengan didukung kemajuan ilmu kimia modern para ilmuwan mampu mengetahui dan mengenali struktur utama penyusun sel yang khas dan bagaimana hubungan atau ikatan yang terbentuk antar molekul yang terdapat di dalam tubuh organisme sehingga mampu memberikan pengaruh terhadap proses metabolisme tubuhnya maupun dalam regulasi gen dan sintesis materi genetik.

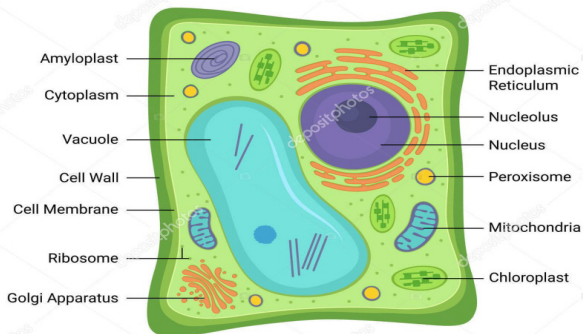
## 1. Objek Biologi Tingkat Sel

Sel merupakan unit struktur terkecil dan yang paling dasar dari makhluk hidup. Di dalam sel makhluk hidup terdapat organel sel dengan fungsinya yang spesifik sesuai dengan karakteristik masing-masing organelnya, sebagai contoh inti sel (*nukleus*) memiliki fungsi mengatur metabolisme sel, mitokondria untuk respirasi seluler, dan ribosom yang bertugas untuk mensintesis protein, serta organel-organel lain yang tentunya memiliki fungsi masing-masing di setiap sel organismenya. Berdasarkan keberadaan intinya, sel digolongkan menjadi dua, yaitu eukariotik (sel yang memiliki nukleus) dan prokariotik (sel yang tidak memiliki *nukleus*). Tipe sel prokariotik dimiliki oleh organisme yang paling sederhana seperti *eubacteria/archaeobacteria* dan *blue green algae*.



Gambar 3.1 Sel Hewan  
 Sumber : [www.depositphotos.com](http://www.depositphotos.com)

## PLANT CELL



Gambar 4.1 Sel Tumbuhan  
 Sumber : [www.depositphotos.com](http://www.depositphotos.com)

## **2. Objek Biologi Tingkat Jaringan**

Pengkajian pada tingkat jaringan dalam biologi hanya bisa dilakukan pada organisme multiseluler saja, hal ini dikarenakan pada organisme uniseluler, semua proses kehidupan dilakukan dan diatur oleh sel itu sendiri. Aktivitas kehidupan organisme multiseluler dilaksanakan oleh banyak sel yang terorganisir dengan baik dalam satu kesatuan fungsi tertentu. Sel-sel yang memiliki fungsi dan struktur yang sama akan bergabung membentuk suatu jaringan yang memiliki fungsi tertentu pula. Contoh, pada tumbuhan tingkat tinggi memiliki jaringan yang terdiri atas jaringan epidermis, jaringan parenkim yang terdiri atas palisade, spons, ada pula sklerenkim, xilem, phloem, kambium. Pada hewan tingkat tinggi dan manusia, jaringan yang menyusun organ dan tubuhnya terdiri dari jaringan lemak, jaringan tulang, jaringan otot, darah, syaraf, dan limfe.

## **3. Objek Biologi Tingkat Organ**

Organ merupakan kumpulan dari beberapa macam jaringan yang melakukan fungsi dan tugas yang sama dan spesifik. Contoh organ pada tumbuhan tingkat tinggi misalkan, akar, batang, daun, bunga, dan buah. Sedangkan contoh organ pada hewantingkat tinggi dan manusia misalkan jantung, paru-paru, ginjal, hati, lambung, usus, hidung, mata. Antara organ yang satu dengan organ yang lain akan bekerja sama untuk menjalankan fungsi tertentu akan membentuk yang namanya sistem organ. Salah satu contoh sistem oorgan, yaitu sistem pernafasan yang melibatkan organ hidung, saluran pernafasan tenggorokan, laring, faring, trakea, dan paru-paru.

#### **4. Objek Biologi Tingkat Individu, Populasi, dan Komunitas**

Individu merupakan makhluk hidup tunggal yang mendiami suatu wilayah tertentu. Contoh spesies misalkan seekor rusa yang ada di hutan dan hidup sendiri. Populasi ialah kumpulan individu dengan jenis yang sama yang saling berinteraksi dan tinggal di wilayah tertentu. Contoh populasi misalkan sekelompok manusia yang tinggal di perumahan. Komunitas adalah kumpulan populasi dari berbagai macam spesies dan saling berinteraksi di dalam dan suatu wilayah tertentu. Contoh komunitas misalkan, komunitas gurun ada populasi kalajengking, ada populasi kaktus, populasi ular derik.

#### **5. Objek Biologi Tingkat Ekosistem, Bioma, dan Biosfer**

Ekosistem adalah hubungan timbal balik yang terjadi antara faktor biotik dengan faktor abiotik. Karena di dalam suatu ekosistem dihuni oleh berbagai macam populasi dan komunitas, sehingga menyebabkan adanya interaksi antara faktor biotik yang satu dengan faktor biotik yang lain, maupun interaksi antara faktor biotik dengan faktor abiotiknya. Suatu organisme dalam suatu ekosistem memiliki peran masing-masing, ada yang berperan sebagai produsen, konsumen, maupun dekomposer. Faktor Biotik penyusun ekosistem misalnya tumbuhan, hewan, manusia, sedangkan komponen abiotik misalkan air, tanah, udara, cahaya, pH, dan sebagainya.

Bioma adalah ekosistem terestrial yang umumnya dipengaruhi oleh iklim regional yang diklasifikasikan berdasarkan vegetasi dominan atau organisme dengan

beradaptasi di lingkungan tertentu. Bioma meliputi daerah yang luas dan tumbuhan tertentu yang dominan. Permukaan bumi terdiri tujuh macam bioma, seperti taiga, tundra, sabana, gurun, padang rumput, hutan gugur, dan hutan hujan tropis.

Biosfer adalah lapisan bumi yang di dalamnya terdapat suatu kehidupan. Bumi merupakan tempat hidup kita dengan ciri utama mengandung oksigen yang dibutuhkan untuk menunjang kehidupan organisme.

#### **D. Cabang Ilmu Biologi**

Biologi memiliki objek kajian terhadap makhluk hidup yang sangat luas sekali, sehingga biologi juga mengalami perkembangan menjadi beberapa cabang ilmu diantaranya sebagai berikut.

1. Botani, botani adalah cabang ilmu biologi yang khusus mempelajari tentang kehidupan tumbuhan
2. Zoologi, yaitu cabang ilmu biologi yang mempelajari tentang kehidupan hewan.
3. Anatomi, yaitu cabang ilmu biologi yang khusus mempelajari tentang susunan tubuh makhluk hidup
4. Taksonomi / Sistematika, yaitu ilmu yang mempelajari tentang sistematika penggolongan makhluk hidup.
5. Morfologi, yaitu cabang ilmu biologi yang mempelajari tentang bentuk luar atau ciri-ciri luar bentuk tubuh makhluk hidup.
6. Ekologi, yaitu ilmu yang mempelajari tentang hubungan timbal balik antara makhluk hidup dengan lingkungannya.

7. Genetika, yaitu ilmu yang mempelajari tentang pewarisan sifat dari induk kepada turunannya, tidak hanya itu saja, genetika juga mempelajari tentang bagaimana sintesis dan regulasi pengaturan ekspresi gen sehingga ada sifat yang muncul dan teramati pada turunannya, namun ada juga yang tak nampak pada turunannya.
8. Fisiologi, yaitu ilmu yang mempelajari tentang fungsi faal tubuh pada makhluk hidup
9. Mikrobiologi, yaitu ilmu yang mempelajari tentang mikroorganisme atau mikroba.
10. Virologi, yaitu cabang ilmu biologi yang mempelajari tentang virus.
11. Mikologi, yaitu cabang ilmu biologi yang mempelajari tentang jamur atau fungi.
12. Parasitologi, merupakan cabang ilmu biologi yang mempelajari tentang parasit.
13. Etologi, yaitu cabang ilmu biologi yang mempelajari tentang tingkah laku hewan.
14. Entomologi, yaitu cabang ilmu biologi yang mempelajari tentang serangga.
15. Palaentologi, yaitu cabang ilmu biologi yang mempelajari tentang kehidupan di masa lampau (di masa purba) yang ditunjukkan dengan adanya fosil.
16. Biokimia, ilmu yang mempelajari tentang proses-proses kimia yang ada di dalam tubuh dan yang berhubungan dengan organisme hidup.

## **E. Kaitan Biologi dengan Ilmu Lain.**

Biologi bukanlah salah satu rumpun ilmu pengetahuan alam yang berdiri sendiri, melainkan ada hubungannya juga dengan disiplin ilmu yang lain baik dari ilmu yang serumpun, yakni ilmu pengetahuan alam, maupun ilmu pengetahuan sosial. Adanya hubungan antara biologi dengan ilmu yang lain dapat membantu melengkapi atau memberikan penjelasan atau jawaban dari masalah yang tidak bisa dijawab hanya dari satu sudut pandang biologi saja.

### **1. Hubungan antara Biologi dengan Matematika**

Hubungan ilmu biologi dengan matematika salah satunya dapat tercermin dalam penentuan peluang perbandingan fenotip pada hasil persilangan baik yang melibatkan spesies dengan satu sifat beda, dua sifat beda, ataupun polihibrida. Selain itu, perhitungan matematika juga dapat digunakan untuk memprediksi pertumbuhan bakteri pada satuan waktu tertentu, dimana pada fase log, terjadi pertumbuhan bakteri secara eksponensial.

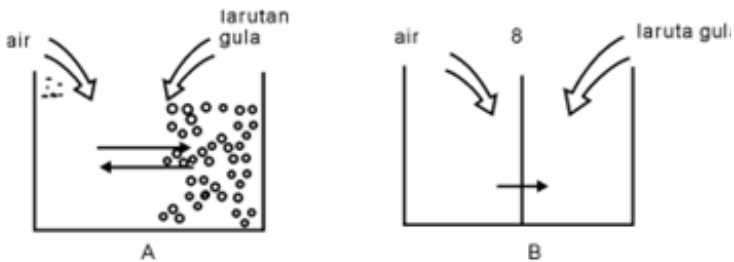
### **2. Hubungan antara Biologi dengan Fisika**

Seringkali hukum-hukum fisika digunakan untuk menjelaskan fenomena yang terjadi di dalam tubuh organisme makhluk hidup. Beberapa diantaranya dapat diperinci sebagai berikut:

- a. Proses penyerapan air dan zat hara dari dalam tanah oleh akar tumbuhan dapat dijelaskan berdasarkan prinsip fisika yaitu peristiwa difusi dan osmosis. Difusi adalah perpindahan zat atau molekul dari



tempat yang memiliki konsentrasi yang tinggi menuju ke tempat yang konsentrasinya lebih rendah. Baik yang melalui selaput membran ataupun tidak melalui selaput membran. Apabila difusi yang terjadi melalui membran selaput pemisah disebut dengan osmosis (Dwidjoseputro,1993).



Gambar 5.1. A. Difusi

B. Osmosis (Dwidjoseputro,1993)

b. Penggunaan kaca mata untuk membantu bagi manusia yang mengalami cacat mata yang sering dijumpai pada manusia antara lain:

- 1) *Myopi* (rabun jauh) merupakan kelainan pada mata yang mana penderitanya tidak bisa melihat benda yang jauh, namun hanya bisa melihat benda-benda yang berada di dekatnya saja. Hal ini diakibatkan keadaan bola mata yang terlalu lonjong atau kornea mata yang terlalu melengkung, sehingga bayangan yang masuk ke mata jatuh di depan bintik kuning retina mata. Suatu benda akan terlihat dengan jelas jika bayangan benda tersebut jatuh tepat pada bintik kuning retina.

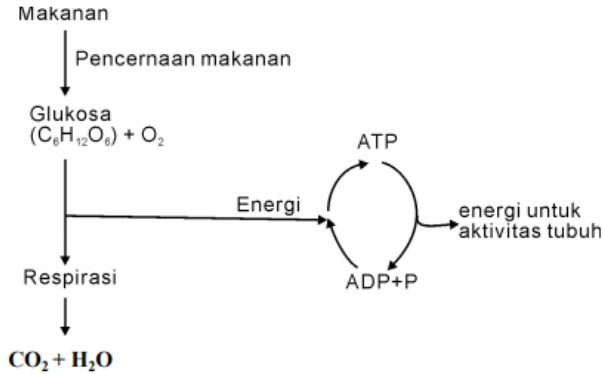
Apabila bayangan benda jatuh di depan atau di belakang bintik kuning pada retina maka benda tersebut tidak terlihat dengan jelas. Untuk membantu mengoreksi kekurangan tersebut, maka dapat dibantu dengan menggunakan kaca mata berlensa cekung, permukaan lensa yang cekung dapat memperpanjang bayangan sehingga bisa jatuh tepat di bintik kuning retina mata.

- 2) *Hypermetropi* (mata dekat), merupakan kelainan pada mata dimana bentuk lensa mata terlalu pipih atau bola mata terlalu pendek. Benda-benda, yang berada di dekat akan terlihat kabur karena bayangan jatuh di belakang retina sedangkan benda-benda yang jauh dapat terlihat dengan jelas. Penderita *hypermetropi* dapat dibantu dengan kaca mata yang berlensa cembung karena lensa cembung dapat memperpendek jatuhnya bayangan sehingga bayangan dapat jatuh tepat pada bintik kuning retina mata.
- 3) *Presbiopi*, merupakan cacat mata di mana lensa mata kehilangan elastisitasnya, karena bertambahnya usia seseorang sehingga lensa mata kurang dapat berakomodasi lagi. Cacat mata *presbiopi* pada umumnya terdapat pada orang-orang yang sudah tua. Pada umumnya mereka dapat melihat jelas bila objeknya jauh sedangkan untuk melihat objek yang dekat perlu bantuan kaca mata dengan lensa cembung (*Positif*).

### 3. Hubungan antara Biologi dengan Kimia

Antara biologi dengan kimia terdapat hubungan yang sangat erat. Hal ini dapat dilihat dari unsur-unsur yang menyusun tubuh organisme bahkan manusia. Berdasarkan penelitian tubuh manusia tersusun atas unsur-unsur sebagai berikut; oksigen, karbon, hidrogen, nitrogen, kalsium, phosphor, kalium, sulfur, natrium, chlor, dan magnesium, dan unsur-unsur lain yang jumlahnya sedikit kurang dari 0,05% yaitu boron, cromium, cobalt, iodium, ferum, zinc.

Unsur-unsur seperti karbon (C), Hidrogen (H), dan Oksigen (O) merupakan unsur-unsur utama pembentuk materi dalam tubuh dan sangat diperlukan untuk menyusun senyawa-senyawa organik seperti karbohidrat, lemak dan protein. Karbohidrat dan lemak mempunyai fungsi utama sebagai penghasil energi sedangkan protein mempunyai fungsi utama sebagai pembangun sel-sel tubuh kita yang mati dan rusak. Untuk menghasilkan energi maka karbohidrat atau lemak yang berasal dari makanan akan diubah menjadi glukosa. Selanjutnya glukosa akan mengalami proses pembakaran atau oksidasi. Hasil proses berupa CO<sub>2</sub> dan H<sub>2</sub>O serta energi. Energi ini belum merupakan energi yang siap digunakan tetapi energi tersebut akan digunakan untuk menggabungkan adenosin difosfat (ADP) dengan fosfat (P) membentuk adenosin trifosfat (ATP) yang merupakan senyawa sumber energi siap pakai untuk segala macam aktivitas tubuh dan sebagainya. Setelah ATP melepaskan energi maka ATP akan berubah kembali menjadi ADP dan P. Untuk lebih jelasnya perhatikanlah skema berikut ini.



Gambar 6.1 Skema Metabolisme Tubuh untuk Menghasilkan Energi

Sumber : [www.depositphotos.com](http://www.depositphotos.com)

#### 4. Hubungan Biologi dengan Ekonomi

Salah satu hubungan yang mengaitkan antara biologi dengan ekonomi salah satunya agrobisnis dimana manusia dapat memanfaatkan potensi tanaman untuk digunakan sebagai sumber pendapatan melalui pemanfaatan tanaman untuk diolah menjadi teknologi pangan yang dapat dijual, dibudidayakan untuk dimanfaatkan keindahannya dan dikembangkan menjadi obyek wisata, serta dapat dimanfaatkan untuk diolah manfaatnya misalkan tanaman obat-obatan keluarga diolah menjadi jamu tradisional dan bisa dikemassemenarik mungkin dan sehigienis mungkin untuk dijual ke masyarakat, sehingga bisa menambah pendapatan perekonomian keluarga.

#### F. Sejarah Kehidupan dan Karakteristik Makhluk Hidup

Jauh sebelum tahun Masehi, makhluk hidup sudah menjadi sasaran pengamatan seperti yang dilakukan oleh Aristoteles

(384 – 322 SM), seorang ahli filsafat Yunani, terhadap berbagai jenis tumbuhan dan hewan. Dari pemahamannya, makhluk hidup pertama berasal dari benda tak hidup. Sebenarnya dia mengetahui bahwa makhluk hidup yang baru merupakan hasil perkawinan induknya, tetapi ia masih percaya bahwa ada makhluk lain yang muncul dari lumpur atau tanah, misalnya, sehingga makhluk tersebut dianggap timbul secara spontan (“*generatio spontanea*”). Berdasarkan pengamatan dan pemahaman inilah, ia akhirnya mencanangkan teori abiogenesis yang terkenal itu. Walaupun teori yang dikemukakan oleh Aristoteles tersebut dapat bertahan sampai ratusan tahun lamanya, tidak semua orang puas terhadap teori ini, karena pengamatannya dilakukan dengan tidak melalui langkah-langkah ilmiah yang benar. Aristoteles tidak menggunakan metode ilmiah dalam mengemukakan teorinya, yaitu cara atau tahapan atau langkah tertentu yang harus diikuti oleh seorang ilmuwan dalam melakukan suatu penelitian.

Salah seorang ilmuwan yang tidak puas dengan Aristoteles adalah Francesco Redi (1621 – 1697) seorang berkebangsaan Italia. Ia menggunakan metode ilmiah untuk menunjukkan bahwa teori abiogenesis (*generatio spontanea*) tersebut tidak benar. Untuk membuktikan pendapatnya, Redi menggunakan dua tabung gelas yang diisi masing-masing dengan sekerat daging sebagai bahan percobaan. Tabung gelas pertama ditutup dengan penutup terbuat dari lilin dan tabung gelas kedua dibiarkan terbuka. Beberapa hari kemudian, ditemukan beberapa belatung (larva lalat) pada tabung gelas kedua tetapi tidak pada tabung gelas pertama. Hal tersebut

menunjukkan bahwa belatung berasal dari telur lalat yang induknya menyentuh daging. Walaupun teori abiogenesis telah digagalkan oleh percobaan Redi tersebut, masih ada juga ilmuwan yang skeptis. Alasannya ialah dapat saja udara yang menyebabkan munculnya belatung. Untuk meyakinkan mereka, Redi mengganti tutup tabung gelas pertama (tutup lilin) dengan kain kasa agar udara dapat leluasa keluar-masuk tabung. Hasilnya adalah setelah beberapa hari, daging pada tabung gelas pertama tersebut tetap saja bersih dari belatung. Kenyataan ini justru semakin menguatkan pendapat Redi bahwa makhluk hidup berasal hanya dari makhluk hidup sebelumnya (biogenesis).

Pembuktian teori biogenesis yang lain adalah dengan menggunakan mikroba. Banyak yang berpendapat bahwa mikroba adalah jasad renik yang muncul secara spontan. Mereka menganggap bahwa ragi, fungi, bakteri, bahkan protista (organisme bersel satu, misalnya amoeba) berasal dari bahan-bahan yang membusuk. Seorang ilmuwan Italia yang lain, Lazaro Spallanzani (1729 – 1799) ingin membuktikan bahwa mikroba juga tidak muncul secara spontan. Iapun mengadakan percobaan yang pada prinsipnya sama dengan percobaan Redi, tetapi bahan yang digunakan ialah air kaldu. Dua labu erlenmeyer berisi air kaldu dididihkan, kemudian labu yang satu disumbat rapat dengan sumbat gabus, sedangkan labu yang satunya lagi dibiarkan terbuka. Beberapa hari kemudian, labu yang terbuka menunjukkan warna air yang keruh dan mengeluarkan aroma yang tidak enak, sedangkan labu yang tertutup tidak menunjukkan perubahan apapun.

Dari hasil percobaan Spallanzani ini disimpulkan bahwa timbulnya kehidupan hanya mungkin jika telah ada kehidupan sebelumnya, artinya mikroba selalu ada dan tersebar di udara. Kesimpulan tersebut justru mengundang polemik dengan para pendukung teori abiogenesis, sebab menurut mereka, udara (dalam hal ini oksigen) diperlukan untuk berlakunya teori “*generatio spontanea*”. Pekerjaan Spallanzani ini kemudian disempurnakan oleh seorang ilmuwan bangsa Perancis bernama Louis Pasteur (1822 – 1895).

Louis Pasteur juga mendidihkan kedua labu berisi medium kultur ini. Bedanya ialah labu yang satu diberi tutup pipa leher angsa (pipa berbentuk huruf S). Setelah pemanasan, kedua labu dibiarkan dingin selama beberapa hari. Hasil dari perlakuan ini adalah labu yang terbuka (tidak bertutup) dengan cepat terkontaminasi oleh bakteri, sedangkan yang bertutup pipa leher angsa tetap bersih/steril. Ternyata penggunaan pipa leher angsa berhasil menghalangi masuknya bakteri ke dalam labu walaupun udara dapat bebas keluar-masuk ke dalam labu. Bakteri/mikroba dari udara terperangkap pada salah satu lengkungan pipa leher angsa

Hasil percobaan Louis Pasteur ini merupakan tonggak bersejarah tentang tumbangnya teori abiogenesis dan munculnya teori biogenesis yang menyatakan bahwa setiap makhluk hidup berasal dari telur, setiap telur berasal dari makhluk hidup, dan setiap makhluk hidup berasal dari makhluk hidup juga (*‘omne vivum ex ovo, omne ovum ex vivo, omne vivum ex vivo’*).

Makhluk hidup tentunya memiliki karakteristik yang berbeda apabila dibandingkan dengan benda tak hidup yang ada di alam semesta. Berikut merupakan karakteristik dari makhluk hidup.

1. Order (saling menyusun, keteraturan)

Makhluk hidup tersusun atas molekul → sel → jaringan → organ → sistem organ → individu. Seluruh komponen tersebut membentuk sebuah keteraturan dalam tubuh.

2. Reproduksi

Reproduksi atau berkembang biak adalah proses biologis individu untuk menghasilkan individu baru. Reproduksi bertujuan untuk mempertahankan jenis/ keturunan agar tidak punah.

3. Tumbuh dan Berkembang

Tumbuh atau pertumbuhan merupakan perubahan biologis secara irreversible yang ditandai dengan bertambahnya ukuran tubuh makhluk hidup seperti penambahan tinggi serta berat badan. Pertumbuhan dapat diukur secara kuantitatif. Berkembang atau perkembangan adalah kondisi menuju tercapainya kedewasaan yang terjadi secara reversible. Berbeda dengan pertumbuhan, perkembangan termasuk kondisi yang tidak dapat diukur secara kuantitatif namun dapat diukur secara kualitatif.

4. Memproses Energi

Energi didapatkan dari proses metabolisme yang dilakukan secara enzimatik di dalam sel baik secara aerob maupun anaerob. Metabolisme sendiri dibagi menjadi dua



yaitu katabolisme dan anabolisme. Katabolisme adalah proses merombak senyawa kompleks menjadi senyawa yang lebih sederhana, sedangkan anabolisme adalah proses menyusun senyawa sederhana menjadi senyawa kompleks.

#### 5. Peka terhadap Rangsang

Adalah ciri makhluk hidup berupa kemampuan untuk bereaksi terhadap perubahan yang terjadi disekitarnya berupa stimulus baik yang berasal dari cahaya, suhu, aroma, dll. Regulasi Mekanisme regulasi dilakukan untuk mengatur kondisi tubuh agar dalam keadaan seimbang. Contohnya adalah lemur yang memiliki kebiasaan untuk berjemur untuk meningkatkan suhu tubuhnya saat pagi hari.

#### 6. Evolusi dan adaptasi

Proses evolusi dan adaptasi merupakan upaya yang dilakukan makhluk hidup untuk menyesuaikan diri dengan segala perubahan lingkungan sebagai upaya untuk bertahan hidup.

Dengan demikian, terdapat beberapa ciri yang membuat sesuatu disebut sebagai makhluk hidup. Ciri-ciri tersebut berupa order, bereproduksi, tumbuh dan berkembang, memproses energi, peka terhadap rangsang, regulasi, evolusi dan adaptasi.



## BAB II PERTUMBUHAN DAN PERKEMBANGAN

Pernahkah Anda melihat seorang bayi yang baru lahir? Beberapa bulan atau beberapa tahun kemudian bayi tersebut menjadi balita setelah melalui segala macam proses mulai tengkurap, merangkak, berjalan hingga berlari. Makin lama bayi mungil tersebut semakin besar hingga tumbuh menjadi anak-anak. Apa yang terjadi?

Proses tersebut adalah salah satu dari rangkaian proses tumbuh dan berkembang. Bukan hanya manusia, semua makhluk hidup mengalami proses tersebut. Bahkan mikroorganisme yang kecil sekalipun juga mengalami pertumbuhan. Namun tidak seperti makhluk hidup lain, mikroorganisme tumbuh dan berkembang bukan dengan cara penambahan sel dalam jaringan ataupun pertumbuhan volume sel melainkan dengan cara membelah diri atau memproduksi sel baru. Jadi, populasi mikroorganisme bertambah meskipun ukuran selnya tetap. Pertumbuhan yang demikian disebut dengan *population growth*.

### **A. Pengertian Pertumbuhan dan Perkembangan**

Salah satu ciri makhluk hidup adalah kemampuan untuk tumbuh dan berkembang, yang dimulai dari zigot hingga terbentuk individu dewasa. Proses pertumbuhan dan perkembangan makhluk hidup berbeda-beda berdasarkan

pola-pola spesifik sesuai spesies masing-masing. Meskipun sama-sama berasal dari satu sel, tetapi ketika sudah mencapai fase dewasa akan terlihat perbedaan yang sangat mencolok.

Pertumbuhan dideskripsikan sebagai perubahan massa tubuh selama rentang waktu tertentu. Perubahan tersebut mungkin bisa disebabkan oleh perubahan massa, volume dan kepadatan. Proses pertumbuhan biasanya juga terjadi karena penambahan materi pada suatu sistem yang sedang mengalami perkembangan atau pada fase transisi untuk pembentukan struktur baru (Goriely, 2017).

Pertumbuhan berarti penambahan ukuran. Pertumbuhan merupakan proses perubahan secara kuantitatif yang bersifat *irreversible* atau tidak dapat balik, meliputi penambahan massa, panjang dan volume tubuh. Pertumbuhan pada makhluk hidup disebabkan oleh dua faktor, yaitu adanya penambahan jumlah sel dan penambahan ukuran sel. Penambahan jumlah sel disebabkan oleh adanya proses pembelahan yang dikode oleh gen-gen tertentu. Proses pertumbuhan umumnya bisa diukur dan diobservasi perubahannya.

Hewan dan tumbuhan memiliki pola dan rentang waktu tumbuh yang berbeda. Pertumbuhan hewan bisa berhenti setelah beberapa waktu, sedangkan tumbuhan bisa terus tumbuh. Setelah beberapa waktu tertentu hewan berhenti tumbuh dan bereproduksi, sedangkan tumbuhan dapat tumbuh dan memproduksi sel baru sepanjang hidupnya. Pertumbuhan pada tumbuhan meliputi penambahan jumlah sel dan ukurannya (Brukhin & Morozova, 2011).

Perkembangan berarti proses pematangan. Secara istilah, perkembangan merupakan suatu proses perubahan pada tubuh makhluk hidup yang bersifat kualitatif dan menuju ke arah perubahan secara kompleks dan bersifat progresif. Perkembangan meliputi pematangan fungsi-fungsi dan struktur tubuh sehingga bisa mendukung aktivitas makhluk hidup dewasa dalam menjalankan tugas-tugas perkembangannya. Berbeda dengan pertumbuhan, proses perkembangan umumnya lebih sulit untuk diukur dan diobservasi.

Pertumbuhan dan perkembangan merupakan proses yang berbeda namun berjalan beriringan. Proses perkembangan dan pertumbuhan saling mendukung satu sama lain. Jika diibaratkan pada metamorfosis larva menjadi nyamuk, proses pertumbuhan terdeskripsi sebagai larva kecil yang baru menetas dari telur kemudian membesar seiring waktu. Larva kecil tersebut mengalami penambahan jumlah sel dan ukuran sel, sehingga berakibat pada penambahan berat, panjang dan volume tubuh.



Gambar 2.1 Metamorfosis Nyamuk

Sumber: [www.depositphotos.com](http://www.depositphotos.com)

Proses perkembangan pada metamorfosis nyamuk di atas dapat dilihat pada perubahan bentuk dari larva menjadi nyamuk dewasa (imago). Sel-sel larva terdiferensiasi selama

menjadi pupa menjadi bagian-bagian penyusun tubuh nyamuk dewasa. Oleh karena itu, proses perkembangan bisa dikatakan lebih kompleks dibandingkan dengan pertumbuhan.

## **B. Gejala Pertumbuhan dan Perkembangan**

Proses pertumbuhan pada makhluk hidup bisa dilihat secara langsung. Pengukuran pertumbuhan dilakukan secara searah atau dua arah, misalnya pengukuran tinggi badan, diameter batang, dan luas daun.

Ada beberapa indikator yang bisa menjadi ukuran bagaimana makhluk hidup dikatakan mengalami pertumbuhan sebagaimana dijelaskan berikut.

1. Adanya perubahan secara fisik. Proses pertumbuhan merupakan proses yang mudah dilihat. Individu yang sedang tumbuh terlihat berubah secara fisik dan morfologi yang bisa membedakannya dengan pada fase sebelumnya. Pada hewan, terutama manusia, ada fase-fase yang dikenal sebagai fase bayi, fase anak-anak, fase remaja dan fase dewasa dan masing-masing fase tersebut terdapat perubahan morfologi dan struktur tubuh yang sangat berbeda dengan fase yang lain.



Gambar 2.2 Perubahan Fisik Tubuh

Sumber: [www.depositphotos.com](http://www.depositphotos.com)

2. Adanya peningkatan jumlah sel. Pertumbuhan makhluk hidup disebabkan oleh penambahan sel akibat proses pembelahan sel dan penambahan ukuran sel. Penambahan sel ini menyebabkan makhluk hidup tumbuh semakin besar dan panjang sehingga dapat menambah massa tubuh.
3. Penambahan secara kuantitatif. Penambahan kuantitatif berarti penambahan secara jumlah. Penambahan jumlah bisa diukur dan dinyatakan dalam satuan ukur tertentu. Dalam hal ini, perubahan yang terjadi akibat proses pertumbuhan dinyatakan dalam satuan jumlah, berat dan panjang.
4. Dipengaruhi oleh faktor internal dan eksternal. Proses pertumbuhan individu dipengaruhi oleh beberapa faktor, baik dari luar maupun didalam dirinya sendiri. Setiap makhluk hidup merupakan bagian dari suatu sistem penyusun. Individu didukung oleh sistem organ yang terdiri atas jutaan sel, jaringan dan organ yang bekerja bersama-sama. Namun di waktu yang sama, individu

tersebut merupakan bagian dari ekosistem yang saling mempengaruhi satu sama lain.

Berbeda dengan pertumbuhan, perkembangan makhluk hidup lebih sulit untuk dilihat secara langsung. Tubuh dikatakan berkembang jika fungsi dan strukturnya sesuai dengan pola pematangan yang benar. Beberapa indikator yang bisa menjadi ukuran bagaimana makhluk hidup dikatakan mengalami perkembangan sebagaimana dijelaskan berikut.

1. Adanya proses kedewasaan. Proses perkembangan ini menyebabkan tubuh makhluk hidup bertambah sempurna, lengkap dan kompleks. Proses kedewasaan ini disertai dengan tugas-tugas perkembangan yang juga tidak mudah. Pada manusia, proses kedewasaan menuntut tanggungjawab yang besar. Sedangkan pada makhluk hidup lain, proses kedewasaan terkait dengan eksistensi atau keberadaannya dalam sebuah ekosistem.
2. Adanya peningkatan secara kualitatif. Peningkatan secara kualitatif bukan sesuatu yang dapat ditimbang atau diukur menggunakan alat tertentu. Oleh karena itu, perkembangan tidak bisa diukur dengan satuan jumlah, panjang dan berat.
3. Sistematis, progresif, dan berkelanjutan. Proses perkembangan berlangsung dalam beberapa tahap. Ciri khusus yang bisa dideteksi dalam proses ini adalah pola perkembangan menuju ke arah yang lebih baik pada tiap tahapnya. Proses perkembangan terus terjadi mulai makhluk hidup baru lahir/menetas/berkecambah hingga mati.



## **C. Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Pertumbuhan dan Perkembangan**

Pertumbuhan dan perkembangan merupakan sesuatu hal yang alamiah dan dialami oleh semua makhluk hidup. Meskipun demikian, tiap individu bisa saja mengalami laju serta pola pertumbuhan dan perkembangan yang berbeda. Hal tersebut dikarenakan oleh beberapa faktor, baik dari luar (eksternal) maupun dari dalam (internal), yang mempengaruhi proses pertumbuhan dan perkembangan makhluk hidup. Faktor internal dan faktor eksternal bekerjasama mendukung pertumbuhan dan perkembangan makhluk hidup yang dijelaskan sebagai berikut.

### **1. Faktor Internal**

#### **a. Genetik**

Gen dikenal sebagai faktor pembawa karakteristik/sifat yang bersifat menurun dari parental kepada filialnya. Gen merupakan bagian dari DNA yang terletak di dalam inti sel. Sifat yang diturunkan berupa sifat yang tampak (fenotif) maupun tidak tampak (genotif). Salah satu sifat yang diturunkan adalah cara kerja metabolisme tubuh, termasuk pada pertumbuhan dan perkembangan suatu organisme. Sistem penurunan sifat ini melalui sebuah proses disebut dengan sintesis protein.

#### **b. Hormon Pertumbuhan**

Hormon merupakan zat perantara kimiawi yang berperan mengendalikan berbagai fungsi dalam

tubuh secara jarak jauh. Pada hewan dan manusia, hormon disekresikan oleh kelenjar endokrin pada hipotalamus dan dialirkan melalui darah menuju “sel target”. Respon hormon bersifat lambat datang dan lambat hilang. Hormon pengatur pertumbuhan dan perkembangan pada hewan adalah sebagai berikut.

- 1) *Growth hormon* atau somatotropin, merupakan hormon yang diproduksi di bagian hipofisis anterior dan berperan dalam pertumbuhan jaringan otot dan tulang serta mempengaruhi metabolisme
- 2) Tiroksin, berperan mengatur pelepasan kortikotropin, gonadotropin dan somatotropin sehingga berpengaruh pada pertumbuhan dan perkembangan seksual pada hewan
- 3) Hormon juvenil dan ekdison, berpengaruh terhadap proses metamorfosis hewan
- 4) Hormon estrogen, progesteron dan testosteron, berpengaruh terhadap perkembangan sekunder

Hormon juga memiliki peran mengatur pertumbuhan dan perkembangan pada hewan dan tumbuhan. Tumbuhan tidak memiliki kelenjar khusus yang dapat menghasilkan hormon. Pada tumbuhan, hormon pertumbuhan lebih banyak dihasilkan pada bagian sel yang masih aktif membelah, yaitu pada bagian ujung batang dan akar, serta pada proses diferensiasi tertentu seperti pada proses pematangan buah. Hormon pada tumbuhan beredar melalui xylem

dan floem atau difusi antar sel. Hormon pengatur pertumbuhan dan perkembangan pada tumbuhan adalah sebagai berikut.

- 1) Sitokinin, hormon yang memacu proses sitokinesis. Berperan dalam memacu perkecambahan dan perkembangan kloroplas dan sintesis klorofil
- 2) Auksin, hormon yang kerjanya bergantung pada ketiadaan cahaya untuk mempengaruhi proses pembelahan sel-sel meristem pada ujung batang dan akar tumbuhan
- 3) Giberelin, berperan dalam proses tumbuhnya tunas, pembungaan dan pematangan buah.
- 4) Asam absisat, merupakan *stress hormone* yang berperan penting dalam perkembangan, pematangan dan dormansi pada biji.

c. Epigenetik

Epigenetik adalah faktor internal non-gen yang juga dapat mempengaruhi pertumbuhan dan perkembangan suatu organisme (Simeone & Alberti, 2014 these only explain a fraction of human height variation, suggesting that significant information might have been systematically missed by SNP sequencing analysis. A candidate for such non-SNPlinked information is DNA methylation. Regulation by DNA methylation requires the presence of CpG islands in the promoter region of candidate genes. Seventy two of 87 (82.8%; Benonisdotir et al., 2016)453

Icelanders and tested them for association with adult height by imputing them into 88,835 Icelanders. Here we discovered 13 novel height associations by testing four different models including parent-of-origin ( $|\beta|=0.4-10.6$  cm. Epigenetik bisa diwariskan kepada keturunan, dapat mempengaruhi fenotip namun tidak mempengaruhi genotip. Perubahan epigenetik bersifat reversibel (dapat balik) di dalam gen dan ditemukan dalam beberapa generasi filial (Nuraeny et al., 2019). Epigenetik mempengaruhi pertumbuhan dan perkembangan organisme dengan dua cara, yaitu dengan metilasi DNA, modifikasi histon dan non-coding RNA (Luczak, 2006; Dewi et al., 2018).

## 2. Faktor Eksternal

### a. Nutrisi

Setiap makhluk hidup membutuhkan nutrisi yang digunakan untuk bahan bakar serta keperluan lain untuk membangun dan memelihara tubuhnya. Faktor nutrisi ini mutlak dibutuhkan oleh makhluk hidup. Unsur nutrisi yang dibutuhkan dalam jumlah banyak disebut dengan makronutrien, sedangkan unsur nutrisi yang dibutuhkan dalam jumlah sedikit disebut dengan mikronutrien.

Makhluk hidup mengambil nutrisi dari lingkungan sekitarnya. Tumbuhan sebagai autotrof mengambil nutrisi dari media tumbuhnya sedangkan organisme heterotrof seperti hewan mengambil dari makhluk hidup lain. Faktor nutrisi ini harus tersedia dan

dimanfaatkan dalam jumlah yang cukup. Kelebihan dan defisiensi dari nutrisi ini akan mengakibatkan penyakit (Candrawati, 2016; Wiraatmaja, 2017).

b. Cahaya

Pengaruh cahaya terhadap pertumbuhan dan perkembangan meliputi 2 hal, yakni kualitas dan kuantitas cahaya. Kuantitas cahaya ditentukan oleh lama waktu siang dan malam. Pada daerah tropis, perbedaan waktu siang dan malam tentu tidak terlalu jauh, namun pada daerah subtropis, lama waktu siang dan malam akan sangat menentukan jumlah sinar matahari yang diterima oleh tumbuhan dan hewan.

Kuantitas cahaya juga berhubungan dengan fotoperiodisme. Pada tumbuhan, fotoperiodisme berhubungan dengan perkecambahan biji, pemanjangan batang, pertunasan, pembesaran daun, dan lain sebagainya (Salisbury & Ross, 1995). Pada hewan, fotoperiodisme berpengaruh terhadap peningkatan bobot dan tinggi dari anak sapi, domba dan unggas (Dahl & Thompson, 2012).

Kualitas cahaya yang dimaksud adalah panjang gelombang yang diterima oleh tumbuhan dan hewan. Cahaya merah dan biru diabsorpsi oleh tumbuhan untuk pertumbuhan vegetatif dan pembungaan. Pada hewan, terutama unggas, warna (panjang gelombang) cahaya biru berpengaruh terhadap stimulasi hormon testosteron dan protein yang dapat memacu

pertumbuhan sel-sel otot ayam jantan (Kasiyati, 2018).

c. Suhu

Suhu merupakan faktor lingkungan yang juga turut berperan dalam proses pertumbuhan dan perkembangan makhluk hidup. Suhu berkaitan dengan kerja enzim serta laju metabolisme dalam tubuh. Tiap reaksi memerlukan suhu yang optimum, yaitu suhu yang tepat untuk melakukan aktivitas (metabolisme) secara maksimal.

Suhu berpengaruh terhadap penyimpanan benih pada tumbuhan. Benih yang disimpan pada suhu optimal akan berkurang viabilitasnya dibandingkan jika disimpan diluar suhu optimal. Hubungan suhu dengan pertumbuhan dan perkembangan tumbuhan dijelaskan dengan metode *remainder index* atau *heat unit* yang merupakan pendekatan klimatologi dan agronomi untuk mengukur perkembangan tanaman dan laju pertumbuhan dengan jumlah suhu rata-rata harian diatas suhu dasar (baku) yang bervariasi menurut jenis tanaman (Wiraatmaja, 2017).

Sebagaimana pada tumbuhan, pada hewan suhu berpengaruh terhadap pertumbuhan dan perkembangan embrio pada telur ikan. Uji coba perlakuan suhu pada embrio ikan kelabau menunjukkan pengaruh suhu pada embrio yaitu pada fase cleavage, morula, blastula, gastrula dan organogenesis, pertumbuhan optimal pada suhu 32°C (Redha et al., 2017).

d. Air

Air adalah faktor penting dari kehidupan di bumi, bahkan merupakan penyusun utama tubuh hewan dan tumbuhan. Peranan air terutama dalam mendukung berbagai fungsi fisiologis tubuh tumbuhan dan hewan. Beberapa manfaat air bagi pertumbuhan dan perkembangan makhluk hidup antara lain sebagai berikut.

- 1) Air sebagai pelarut zat-zat yang dibutuhkan oleh tumbuhan dan hewan
- 2) Air sebagai media kerja enzim
- 3) Air sebagai bahan dasar dari reaksi-reaksi biokimia dalam tubuh
- 4) Air sebagai bahan fotosintesis sekaligus mengedarkan hasil fotosintesis ke seluruh tubuh tumbuhan
- 5) Air sebagai alat transportasi pada sistem peredaran darah hewan
- 6) Air menjaga tekanan turgor dinding sel pada tumbuhan

e. Kelembaban

Kelembaban berhubungan dengan perkecambahannya pada tumbuhan. sebagaimana suhu, tumbuhan juga mempunyai tingkat kelembaban optimum bagi perkecambahannya. Kelembaban ada dua, yaitu kelembaban tanah dan kelembaban udara.

## D. Macam-Macam Pertumbuhan dan Perkembangan

Sebagaimana dijelaskan pada awal bab bahwa semua makhluk hidup tumbuh dan berkembang sesuai dengan polanya masing-masing. Baik tumbuhan maupun hewan memiliki pola yang berbeda, tergantung pada spesiesnya masing-masing.

### 1. Tumbuhan

#### a. Perkecambahan

Perkecambahan merupakan awal mula pertumbuhan pada tumbuhan setelah proses pembuahan. Perkecambahan ditandai dengan plumula yang tumbuh dan berkembang menjadi batang, sedangkan radikula tumbuh menjadi akar. Perkecambahan dibagi menjadi dua macam:

- 1) Perkecambahan hypogeal, yaitu pertumbuhan memanjang dari epikotil sedangkan internodus di bagian atas kotiledon, plumula terdorong keluar dan muncul di permukaan tanah. Endosperm dan kotiledon tetap berada di dalam tanah. Contohnya *Pisum sativum* (kacang kapri) dan *Vigna angularis* (kacang merah).
- 2) Perkecambahan epygeal, yaitu pertumbuhan memanjang hipokotil yang menyebabkan kotiledon dan plumula keluar dari kulit biji dan terangkat ke atas permukaan tanah. Contohnya *Vigna radiata* (kacang hijau) dan *Arachis hypogaea* (kacang tanah).



## b. Pertumbuhan Primer

Pertumbuhan primer terjadi akibat aktivitas pembelahan sel-sel meristem primer yang menyebabkan pertumbuhan memanjang pada ujung batang (meristem pucuk) dan ujung akar (meristem akar) tumbuhan. Berdasarkan aktivitasnya, daerah pertumbuhan pada ujung akar dan ujung batang dibagi menjadi 3, yaitu daerah pembelahan, daerah perpanjangan sel dan daerah diferensiasi.

- 1) Daerah pembelahan, merupakan jaringan muda yang sel-selnya masih aktif membelah
- 2) Daerah perpanjangan sel, terletak di belakang daerah pembelahan dan berfungsi sebagai tempat pemanjangan dan pembesaran organ tumbuhan, terutama batang dan akar.
- 3) Daerah diferensiasi, merupakan daerah perkembangan tumbuhan menuju ke struktur dan fungsi yang spesifik, terletak paling belakang dari daerah pembelahan. Jaringan meristem pada ujung batang membentuk primordia daun dan tunas lateral pada sudut daun dan batang membentuk cabang.

## c. Pertumbuhan Sekunder

Pertumbuhan sekunder umumnya terjadi pada tumbuhan berkayu, karena pada fase ini terjadi penebalan pada bagian batang dan akar, yang telah terbentuk sebelumnya saat pertumbuhan primer.

Pertumbuhan sekunder terjadi akibat aktivitas jaringan meristem sekunder atau meristem lateral, sehingga menyebabkan batang dan akar membesar ke samping. Contoh dari pertumbuhan sekunder adalah kambium dan kambium gabus (felogen).

Proses pertumbuhan sekunder diawali dengan terbentuknya kambium vaskuler (disebut juga intravasikuler) yang berfungsi membentuk xylem dan floem primer. Jaringan parenkim yang terletak di antara ikatan pembuluh menebal membentuk kambium intervaskuler. Lingkaran kambium vaskuler dan intervaskuler pada perkembangannya akan membentuk lingkaran tahun pada tumbuhan berkayu. Kambium gabus (felogen) membentuk jaringan gabus ke arah dalam berupa sel-sel hidup yang disebut feloderm, dan ke arah dalam berupa sel-sel mati yang disebut dengan felem.

## **2. Hewan**

Pertumbuhan dan perkembangan pada hewan terjadi dalam dua fase, yaitu fase embrionik dan pasca embrionik. Fase embrionik dimulai saat terbentuknya zigot sebagai hasil pembuahan, sedangkan pasca embrionik dimulai setelah terbentuk individu.

### **a. Embrionik**

Fase embrionik merupakan fase setelah adanya pembuahan (penyatuan sel telur dan sperma) hingga terjadinya diferensiasi sel dan organogenesis. Fase ini

disebut juga embriogenesis, yaitu proses pembelahan zigot menjadi embrio.

- 1) Morula. Zigot hasil pembuahan membelah berkali-kali secara mitosis. Pada tahap ini, jumlah sel hasil pembelahan adalah 16 – 64 sel.
- 2) Blastula, adalah perkembangan dari blastula. Kutub fungsional dan vegetatif juga sudah terbentuk. Ciri khusus dari blastula ini adalah adanya *cleavage* atau cekungan berisi cairan yang merupakan calon rongga tubuh. Cekungan tersebut disebut dengan blastosol. Proses pembentukan blastosol disebut dengan blastulasi.
- 3) Gastrula. Sel-sel pada kutub fungsional membelah dengan cepat mengakibatkan kutub vegetatif membentuk lekukan kedalam yang disebut invaginasi. Proses ini menghasilkan lapisan ektoderm dan endoderm, sedangkan bagian tengah yaitu arkenteron dan lapisan embrionik. Arkenteron dibentuk dengan dua cara, yaitu protostomia (invaginasi mulai dari mulut menuju anus) dan deuterostomia (invaginasi mulai dari anus menuju mulut). Protostomia biasanya terjadi pada Platyhelminthes, Annelida, Porifera, Coelenterata, Arthropoda dan Mollusca. Sedangkan deuterostomia biasanya terjadi pada Echinodermata dan Chordata. Sebagian dari endoderm mengalami diferensiasi menjadi mesoderm. Tahap akhir dari gastrula adalah

terbentuknya lapisan eksoderm, mesoderm dan endoderm.

- 4) Diferensiasi dan Organogenesis. Sel-sel yang berdekatan membentuk jaringan yang menjadi struktur pembangun sistem fungsi yang spesifik. Pada proses ini, akan terbentuk organ-organ penyusun sistem organ sebagai berikut.
  - a) Eksoderm, berdiferensiasi menjadi sistem saraf, lapisan epidermis, kelenjar rambut, kelenjar keringat, kelenjar minyak dan lapisan email pada gigi.
  - b) Mesoderm, berdiferensiasi menjadi sistem sirkulasi, sistem ekskresi, sistem reproduksi, jaringan ikat, jaringan otot dan tulang.
  - c) Endoderm, berdiferensiasi menjadi jaringan epitel, pankreas, liver, kelenjar tiroid dan paratiroid serta sistem pernapasan.

b. Pasca embrionik

Fase pasca embrionik merupakan fase individu baru mengalami pertumbuhan dan perkembangan sampai menjadi individu dewasa. Peristiwa regenerasi juga merupakan bagian dari fase ini, yaitu proses perbaikan tubuh yang disebabkan oleh adanya kerusakan atau luka. Proses regenerasi ini ditentukan oleh sel-sel hewan yang belum mengalami diferensiasi. Regenerasi sel juga dilakukan oleh hewan-hewan yang berkembangbiak secara aseksual, seperti cacing

pipih, yang dapat menghasilkan individu baru dari bagian tubuhnya yang terpotong.

Proses lain dari pertumbuhan dan perkembangan pasca embrionik adalah metamorfosis. Definisi umum dari metamorfosis adalah sebuah proses biologis yang meliputi perubahan bentuk akibat dari penambahan dan diferensiasi sel hewan, sehingga terlihat adanya perbedaan yang signifikan ketika hewan baru menetas atau lahir dengan bentuk dewasanya. Proses metamorfosis berkaitan dengan proses biologi perkembangan hewan, namun juga berkaitan dengan beberapa proses biologis lainnya, seperti evolusi, ekologi, fisiologi, sitologi bahkan biokonservasi (Bishop et al., 2006)

Definisi metamorfosis secara khusus dibahas pada Simposium “Metamorphosis: A Multikingdom Approach” pada tahun 2006 yang melahirkan beberapa perumusan definisi istilah untuk metamorfosis. Berdasarkan simposium tersebut, definisi metamorfosis adalah perubahan morfologi secara keseluruhan, baik berupa perubahan bentuk tubuh, pola makan serta pergeseran habitat yang diawali pada masa post-embrionik (Bishop et al., 2006). Proses metamorfosis terjadi pada fase pre-reproduktif hingga fase reproduktif, yaitu pada tahapan multiseluler vegetatif hingga tahapan seksual.

## 1) Metamorfosis Sempurna (Holometabola)

Metamorfosis sempurna atau holometabola bisa diartikan sebagai perubahan makhluk hidup yang sangat ekstrim dari bentuk tubuh saat fase larva dengan bentuk tubuh pada saat imago (dewasa). Fase perubahannya adalah telur – larva – pupa – imago. Jika dibandingkan bentuk larva dan dewasa, tubuh hewan yang bermetamorfosis sempurna seakan-akan mengalami rekonstruksi atau pembangunan ulang. Hewan-hewan yang mengalami metamorfosis sempurna atau holometabola ini adalah kupu-kupu, nyamuk, lebah dan lalat.



Gambar 2.1 Metamorfosis Sempurna (Holometabola)

Sumber: [www.depositphotos.com](http://www.depositphotos.com)

Telah disebutkan sebelumnya bahwa pada proses metamorfosis sempurna ini, tubuh hewan mengalami pembangunan ulang. Hal ini dikarenakan selama metamorfosis, sebagian besar jaringan (termasuk epidermis) dan

organ larva, serta sistem saraf dan sistem otot mengalami restrukturisasi. Fase larva (ulat) merupakan fase yang dipersiapkan untuk fase perkembangan selanjutnya. Fase ini merupakan tahap ‘makan’ dan penambahan ukuran tubuh, sehingga bisa dikatakan bahwa tahap ini adalah tahap pertumbuhan. Fase pertumbuhan ini berhenti saat memasuki fase kepompong (pupa). Fase selanjutnya perkembangan, yaitu perubahan menyeluruh yang juga melibatkan proses autofagi dan apoptosis (Rolff *et al.*, 2019)

## 2) Metamorfosis Tidak Sempurna (Hemimetabola)

Metamorfosis tidak sempurna atau hemimetabola merupakan perkembangan yang dimulai dari telur – naiad - imago. Sebutan untuk serangga pra-dewasa adalah naiad, yang biasanya memiliki bentuk serta habitat yang sangat berbeda dengan imago (Purnomo dan Haryadi, 2007). Berbeda dengan holometabola, fase larva pada hemimetabola bukan merupakan fase ‘makan’ atau non feeding stage. Karena naiad memiliki bakal sayap diluar tubuhnya, maka perkembangan jenis ini disebut juga eksopterygota.

Beberapa referensi menyebutkan bahwa pada perkembangan hemimetabola, serangga pra-dewasa disebut juga dengan nimfa (Truman & Riddiford, 1999)



Gambar 2.1 Metamorfosis Tidak Sempurna (Hemimetabola)

Sumber: [www.depositphotos.com](http://www.depositphotos.com)

Nimfa adalah serangga pra-dewasa bagi serangga yang mengalami metamorfosis paurometabola contohnya ordo Odonata, Ephemeroptera dan Plecoptera. Sedangkan naiad sebutan bagi serangga pra-dewasa untuk ordo Hemiptera (Purnomo dan Haryadi, 2007; Bybee et al., 2015; Duncan, 2016).



## **BAB III**

# **KEANEKARAGAMAN MAKHLUK HIDUP**

Fenomena keanekaragaman satwa dari ukuran satwa yang terkecil sampai ukuran satwa yang terbesar atau dari jenis satwa yang sangat primitif sampai jenis satwa yang paling modern, sungguh menakjubkan. Makin banyak kita melihatnya, makin terbuka mata kita akan keanekaragaman tersebut. Makin kita mencoba memahaminya, makin terasa kebesaran Tuhan akan makhluk ciptaan-Nya.

Apa yang menyebabkan keanekaragaman tersebut? Bagaimana makhluk hidup bersel tunggal dapat berkembang menjadi makhluk yang begitu berbeda satu sama lainnya? Sebelum pembahasan kita lanjutkan, kita harus mengetahui dahulu, apa itu keanekaragaman makhluk hidup? Keanekaragaman makhluk hidup merupakan ungkapan pernyataan terdapatnya berbagai macam keragaman bentuk, penampilan, jumlah, dan sifat yang terlihat pada berbagai tingkatan makhluk, yaitu tingkatan ekosistem, tingkatan jenis, dan tingkatan genetik.

### **A. Konsep Keanekaragaman Makhluk Hidup**

#### **1. Pengertian Konsep**

Menurut para ahli konsep diartikan dengan beberapa pengertian, yaitu:

- a. Menurut Soedjaji (2000:14) pengertian konsep adalah ide abstrak yang dapat digunakan untuk mengadakan klasifikasi atau penggolongan yang pada umumnya dinyatakan dengan suatu istilah atau rangkaian kata.
- b. Menurut Bahri (2008:30) pengertian konsep adalah satuan arti yang mewakili sejumlah objek yang mempunyai cirri yang sama.
- c. Menurut Singarimbun dan Effendi (2009) pengertian konsep adalah generalisasi dari sekelompok fenomena tertentu, sehingga dapat dipakai untuk menggambarkan berbagai fenomena yang sama.

Dari beberapa pengertian di atas, dapat disimpulkan bahwa konsep adalah istilah atau satuan arti yang mewakili dan dapat menggambarkan suatu objek yang memiliki ciri yang sama.

## **2. Pengertian Makhluk Hidup**

Bunga, kambing, ikan, burung dan juga manusia, semuanya bergerak, memerlukan makanan, bernafas, dan berkembangbiak. Mengapa hal ini terjadi? Nah, Hal tersebut terjadi karena mereka adalah makhluk hidup. Motor tidak bisa bergerak jika tidak diisi bensin. Demikian juga dengan sepeda dan bentor, jika tidak dikendarai manusia tidak akan bergerak. Benda itu dinamakan dengan makhluk tak hidup karena tidak melakukan hal-hal yang dilakukan makhluk hidup. Jadi makhluk hidup adalah makhluk yang memiliki ciri-ciri kehidupan seperti bernafas, bergerak, dan berkembang biak.

### 3. Pengertian Keanekaragaman Makhluk Hidup

Keanekaragaman makhluk hidup/keanekaragaman hayati atau biodiversitas (Bahasa Inggris: *Biodiversity*) adalah suatu istilah pembahasan yang mencakup semua bentuk kehidupan, yang secara ilmiah dapat dikelompokkan menurut skala organisasi biologisnya, yaitu mencakup gen, spesies tumbuhan, hewan, dan mikroorganisme serta ekosistem dan proses-proses ekologi dimana bentuk kehidupan ini merupakan bagiannya. Dapat juga diartikan sebagai kondisi keanekaragaman bentuk kehidupan dalam ekosistem atau bioma tertentu. Keanekaragaman hayati seringkali digunakan sebagai ukuran kesehatan sistem biologis. Keanekaragaman hayati tidak terdistribusi secara merata di bumi; wilayah tropis memiliki keanekaragaman hayati yang lebih kaya, dan jumlah keanekaragaman hayati terus menurun jika semakin jauh dari ekuator. Keanekaragaman hayati yang ditemukan di bumi adalah hasil dari miliaran tahun proses evolusi. Asal muasal kehidupan belum diketahui secara pasti dalam sains. Hingga sekitar 600 juta tahun yang lalu, kehidupan di bumi hanya berupa archaea, bakteri, protozoa, dan organisme uniseluler lainnya sebelum organisme multiseluler muncul dan menyebabkan ledakan keanekaragaman hayati yang begitu cepat, namun secara periodik dan eventual juga terjadi kepunahan secara besar-besaran akibat aktivitas bumi, iklim, dan luar angkasa.

## **B. Faktor Penyebab Terjadinya Keanekaragaman Makhluk Hidup**

Keanekaragaman dapat terjadi akibat dipengaruhi oleh faktor genetik dan faktor lingkungan. Faktor genetik atau faktor keturunan adalah sifat dari makhluk hidup itu sendiri yang diperoleh dari induknya. Faktor genetik ditentukan oleh gen atau pembawa sifat. Faktor lingkungan adalah faktor dari luar makhluk hidup yang meliputi lingkungan fisik, lingkungan kimia, dan lingkungan biotik. Lingkungan biotik misalnya suhu, kelembapan cahaya, dan tekanan udara. Lingkungan kimia misalnya makanan, mineral, keasaman, dan zat kimia buatan. Lingkungan biotik misalnya mikroorganisme, tumbuhan, hewan, dan manusia. Keanekaragaman makhluk hidup dapat terbentuk karena perkawinan (persilangan) dan kondisi lingkungan.

### **1. Perkawinan (Persilangan)**

Perkawinan dapat menghasilkan keanekaragaman. Perkawinan yang dimaksud adalah perkawinan antar individu berbeda sifat, tetapi tergolong dalam jenis (spesies) yang sama. Perkawinan antara spesies yang berbeda mungkin dapat menghasilkan keturunan, tetapi keturunannya itu tidak mampu menghasilkan keturunan yang baru. Yang mana keturunan yang baru itu, merupakan keturunan yang steril. Perkawinan antar individu didalam jenis (spesies) yang sama akan menghasilkan keturunan yang fertil. Artinya, keturunan tersebut mampu berkembang biak menghasilkan keturunan berikutnya. Di dalam spesies yang sama terdapat perbedaan sifat. Perkawinan antar makhluk hidup yang berbeda sifat

dapat menghasilkan keturunan yang memiliki sifat baru. Keturunan dengan sifat yang baru tersebut merupakan individu baru. Perkawinan demikian disebut pembastaran atau persilangan. Jadi, melalui pembastaran akan muncul keanekaragaman yang baru. Persilangan buatan banyak dilakukan pada tumbuh-tumbuhan. Tujuannya adalah untuk mendapatkan sifat baru yang unggul. Misalnya, persilangan tebu untuk memperoleh bibit tebu yang unggul. Demikian pula dengan untuk mendapatkan bibit padi, jagung, dan kedelai atau hewan budidaya tertentu.

## **2. Keadaan Lingkungan**

Keadaan lingkungan dapat mempengaruhi keanekaragaman makhluk hidup yang ada. Berikut akan diberi contohnya:

- a. Biasanya jenis makhluk yang ada di daerah subur lebih banyak dibandingkan dengan di daerah gersang. Jadi, keanekaragaman makhluk hidup di daerah subur lebih tinggi daripada di daerah gersang. Indonesia termasuk daerah Negara yang subur dan memiliki keanekaragaman makhluk hidup yang tinggi.
- b. Sebuah batu di tepi sungai terdapat berbagai makhluk hidup. Misalnya lumut, tumbuhan paku, rumput, lumut kerak, dan siput. Keanekaragaman makhluk hidup di sisi batu yang kering berbeda dengan keanekaragaman makhluk hidup di sisi batu yang kering. Dalam contoh ini, keanekaragaman dipengaruhi oleh kelembapan dan ketersediaan air.

Permukaan bumi terdapat berbagai spesies makhluk hidup. Sebagaimana telah di uraikan, makhluk hidup yang berbeda spesies tidak dapat menghasilkan keturunan yang fertil. Bahkan, makhluk hidup yang berbeda spesies ada yang tidak dapat melakukan perkawinan. Bagaimana terjadinya makhluk hidup yang beranekaragaman? Makhluk hidup berada di dalam lingkungan yang senantiasa berubah. Makhluk hidup harus dapat menyesuaikan diri (beradaptasi) terhadap lingkungannya. Makhluk hidup yang mampu beradaptasi akan lestari. Sebaliknya, makhluk hidup yang tidak dapat beradaptasi akan punah. Makhluk hidup yang dapat beradaptasi dengan lingkungan tersebut dapat memunculkan spesies baru.

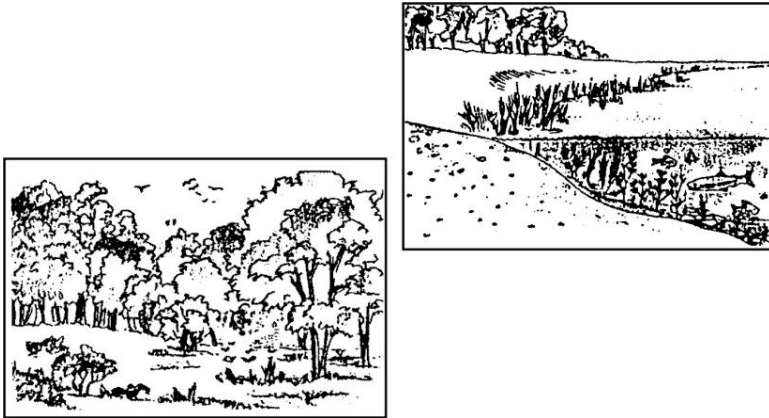
### **C. Keanekaragaman Ekosistem**

Anda masih ingat yang dimaksud dengan ekosistem? Ya, ekosistem merupakan suatu satuan lingkungan, yang terdiri dari unsur-unsur biotik, yaitu jenis-jenis makhluk hidup, serta unsur abiotik, yaitu faktor-faktor fisik (iklim, air, tanah) dan kimia (keasaman, salinitas) yang saling berinteraksi satu sama lainnya. Gatra yang dapat kita gunakan sebagai ciri keseluruhan ekosistem adalah energitika (taraf trofi atau makanan, yaitu produsen, konsumen, dan redusen), pendauran hara (peran pelaksana taraf trofi) dan produktivitas (hasil keseluruhan sistem).

Jika kita lihat dari komponen biotanya, jenis yang dapat hidup dalam ekosistem, ditentukan oleh hubungannya dengan

jenis lain yang tinggal dalam ekosistem tersebut. Selain itu, keberadaannya ditentukan pula oleh lingkungan fisik dan kimia di sekitarnya. Dengan demikian, interaksi antarorganisme ditentukan oleh keseluruhan jenis, faktor-faktor fisik dan kimia yang menyusun ekosistem itu.

Karena ekosistem terdiri atas perpaduan berbagai jenis, dengan berbagai macam kombinasi lingkungan fisik dan kimia yang beraneka ragam maka jika susunan komponen jenis dan susunan faktor fisik serta kimianya berbeda, ekosistem yang dihasilkannya pun akan berbeda pula. Perbedaan ini juga akan terlihat pada gatra pencirian ekosistem, yaitu perbedaan energetika, pendauran hara, dan produktivitasnya. Dari kenyataan ini, memberikan kejelasan kepada kita adanya keanekaragaman ekosistem karena tidak mungkin semua ekosistem yang ada itu tersusun dari organisme-organisme yang sama dengan unsur-unsur lingkungan fisik dan kimia yang sama pula. Dengan demikian, suatu tipe ekosistem tertentu akan terdiri dari kombinasi organisme dan unsur lingkungan yang khas, yang berbeda dengan susunan kombinasi ekosistem yang lain.



Gambar 1. (A) Ekosistem hutan (kiri), (B) Ekosistem Air Laut (kanan)  
Sumber: William, (1989)

Dua ekosistem yang berbeda akan memiliki kombinasi komponen biotik dan abiotik yang berbeda pula. A. ekosistem hutan, B. ekosistem air laut.

Negara kita ini, dibentuk oleh sekitar 17.000 pulau besar dan kecil yang mengalami proses pembentukan yang berbeda-beda dengan sejarah geologi yang berbeda pula. Bentangan yang luas, dengan susunan daratan dan lautan yang tidak seragam, menyebabkan timbulnya keanekaragaman serta kisaran keadaan iklim yang berbeda-beda. Dengan demikian, dapat dimengerti jika perpaduan antara tanah dan iklim yang beraneka ragam, letak geografi yang membentang luas, serta jenis-jenis makhluk hidup yang sangat beragam, akan menyebabkan ekosistem yang terbentuk juga beraneka ragam.

Negara kita, memiliki sekitar 40 tipe ekosistem alam yang khas, dan sekitar 10 tipe ekosistem buatan. Untuk membuktikan, apakah benar suatu tipe ekosistem tertentu



terdiri dari kombinasi organisme dengan unsur lingkungan yang khas dan berbeda dengan susunan kombinasi ekosistem yang lain? Mari kita lakukan sebuah survei lapangan. Pertama-tama, kita tentukan terlebih dahulu dua ekosistem terdekat dari tempat kita sekarang berada. Untuk ini, kita bisa saja memilih dua tipe ekosistem buatan, misalnya ekosistem kebun dan ekosistem pekarangan atau ekosistem kolam dan ekosistem sawah. Selanjutnya, kita tentukan langkah kerjanya karena tujuan kita ingin mengetahui adanya perbedaan kombinasi organisme dengan unsur lingkungan di antara kedua ekosistem tersebut maka perhatian kita pusatkan kepada kedua hal tersebut. Amati dan catat organisme-organisme yang ada pada kedua ekosistem tersebut demikian pula unsur-unsur lingkungannya.

#### **D. Keanekaragaman Jenis**

Dalam pembahasan keanekaragaman ekosistem, kita telah menyinggung tentang jenis. Apa sebenarnya yang dimaksud dengan jenis itu? Jenis (*spesies*) merupakan suatu satuan organisme yang dapat dikenal dari bentuk atau penampilannya dan terdiri atas pengelompokan populasi atau gabungan individu yang mampu kawin sesamanya secara bebas (tetapi tidak dapat melakukannya dengan jenis lain), untuk menghasilkan keturunan yang menyerupai tetuanya. Untuk kelompok individu yang tidak berbiak secara kawin, misalnya pada kebanyakan jenis mikrobiota batasan jenis ditentukan oleh kemampuannya dalam menduduki relung yang sama.

Jenis itu terbentuk oleh kesesuaian kandungan genetik yang mengatur sifat-sifat kebakaan dengan lingkungan tempat hidupnya. Lingkungan tempat hidup jenis itu beraneka ragam, jenis yang dihasilkannya pasti akan beranekaragam pula. Proses terjadinya jenis, pada umumnya berlangsung secara perlahan-lahan dan dapat memakan waktu ribuan tahun, melalui perubahan penyesuaian atau evolusi jenis lain yang sudah ada sebelumnya. Selanjutnya, jenis yang terjadi ini juga mempunyai peluang untuk menghasilkan jenis-jenis yang lain. Selama bermiliar-miliar tahun melalui proses evolusi, telah terbentuk jutaan jenis yang berbeda-beda. Cara proses ini berlangsung mengakibatkan adanya keterkaitan antara jenis yang satu dengan jenis yang lainnya. Keterkaitan inilah disebut *kekerabatan*.

Faktor kebakaan (susunan genetik) suatu jenis, diturunkan dari suatu generasi ke generasi berikutnya. Oleh karena itu, anggota jenis yang sama akan memiliki kerangka dasar komponen genetik (kromosom) yang sama. Sebaliknya, kerangka dasar komponen genetik (kromosom) jenis yang berbeda akan berbeda pula. Perbedaan ini terjadi dalam rangka penyesuaian suatu jenis terhadap lingkungan tempat hidupnya. Jika lingkungan ini berubah, pasti akan terjadi proses penyesuaian baru oleh jenis yang bersangkutan. Dalam skala waktu yang sangat panjang, besar kemungkinan, jenis yang mengalami penyesuaian ini akan berevolusi dan membentuk jenis-jenis baru (dengan demikian menambah keanekaragaman jenis) atau punah karena tidak dapat menyesuaikan diri karena secara alami lingkungan terus-menerus mengalami perubahan maka proses penyesuaian atau akan terus-menerus terjadi.

Kini di dunia terdapat sekitar 325.000 jenis tumbuhan, 1.6.000.000 jenis hewan dan 160.000 jenis jasad renik. Masing-masing jenis ini merupakan kesatuan yang terpisah dan memiliki karakter serta kekhasan sendiri-sendiri, baik sifat-sifat dalam maupun sifat-sifat luarnya (seperti daya berbiak, ketahanan terhadap penyakit, daya saing, kemampuan berpencar, ukuran tubuh, dan unsur individu).

### **1. Kekayaan Jenis Makhluk Hidup di Indonesia**

Ada orang yang mempertanyakan, benarkah Indonesia itu kaya akan sumber daya alam hayati lengkap dengan keanekaragamannya yang tinggi? Jika memang kaya, di mana letak kesalahan cara kita memanfaatkannya sampai kita belum tergolong bangsa yang maju dan kaya raya? Keraguan akan kekayaan alam kita ini timbul karena banyak negara di belahan bumi utara yang keanekaragaman sumber daya hayatinya lebih kecil ternyata dapat maju dan berkembang lebih cepat dari negara kita. Begitu pula kekayaan dan pendapatan per kapita penduduknya, jauh lebih besar dibandingkan dengan bangsa kita. Anomali ini dapat terjadi karena dalam mengelola sumber daya alam hayati yang relatif miskin itu, bangsa-bangsa belahan bumi utara menggunakan teknologi tinggi yang dikuasainya. Mereka kalah dalam sumber daya hayati, tetapi unggul dalam sumber daya manusianya.

Tabel 1. Rekapitulasi Taksiran Jumlah, Jenis, dan Kelompok Utama Makhluk Hidup.

Dunia	Divisi/ Filum	Nama Umum	Seluruh Dunia
Monera	Bacteria &	bakteri &	2.700
Fungi	Cyanophyceae	ganggang	
Plantae	Myco &	biru	100.000
Animalia	Eumycota	jamur	21.000
	Algae	ganggang	16.000
	Bryophyta	lumut	13.000
	Pteridophyta	paku-pakuan	300.000
	Spermatophyta	tumbuhan	30.000
	Protozoa	biji	
	Metazoa	protozoa	10.000
	rendah		10.000
	Asoelomata	aselomata	23.000
	Vermes	cacing	1.250.000
	Arthropoda	serangga	
	Mollusca	keong	50.000
	Vertebrata:		20.000
	- Pisces	ikan	6.000
	- Amphibia	amfibi	8.000
	- Reptilia	reptil	8.900
	- Aves	burung	4.000
	- Mammalia	hewan menyusui	

Sumber: Sastrapraja, et.al., (1989)

Sesudah menyimak tabel rekapitulasi jumlah jenis makhluk yang menghuni bumi Indonesia, kemudian membandingkannya dengan yang terdapat di seluruh dunia, kita sebenarnya tidak perlu ragu-ragu lagi akan besarnya

khasanah keanekaragaman makhluk hidup Indonesia. Pada kenyataannya, kira-kira 10% dari semua jenis makhluk hidup yang ada pada saat ini, menghuni bumi Indonesia. Fakta ini akan lebih menonjol lagi, mengingat luas daratan negara kita ini hanya 1,5% dari luas daratan yang terhampar di permukaan bumi. Banyaknya jenis dan keanekaragam tersebut menunjukkan betapa besar rahmat dan karunia Tuhan yang telah dilimpahkan kepada bangsa kita.

## **2. Keanekaragaman Mikrobiota Indonesia**

Berapa sebenarnya jumlah jenis mikrobiota (jasad renik) Indonesia? Kita tidak dapat mengatakan dengan pasti karena penelitian pencacahannya belum pernah dilakukan secara menyeluruh. Akan tetapi berdasarkan data yang terpecah-pecah dan berpegang pada pola yang diperlihatkan kelompok makhluk lain yang sudah tersusun jumlah jenisnya maka dapat diduga mikrobiota yang berasosiasi bersama makhluk lainnya dalam ekosistem di sekitar kita melebihi 10% dari mikrobiota yang diperkirakan ada di dunia.

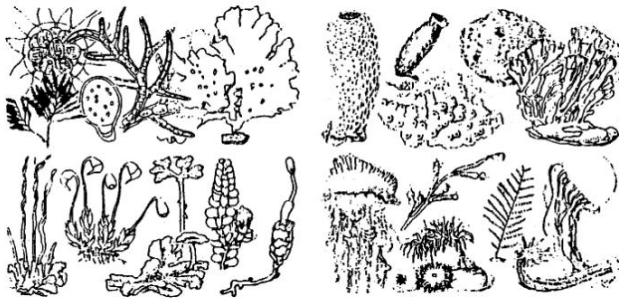
Berpegang pada hipotesis tersebut maka dunia monera (mikroba yang tidak memiliki inti sel sejati atau prokariota, seperti bakteri dan ganggang biru) di Indonesia diperhitungkan diwakili oleh sekitar 300 jenis. Contoh kelompok ini di antaranya jenis bakteri pembusuk (misalnya jenis yang menyebabkan terjadinya fermentasi terasi ataupun yang membasikan makanan), bakteri *Rhizobium* yang mampu menambat nitrogen bebas, bakteri *Pseudomonas cocovenans* yang menyebabkan keracunan mematikan bila mengontaminasi tempe bongkrek, bakteri *Escherichia coli* yang mencemari

air, dan ganggang *Anabaena azollae* dimanipulasi untuk dimanfaatkan sebagai pupuk hijau karena kemampuannya memfiksasi nitrogen bebas bila bersimbiosis dengan tumbuhan paku air (*Azolla pinata*).

Dugaan konservatif jumlah jenis fungi (jamur) yang ada di kawasan kita, sekitar 12.000 jenis. Dalam jumlah ini, termasuk lumut kerak (Lichenes), jamur lendir (Mycomycota), jamur air (Oomycota). Di negara kita sering dapat disaksikan pelbagai fenomena jamur tropik yang tidak ada duanya di dunia. Misalnya, terjadinya sapu setan pada bambu yang disebarkan oleh serangan jamur *Epichloe bambusae*, padahal di kawasan bumi lain, sapu setan disebabkan oleh gangguan mikroplasma. Jamur jelaga ditemukan dalam frekuensi yang tinggi pada pelbagai daun-daunan, suatu bentuk simbiosis khusus antara jamur dan serangga juga menyerang tumbuhan tropik yang menjadi inangnya. Panu dan kadas serta penyimpul rambut adalah penyakit manusia tropik yang disebabkan oleh jamur. Embun hitam serta jamur parasit daun lainnya terdapat dalam jumlah ribuan karena besarnya jumlah jenis tumbuhan yang dapat menjadi inangnya. Kekayaan Indonesia akan jenis cendawan (seperti kerabat jamur merang, jamur busut dan jamur jantung) juga sangat luar biasa.

Mikrobiota yang tergolong dunia tumbuhan (Plantae) diwakili oleh kelompok ganggang (Algae) dan lumut (Bryophyta). Menurut dugaan jumlah jenis ganggang meliputi ganggang hijau/Chlorophyta, ganggang kemasan/Chrysophyta, ganggang pirang-coklat/Phaeophyta, dan ganggang merah/Rhodophyta, yang ditemukan di negara kita ada 1.800 jenis.

Adapun keanekaragaman jenis-jenis lumut (Bryophyta) juga tergolong sangat tinggi karena negara kita memiliki tipe habitat yang sangat cocok. Sebagai tingkat berevolusinya kelompok tumbuhan ini. Ada ahli yang menyatakan bahwa lembah di antara punggung gunung Gede dan Pangrango di Jawa Barat merupakan satu surga bagi peminat lumut, di samping gudang jenis lumut yang terdapat di Snowdonia (Inggris Raya) dan lembah Amazon di Brazilia. Diduga di negara kita terdapat lebih dari 1.500 jenis lumut daun (Musci) lumut hati (Hepaticae) dan lumut tanduk (Anthocerotae).



Gambar 2. Mikrobiota yang Beraneka Ragam Memperkaya Khasanah Keanekaragaman Jenis Indonesia

*Sumber:* William, (1989)

### 3. Keanekaragaman Tumbuhan Berpembuluh Indonesia

Flora negara kita juga sangat kaya, diperkirakan 1.250 jenis paku-pakuan dan 25.000 tumbuhan berbunga, hidup di tanah persada ini. Suku terbesar adalah anggrek-anggrekan yang diperkirakan mempunyai 5000 jenis. Kekayaan flora kita yang besar ini antara lain merupakan akibat dari struktur vegetasi yang kompleks. Pohon-pohon tinggi sebagai kerangka, menciptakan lingkungan yang memungkinkan bagi

berbagai jenis tumbuhan lain dari lumut sampai pohon kecil untuk tumbuh berlindung di bawahnya.

Posisi negara kita selaku gudang sumber daya jenis yang penting, terbukti dari kesepakatan para pakar yang mengakui kawasan kita sebagai salah satu bagian pusat keanekaragaman dunia. Keanekaragaman ini memang dapat disimpulkan dari besarnya jumlah jenis makhluk yang kita miliki, misalnya tumbuhan meranti-merantian (Dipterocarpaceae), sekitar 70% dari jenis yang ada di dunia terdapat di negara kita sehingga tidak heran kalau badan internasional seperti IBPGR (*International Board for Plant Genetic Resources*) berulang kali mensponsori ekspedisi Internasional untuk mengeksplorasi dan mengumpulkan plasma nutfah kerabat liar tanaman budidaya Indonesia.

Kekayaan jenis kawasan Indonesia dalam skala lokal dapat diartikan sebagai jumlah jenis yang besar terdapat dalam luasan kecil. Bukti ini dapat dilihat dari pencacahan pohon yang dilakukan di Wanariset (Kalimantan Timur), dalam 1,5 ha ternyata dapat ditemukan 239 jenis tumbuhan berkayu, ini merupakan bukti bahwa hutan Indonesia merupakan hutan terkaya di dunia (Sastrapraja, et. al., 1989).

Jika berbicara masalah tanaman budidaya, kita memiliki banyak sekali jenis tanaman budidaya, seperti: coklat, cengkeh, karet, durian, rambutan, mangga, kesemek, duku, pisitan, vanili, asam, apel, jeruk, salak, pisang, jambu, buncis, kol, padi, sawi, jagung, kacang tanah, kacang kedelai, kacang bogor, kacang panjang, bayam, dan kangkung.



Untuk bambu-bambuan, kita memiliki tidak kurang dari 125 jenis bambu, seperti bambu tali, bambu pringgondani, bambu betung, bambu surat, bambu gombang, bambu haur, dan bambu tamiang. Untuk tumbuhan kayu-kayuan yang memiliki nilai ekonomi tinggi, kita memiliki tidak kurang dari 1000 jenis kayu, seperti kayu meranti, kamper, mahoni, albasia, pinus, salam, jati, ulin, johar, dan subsidi.



Gambar 3. Aneka Ragam Jenis Tumbuhan Berpembuluh Merupakan Bukti bahwa Indonesia Kaya akan Khasanah Beraneka Ragaman Jenis

*Sumber:* William, (1989)

#### **4. Keanekaragaman Hewan Indonesia**

Kekayaan fauna negara kita, tercermin dari berbagai segi. Dari jumlahnya saja, diperkirakan 300.000 jenis atau sekitar 15% fauna dunia terdapat di negara kita yang hanya memiliki kawasan 2% saja dari luas dunia. Hampir semua kelompok utama dunia hewan dapat ditemukan di negeri ini. Besarnya keanekaragaman fauna ini dimungkinkan karena posisi tanah air kita yang terletak di persimpangan utara selatan dan menjadi jembatan antara dua region fauna utama dunia.

Dengan posisi yang menguntungkan itu, baik dari segi kuantitas maupun kualitas menunjukkan tingkat yang tinggi. Dari segi kualitas dapat ditunjukkan, fauna yang terdapat di negeri ini mencakup baik kelompok modern, seperti burung dan mamalia masa kini, misalnya gagak dan orang utan maupun kelompok-kelompok primitif seperti binatang berkantung, misalnya kuskus dan mamalia bertelur, misalnya nokdiak serta primata primitif, seperti kukang. Selain itu banyak kelompok yang hanya terdapat endemik di negara kita saja, misalnya burung cendrawasih, anoa, dan babi rusa. Ada juga kelompok lain yang merupakan populasi tersisa, seperti biawak, komodo, dan badak Jawa, serta jenis yang merupakan pendamping jenis sekerabat yang terdapat di bagian dunia lain, misalnya tapir dan buaya yang jenis kerabatnya terdapat di Amerika bagian Selatan.

Dari segi praktis tentu banyak pula kekayaan keanekaragaman fauna Indonesia yang mencakup tidak kurang dari 300.000 jenis. Segi ini yang patut dikemukakan adalah nilai manfaat dari keanekaragaman hewan yang terdapat di kawasan ini. Dengan tingginya aneka ragam jenis yang terdapat di sini, tentunya peran yang dilakukan oleh jenis-jenis itu jika dikaitkan dengan kehidupan manusia juga tinggi. Ini semua tentunya terkait lebih jauh dengan sifat, perilaku, dan habitat masing-masing jenis. Makin tinggikeanekaragamannya, makin tinggi pula keanekaragaman perilaku dan habitatnya. Kenyataan ini mengakibatkan membesarnya peluang-peluang bagi manusia untuk memanfaatkannya. Hewan Indonesia telah banyak yang digunakan sebagai sumber bahan mentah untuk

memenuhi berbagai kebutuhan dasar manusia, yaitu sandang, pangan, obat-obatan, bahkan papan.

Keanekaragaman hewan Indonesia juga terlihat dari persebaran geografi dan ekologi. Di sebelah barat garis Wallace, fauna Indonesia mendapat pengaruh dari fauna Asia. Untuk hewan bertulang belakang, banyak jenis besar yang terdapat di Asia daratan juga terdapat di negeri kita ini, misalnya harimau, gajah, dan badak. Di dunia terdapat lima jenis badak yang kini masih tertinggal, dua di antaranya terdapat di Indonesia. Gajah yang masih hidup ada dua jenis, satu di antaranya hidup di Indonesia. Sapi liar yang diperkirakan terdiri atas 4 jenis di Asia Tenggara, satu jenis terdapat di Indonesia. Kerbau dan harimau yang berasal dari India, terdapat pula di Indonesia. Di Kalimantan Timur terdapat mamalia air tawar (pesut mahakam) merupakan jenis yang tidak umum terdapat di Asia Tenggara. Kelompok primata juga memiliki keanekaragaman yang tinggi. Di samping itu, kelompok ini menunjukkan pula pola sebaran yang mencirikan kekhasan daerah yang dihuninya. Orang utan, misalnya hanya terdapat di Sumatera dan Kalimantan serta fosilnya ditemukan pula di Jawa. Bekantan hanya terdapat di Kalimantan, Siamang hanya di Sumatera.

Burung, reptil, amfibi, dan ikan, juga menunjukkan tingginya keanekaragaman dan kekhasan daerah atau pulau yang dihuninya. Di dunia terdapat 8.900 jenis burung, 1.300 jenis di antaranya terdapat di Indonesia. Untuk memberi contoh kekhasan daerah, 50 jenis burung cenderawasih tidak terdapat di bagian dunia lain di luar Irian Jaya. Untuk burung-

burung paruh bengkok, seperti kakaktua dan nuri, kita patut membanggakan diri karena tingginya keanekaragaman jenis. Salah satu jenis kakaktua termahal di dunia (kakaktua raja), berasal dari Indonesia.

Negara kita juga memiliki jenis reptil yang unik dan menarik. Biawak komodo, jenis biawak terbesar dan tertua yang masih hidup terdapat di pulau Komodo dan sekitarnya. Dua jenis ular sanca (*Python reticulatus* dan *P. Kurtis*) sebagai pendamping *Anaconda* yang terdapat di Amerika Selatan merupakan ular terpanjang di dunia. Ular beracun tinggi juga banyak terdapat di Indonesia, di antaranya kobra, ular weling, dan ular laut *Enhydrina*. Patut diungkapkan untuk disadari, adanya kelompok cicak rumah yang terbesar ukurannya, yaitu tokek, yang tidak terlalu umum ditemukan di bagian dunia lain. Mengenai amfibi, kekayaan yang ada ditunjukkan oleh katak yang terkonsentrasi di Kalimantan yang dihuni oleh lebih dari 70 jenis. Katak batu (*Rana macrodon*) merupakan jenis terbesar dalam kelompoknya, jenis yang terutama terdapat di Sumatera Selatan ini dapat mencapai bobot 1.500 gram.

Ikan Indonesia sudah dikenal di dunia. Tongkol, tenggiri, bandeng, bawal, kakap, baronang, dan banyak lagi jenis ikan laut yang sudah lama menjadi komoditi ekspor dan banyak dicari oleh pengusaha ikan. Di daratan pun ikan menunjukkan potensi kekayaan. Dari kelompok ikan air tawar dapat diungkap di wilayah Indonesia Barat terdapat lebih dari 500 jenis dan banyak di antaranya tergolong buas (lele-lelean). Sementara di wilayah Indonesia Timur tercatat sekitar 100 jenis ikan air tawar.

Secara pasti kelompok Invertebrata belum terungkap seluruhnya. Kelompok ini pun tidak diragukan lagi membentuk kelompok yang sangat beraneka ragam pula. Di antara Invertebrata ini, keong dan siput menunjukkan keanekaragaman yang cukup tinggi dengan beberapa keunikan. Kerang mutiara, induk penghasil permata mutiara, terdapat di lautan kita. Keong kerucut kejayaan Samudra (*Conus glorimaris*) adalah pemilik loka yang termahal di dunia karena jarang terdapat, juga menghuni lautan kita. Di daratan atau di perairan tawar, keong-keongan juga memberikan saham yang besar kepada khasanah fauna kita. Gondang merupakan salah satu keong air tawar yang terbesar, yang dapat mencapai ukuran sebesar bola tenis. Keong ini merupakan sumber protein hewan yang cukup berpotensi.

Binatang beruas (Arthropoda), juga menunjukkan keanekaragaman yang tinggi dan menarik. Kalajengking besar yang dapat mencapai ukuran panjang 15 cm dan laba-laba yang dapat menangkap burung dimiliki pula oleh negeri tercinta ini. Ketam kenari, dari kelompok udang dan kepiting merupakan kepiting darat raksasa berukuran bentangan kaki, dapat mencapai 60 cm lebih. Kelompok ini yang terdapat di Samudra ditunjukkan oleh kelompok udang, yang kini merupakan primadona ekspor perikanan. Lobster dan kepiting pun merupakan penyusun kekayaan dari kelompok ini.

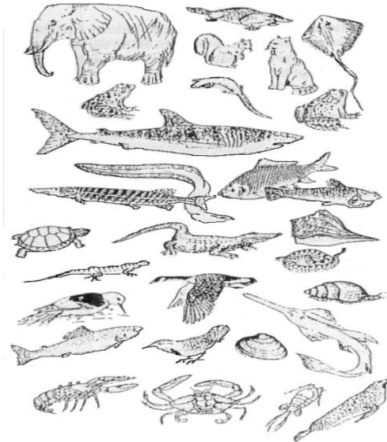
Dari dunia serangga kita mengenal, di antaranya ulat sutra, lebah madu dan kutu lak. Masih banyak lagi jenis-jenis serangga lainnya yang melengkapi khasanah keanekaragaman jenis hewan Indonesia, yang menunjukkan adanya pengaruh

kawasan besar yang meliputi Indonesia. Kita hanya perlu mengingat, terdapat ratusan jenis kupu-kupu yang indah yang menunjukkan kekuatan Indonesia wilayah timur, ribuan tawon-tawon kecil yang menyerbuki bunga dan memarasit tumbuhannya, serta puluhan ribu jenis lalat yang beraneka ragam perilakunya, yang menyebar mengikuti bagian barat, timur dan peralihan. Keanekaragaman semacam itu pasti terdapat pula pada kelompok lain, seperti cacing penggembur tanah, lipan, kaki seribu, dan hewan beruas lainnya.

Di kawasan hutan bakau, ular laut yang merupakan jenis paling berbisa dapat ditemukan di Indonesia. Selain itu, daerah ini juga merupakan tempat pelbagai kelompok binatang laut memijah atau meletakkan dan menetas telur, misalnya nener bandeng dan benur udang. Berbagai jenis kepiting baik yang dapat dimakan maupun tidak, berjenis ikan gelodok dan bermacam-macam siput laut dapat ditemukan di kawasan ini. Di atas vegetasinya yang tumbuh, di sini berbagai macam jenis burung, terutama pemakan ikan dapat dijumpai bertengger, membuat sarang, dan mengasuh anaknya. Masih banyak lagi kelompok lain yang dapat dijumpai di daerah ini.

Ke arah daratan susunan komunitas faunanya berganti lagi sesuai dengan komunitas ekosistemnya. Tentunya kepulauan yang berjumlah ribuan dengan ratusan gunung di Indonesia, sangat kaya dengan keanekaragaman hewannya. Keadaan fisik yang demikian ini, ditambah lagi dengan kebudayaan bangsa yang beraneka ragam, memperkaya lagi keadaan fauna yang diintroduksi dari luar, terutama yang didomestikasi. Walaupun dari kelompok asli sendiri belum banyak jenis

binatang yang telah didomestikasi dan ditenakkan. Bawaan dari luar yang telah beratus bahkan beribu tahun diintroduksi ke negeri ini telah berkembang menjadi bagian fauna lokal. Ayam, itik, merpati, domba, kambing, kerbau, sapi, babi, kuda, anjing, kucing, ikan mas, gurame, dan banyak lagi hewan peliharaan lainnya yang telah berkembang menjadi galur-galur yang sangat beraneka ragam yang telah menyesuaikan diri dengan lingkungan yang terdapat di sini dan telah membentuk keanekaragaman genetiknya sendiri-sendiri.



Gambar 4. Indonesia Memiliki Kekayaan Jenis Fauna yang Luar Biasa  
*Sumber: William, (1989)*

### **E. Keanekaragaman Genetik**

Ayam merupakan contoh dari satu jenis hewan, yakni jenis ayam. Ternyata dalam jenis yang sama ini masih kita temukan banyak keragaman, baik dalam bentuk, penampilan maupun sifat-sifatnya. Anda mengenal yang dinamakan ayam bangkok, ayam pelung, ayam buras, ayam hutan, ayam

bekisar, ayam kinantan, ayam katai, ayam lampung, ayam cemara, ayam broiler, ayam cemani, ayam nunukan, dan ayam-ayam yang lainnya. Ini merupakan bukti masih terdapat keanekaragaman di dalam lingkup jenis. Keanekaragaman ini dinamakan keanekaragaman genetik atau keanekaragaman plasma nutfah.

Setiap jenis, umumnya terdiri atas beberapa populasi yang tersusun dari sekumpulan individu yang banyak sekali jumlahnya. Seperti telah kita pelajari bersama, seluruh individu suatu jenis itu memiliki kerangka dasar komponen genetik yang sama. Akan tetapi, setiap kerangka dasar tadi tersusun oleh ribuan faktor pengatur kebakaan. Faktor inilah yang menentukan apakah suatu bibit jagung itu berbiji putih, kuning, merah, ungu atau lainnya atau apakah seekor ayam itu akan berbulu hitam, cokelat, putih, abu-abu atau totol. Untuk setiap sifat yang nampak tadi atau yang tidak jelas terlihat, akan ada satu faktor pengaturnya yang disebut *gen*.

Sekalipun individu-individu suatu jenis itu memiliki kerangka dasar komponen genetik yang sama, setiap individu ternyata memiliki komponen faktor yang berbeda-beda, bergantung kepada penurunnya. Susunan perangkat faktor genetik ini menentukan sifat yang disandang individu yang bersangkutan. Keanekaragaman genetik suatu jenis ditentukan oleh keanekaragaman susunan faktor genetik yang terkandung dalam jenis yang bersangkutan.

Jadi, masing-masing individu dalam suatu jenis mempunyai susunan faktor genetik yang tidak sama dengan susunan genetik individu yang lain meskipun dalam jenis yang



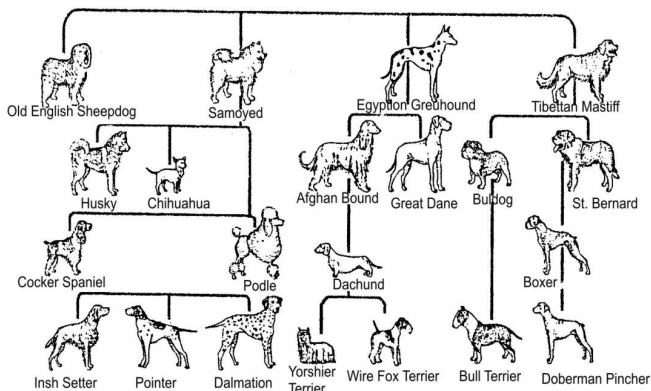
sama. Selain ditentukan oleh faktor genetiknya, sifat yang terlihat dari luar pada masing-masing individu, ditentukan pula oleh keadaan lingkungan atau perpaduan keduanya. Dua individu yang mempunyai susunan genetik yang sama akan menunjukkan sifat luar yang sangat berbeda. Jika masing-masing lingkungan hidupnya sangat berbeda. Sebaliknya, dua individu yang memiliki susunan genetik yang berbeda boleh jadi akan menunjukkan beberapa sifat luar yang mirip bila keduanya hidup dalam lingkungan yang sama.

Walaupun masing-masing individu itu memiliki susunan genetik yang berbeda, di dalam tingkat jenisnya akan terdapat pengelompokan yang memungkinkan adanya kisaran kesamaan dalam taraf-taraf tertentu, membentuk lungkang (*pool*) individu yang mempunyai kesamaan dalam kisaran lingkungan itu.

Untuk memperoleh gambaran tentang keanekaragaman genetik, kita ambil beberapa contoh hewan dan tumbuhan yang ada di sekitar kita. Contoh ini terlihat pada matoa yang umum terdapat di Irian Jaya, tercatat tidak kurang dari 9 penampilan matoa. Sagu yang terdapat di Ambon, masyarakat mengenal sedikitnya 6 macam pokok sagu. Mangga, kita mengenal ada yang dinamakan mangga gedong, mangga golek, mangga simanalagi, mangga apel, mangga cengkir, mangga indramayu, mangga sengir, mangga bapang, mangga arumanis. Rambutan, kita mengenal rambutan aceh, rambutan lebakbulus, rambutan rapih, rambutan simacan, dan rambutan gelong. Padi, kita mengenal padi gogo, padi sedane, padi cempaka, padi rakim, padi ketan, padi pelita, padi ciliwung,

padi IR, dan yang lainnya. Kerbau, kita mengenal kerbau sumba, kerbau lumpur, kerbau belang. Itik, kita mengenal itik alabio, itik tegal, itik bali, dan itik kerawang.

Keanekaragaman plasma nutfah yang terdapat di negara kita ini sungguh luar biasa sehingga tidak heran kalau negara kita ini mendapat julukan “mega biodiversity”. Di alam, masih tersimpan dalam jumlah besar plasma nutfah binatang yang mempunyai potensi besar untuk dikembangkan melalui proses penjinakan, seleksi, kemudian pemuliaan. Rusa bawean, rusa timor, babi rusa, belibis, gemak, balam, tambra, siluk, belida, buaya, dan puluhan lainnya lagi adalah jenis-jenis yang menunggu giliran sentuhan penelitian. Apabila jenis-jenis ini sudah dapat ditenakkan, keanekaragaman genetik di kalangan masing-masing pasti akan berkembang pula. Dengan perkembangan keanekaragaman ini makin kayalah khasanah plasma nutfah hewan Indonesia.



Gambar 5. Keanekaragaman Genetik Merupakan Keanekaragaman di Dalam Suatu Jenis yang Diukur oleh Variasi Gen

Sumber: William, (1989)

## **BAB IV**

# **KLASIFIKASI MAKHLUK HIDUP**

Pernahkah kamu berpikir makhluk hidup apa sajakah yang menghuni bumi ini? Apa saja jenisnya? Bagaimana membedakan jenis yang satu dengan jenis yang lain? Berbagai makhluk hidup telah diciptakan dengan ciri-ciri khusus, yang dapat membedakan jenis makhluk hidup yang satu dengan yang lainnya.

Klasifikasi spesies memungkinkan pembagian makhluk hidup menjadi kelompok yang lebih kecil dan lebih terspesialisasi sehingga dapat memudahkan kita untuk mengenalinya. Makhluk hidup ini kemudian diklasifikasikan menjadi 5 kingdom, yaitu: Archaeobacteria & Eubacteria, Protista, Fungi, Plantae dan Animalia.

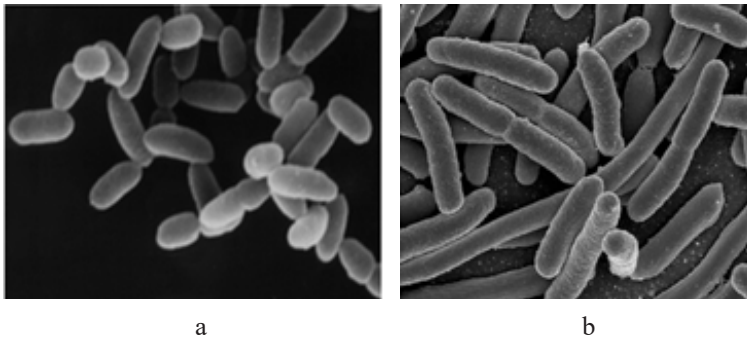
Orang pertama yang membagi makhluk hidup menjadi lima kingdom adalah ahli ekologi Amerika Utara bernama Robert Whittaker, yang berhasil membuktikan bahwa Fungi tidak termasuk ke dalam kingdom Plantae pada tahun 1959.

### **A. Kingdom Archaeobacteria & Eubacteria**

Archaeobacteria dan Eubacteria merupakan mikroorganisme bersel tunggal, yang biasanya disebut prokariota. Perbedaan utama antara archaeobacteria dan eubacteria adalah bahwa archaeobacteria biasanya ditemukan dalam kondisi lingkungan

yang ekstrem sedangkan eubacteria ditemukan dimana-mana di bumi (Panawala, 2017).

Archaeobacteria merupakan organisme prokariotik, uniseluler, bersifat mikroskopik, dinding sel bukan peptidoglikon, dan secara biokimia berbeda dengan eubacteria. Bersifat metanogen, anaerob, dan dapat ditemukan pada tempat kotor, sistem pencernaan hewan, halofil ekstrem, menempati lingkungan bergaram, termoplek pada tempat panas, serta juga dapat ditemukan di lingkungan asam (Nugroho & Sumardi, 2004).



Gambar 1. Organisme Prokariotik; (a) Archaeobacteria, dan (b) Eubacteria (Sumber: Panawala, 2017)

Eubacteria merupakan organisme prokariotik, tidak mempunyai inti dan organel yang bermembran, uniseluler dan bersifat mikroskopik, dinding sel tersusun dari peptidoglikon. Membentuk koloni, sebagai dekomposer, parasitik dan patogenik, beberapa spesiesnya bersifat kemოსintetik autotrof, beberapa bersifat fotosintetik, ada yang berperan penting pada daur nitrogen dan daur lainnya. Dapat ditemukan hampir diseluruh permukaan bumi (Nugroho & Sumardi, 2004).

Perbedaan dari Archaeobacteria dan Eubacteria ditampilkan pada Tabel 1. berikut.

Tabel 1. Perbedaan Antara Archaeobacteria dan Eubacteria  
Sumber: Panawala (2017)

<b>Perbedaan</b>	<b>Archaeobacteria</b>	<b>Eubacteria</b>
Nama lain	disebut juga bakteri purba	disebut juga bakteri sejati
Ukuran	berdiameter 0,115 $\mu\text{m}$	berdiameter 0,55 $\mu\text{m}$
Bentuk	berbentuk bola, batang, pelat, spiral, datar atau berbentuk persegi	berbentuk kokus, basil, vibrio, batang, filamen atau spirochetes
Kompleksitas	lebih sederhana dalam organisasinya	lebih kompleks daripada archaeobacteria
Habitat	ditemukan di lingkungan yang ekstrem	ditemukan di mana-mana di bumi
Dinding sel	terdiri dari pseudo peptidoglikan	terdiri dari peptidoglikan dengan asam muramat
Lipid membran	rantai alifatik, bercabang, terikat eter, mengandung D-gliserol fosfat	rantai lurus asam lemak yang terkait dengan ester, mengandung L-gliserol fosfat

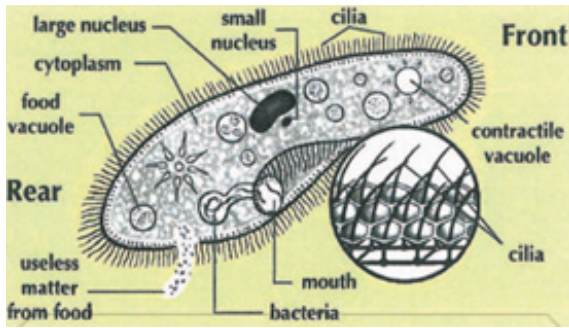
RNA polimerasi	terdiri dari pola subunit kompleks, yang mirip dengan RNA polimerase eukariotik	terdiri dari pola subunit sederhana
RNA transfer	tidak ada timin di lengan T $\psi$ C tRNA, membawa metionin	terdapat timin di sebagian besar tRNA, membawa N-formyl methionine
Introns	ada	tidak ada
Reproduksi	aseksual seperti pembelahan biner, tunas dan fragmentasi	pembelahan biner, tunas & fragmentasi, serta mampu menghasilkan spora agar tetap tidak aktif selama kondisi yang tidak menguntungkan
Glikolisis / Siklus krebs	tidak ada	Ada
Jenis	metanogen, halofil, dan termofil	gram positif dan gram negatif
Contoh	Halobacterium, Lokiarchaeum, Thermoproteus, Pyrobaculum, Thermoplasma dan Ferroplasma	Mycobacteria, Bacillus, Sporohalobacter, Clostridium dan Anaerobacter

## B. Kingdom Protista

Protista berasal dari kata Yunani, “protos” yang berarti pertama, dengan demikian protista disebut juga sebagai organisme eukariot pertama atau paling sederhana. Kingdom protista bersifat polifiletik, dimana anggotanya berasal dari berbagai jenis nenek moyang, diantaranya protista mirip hewan (protozoa), protista mirip tumbuhan (algae) dan protista mirip jamur. Ciri-ciri umum dari kingdom protista adalah merupakan organisme eukariotik, ada yang uniselular dan ada pula yang multiselular, dan umumnya bersifat aerob. Protozoa dan algae berhabitat di perairan, baik air tawar, payau maupun air laut. Sedangkan protista mirip jamur habitatnya di kayu busuk, batang pohon, dan pada tempat yang basah/lembab (Rothschild, 1989; Finlay, 2004; Hariyani, Slamet, & Santri, 2017).

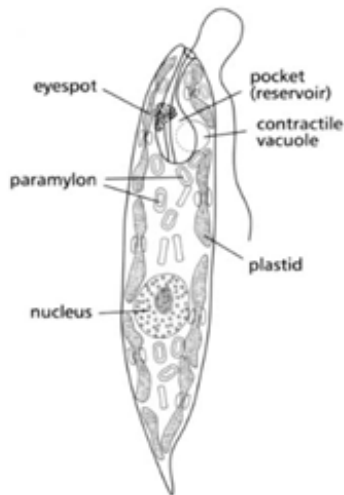
Adapun pengelompokan protista dijabarkan sebagai berikut (Nugroho & Sumardi, 2004):

1. *Protozoa*; merupakan organisme mikroskopik, bersifat heterotropik, dapat bergerak dengan bantuan flagel, silia ataupun pseudopodia. Terdiri dari 6 filum yaitu: *Rhizopoda*, *Actinopoda*, *Foraminifera*, *Apicomplexa*, *Zoomastigina*, dan *Ciliapora*.



Gambar 2. *Paramecium* (Sumber: Hollar, 2012)

2. *Algae*; merupakan organisme fotosintetik dan memiliki klorofil a. Tubuhnya mengandung pigmen warna coklat dan merah. Terdiri dari 7 filum yaitu: *Dinoflagellata*, *Chrysophyta*, *Bacillariophyta*, *Euglenophyta*, *Chlorophyta*, *Phaeophyta*, dan *Phodophyta*.



Gambar 3. Struktur Tubuh *Euglena*  
(Sumber: Bellinger & Sige, 2010)



3. Protisata seperti jamur; bersifat heterotropik, reproduksi dengan spora. Terdiri dari 2 filum yaitu: *Slime mold* dan *Water mold*.

### C. Kingdom Fungi

Fungi atau jamur merupakan organisme eukariotik yang hidup pada tempat-tempat yang lembap, air tawar, tempat yang asam, sedikit yang hidup di perairan laut, dan adapula yang bersimbiosis dengan *Algae* hingga membentuk lumut kerak (*lichenes*).

Adapun ciri-ciri morfologi jamur dijabarkan sebagai berikut (Petersen, 2013; Webster & Weber 2007; Stajich & others, 2019):

1. Jamur tidak memiliki klorofil, hal inilah yang menyebabkan jamur tidak dikelompokkan pada kingdom Plantae,
2. Sebagian besar jamur bersifat heterotrofik (mencerna makanan dengan enzim yang disekresikan), ada juga yang bersifat saprofit (menyerap bahan organik terlarut dari substrat mati),
3. Memiliki dinding sel yang terbuat dari kitin dan polisakarida,
4. Umumnya multiseluler,
5. Tubuh terdiri dari struktur seperti benang yang panjang dan ramping disebut hifa,
6. Jaringan hifa dikenal sebagai miselium.



a



b

Gambar 4. Jamur; (a). Miselium jamur di batang kayu yang membusuk; (b) *Amanita bisporigera*

(Sumber: Stephenson, 2010)

Reproduksi jamur dibedakan menjadi tiga (Rakhmawati, 2013; Stephenson, 2010), yaitu:

#### 1. Reproduksi Vegetatif

Reproduksi ini melibatkan proporsi somatik dari thallus jamur di mana individu baru terbentuk tanpa produksi biji atau spora melalui meiosis atau *syngamy* (pembuahan). Reproduksi vegetatif dapat dilakukan dengan cara sebagai berikut:

- a. Fragmentasi,
- b. *Fission* (pembelahan spontan),
- c. *Budding* (pembentukan tunas),
- d. *Oidia* (spora),
- e. *Chlamydozoospores* (sel-sel hifa),
- f. *Rhizomorphs* (serupa akar atau tali miselium),
- g. *Sclerotia* (massa kompak miselium jamur yang mengeras dan mengandung cadangan makanan).

## 2. Reproduksi Aseksual

Reproduksi ini terjadi dengan pembentukan sel reproduksi khusus yang disebut spora. Setiap spora berkembang menjadi miselium baru. Spora ini diproduksi sebagai hasil mitosis pada sel induk dan karenanya disebut mitospora. Mitospora yang dihasilkan jamur terdiri dari:

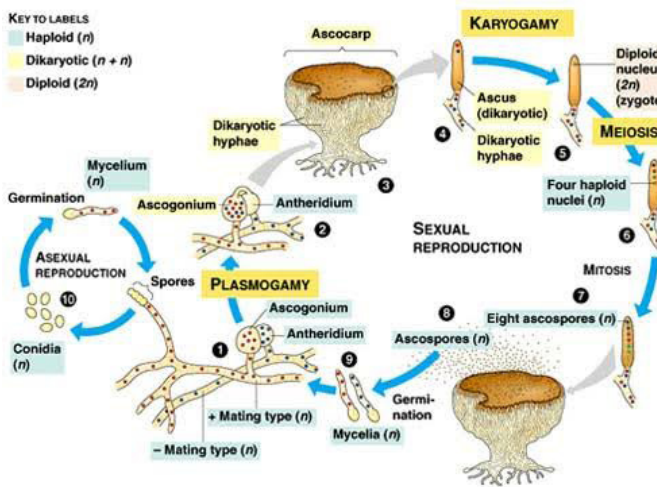
- a. *Sporangiospores*, hifa yang tumbuh tegak pada permukaan substrat dan memiliki kotak spora (sporangium). Sporangiospora ada yang motil dan ada yang non-motil.
- b. *Zoospores*, spora motil (karena memiliki flagel) dan tidak memiliki dinding sel,
- c. *Conidiophores*, hifa pada jamur yang khusus menyangga konidia, dan bersifat non-motil.

## 3. Reproduksi Seksual

Reproduksi seksual melibatkan fusi dua sel kelamin yang kompatibel atau gamet dari strain yang berlawanan. Organ kelamin jamur disebut gametangia. Gametangia jantan disebut *antheridia* dan yang betina *ascogonia*. Reproduksi seksual melibatkan tiga fase, yaitu:

- a. *Plasmogamy*, penyatuan protoplas hifa atau sel reproduksi, satu dari jantan dan satu dari betina untuk menghasilkan inti dari dua induk yang berdekatan sebagai satu pasangan.
- b. *Karyogamy*, Fusi dua inti yang terjadi pada fase berikutnya (setelah *plasmogamy*).

- c. Meiosis, proses pembelahan yang terjadi setelah *karyogamy* dan menghasilkan empat spora yang berbeda secara genetik.



Gambar 5. Siklus Reproduksi Seksual & Aseksual Jamur  
(Sumber: Suryanata, 2019)

Klasifikasi jamur didasarkan pada struktur tubuhnya, yaitu ada tidaknya sekat pada hifa, yang dijabarkan sebagai berikut (Petersen, 2013; National Council of Educational Research and Training / NCERT, 2019a):

#### 4. Zygomycota

*Zygomycota* merupakan kelompok jamur yang membentuk spora istirahat berdinding tebal yang dikenal dengan *zigospora*. Umumnya jamur ini bersifat saprofit. Sel nya terdiri dari banyak inti sel dengan hifa yang tidak bersekat. Contohnya *Rhizopus oryzae* dan *Mucor javanicus*.

## 5. Ascomycota

Dikenal sebagai jamur kantung, umumnya multiseluler, namun ada beberapa yang uniseluler. Bersifat saprofit, pengurai, parasit atau koprofil. Miselium bercabang dan terpisah. Dinding selnya terdiri dari zat kitin. Spora aseksual adalah konidia yang diproduksi secara eksogen pada miselium khusus yang disebut konidiofor. Spora seksual disebut askospora yang diproduksi secara endogen di dalam kantung seperti asci (ascus tunggal). Anggotanya terdiri dari 3 kelas, yaitu *Hemiascomycetes*, *Plectomycetes*, dan *Pyrenomycetes*. Contohnya *Aspergillus fumigatus* dan *Penicillium*, serta *Neurospor*.

## 6. Basidiomycota

Klasifikasi fungi *Basidiomycota* mencakup sebagian besar spesies makroskopis dan amat mencolok, seperti *mushrooms* (jamur). Jamur ini tumbuh di tanah, di batang kayu dan pohon atau tubuh tanaman yang hidup sebagai parasit. Miselium bercabang dan terpisah. Reproduksi vegetatif dengan fragmentasi. Organ seks tidak ada, tetapi plasmogami disebabkan oleh fusi dua sel vegetatif atau somatik dari strain atau genotipe yang berbeda. Struktur yang dihasilkan adalah dikariotik yang pada akhirnya membentuk basidium. Kariogami dan meiosis terjadi di basidium yang menghasilkan empat basidiospora. Basidiospora diproduksi secara eksogen di basidium. Contohnya *Volvariella volvacea*.

## 7. Deuteromycota

Umumnya dikenal sebagai jamur tidak sempurna karena hanya memiliki fase aseksual atau vegetatif. *Deuteromycetes* berkembang biak hanya dengan spora aseksual yang dikenal sebagai konidia. Miseliumnya bercabang dan terpisah. Beberapa anggota adalah saprofit atau parasit sementara sejumlah besar dari mereka adalah pengurai sampah dan membantu dalam siklus mineral. Contohnya adalah *Candida albicans*, *Alternaria*, *Colletotrichum* dan *Trichoderma*.

Adapun peran jamur di alam dijabarkan sebagai berikut (Stephenson, 2010):

1. Pendaaur ulang bahan organik yang telah mati; jamur sebagai saprotrof, baik di ekosistem darat maupun perairan, jamur merupakan organisme yang bertanggungjawab untuk mengurai bahan organik mati, khususnya dari tumbuhan yang mati.
2. Perusak atau pelapuk kayu; contohnya jamur pelapuk putih yang memiliki enzim yang diperlukan untuk mendegradasi selulosa dan lignin secara bersamaan. Sebagian besar jamur ascomycetes, dengan spesies *Chaetomium* termasuk yang paling umum dan paling terkenal dalam pembusukan lunak kayu.
3. Pengurai daun dan bagian tanaman yang bukan kayu.
4. Pengurai lumut hati, lumut tanduk, dan lumut.
5. Pengurai kotoran; jamur yang berasosiasi dengan kotoran herbivora merupakan kelompok yang penting secara

ekologis, mereka membantu proses pembusukan kotoran herbivora dengan lebih cepat.

6. *Plant Symbionts*; jamur menguntungkan tanaman dengan meningkatkan kemampuan tanaman dalam menyerap air dan nutrisi dari dalam tanah, sedangkan tanaman menguntungkan jamur dengan menjadi pemasok molekul organik yang dihasilkan dari fotosintesis. Selain itu, keberadaan jamur dapat meningkatkan toleransi tanaman terhadap tekanan lingkungan seperti kekeringan dan mengurangi kemungkinan tanaman terinfeksi oleh jamur patogen lainnya.
7. Makanan untuk hewan; tubuh buah dari jamur saprotrofik dan mikoriza menyediakan sumber makanan bagi hewan, mulai dari serangga dan invertebrata lainnya, hewan pengerat dan mamalia besar.
8. Tanaman parasit dan pathogen; jamur juga memiliki peran penting sebagai parasit dan patogen tumbuhan.

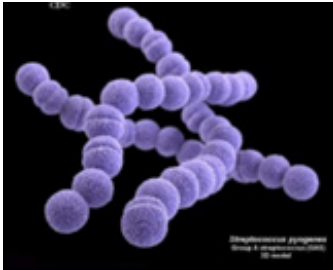
#### **D. Kingdom Plantae**

Plantae merupakan organisme eukariotik fotoautotropik dan multiselular. Umumnya berhabitat di darat, perkembangbiakan secara seksual dan aseksual (Nugroho & Sumardi, 2004). Memiliki dinding sel yang terbuat dari selulosa, menggunakan klorofil untuk fotosintesis, dan merupakan sumber utama penghasil oksigen bagi atmosfer bumi.

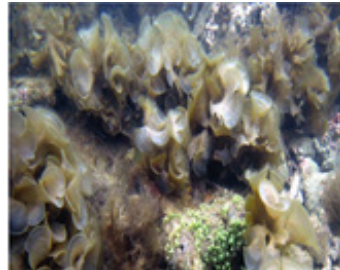
Klasifikasi kingdom plantae dijabarkan sebagai berikut (Nugroho & Sumardi, 2004; Campbell & Reece, 2010; Tjitrosoepomo, 2009):

1. *Schizophyta* merupakan tumbuhan belah, dengan ciri-cirinya adalah sebagai berikut: (a) tubuh hanya terdiri dari satu sel; (b) protoplas belum terdiferensiasi dengan jelas; (c) memiliki perkembangan filogenetik paling rendah; (d) tumbuhan yang paling tua atau primitive; (e) inti belum tampak nyata; dan (f) berkembang biak dengan cara membelah diri. Klasifikasinya terdiri dari kelas bakteri (Schizomycetes) dan kelas ganggang hijau-biru (Chyanophyceae/Scizophyceae).
2. *Thallophyta* atau *algae* merupakan organisme yang mengandung klorofil a, b, dan betakarotin, memiliki membrane tilakoid yang menyatu membentuk grana, berbentuk lembaran dengan ukuran yang bervariasi, dapat ditemui di berbagai habitat, yaitu batu lembab, tanah dan kayu. Alga berkembang biak dengan metode vegetatif (fragmentasi), aseksual (dengan berbagai jenis spora), dan seksual (dengan perpaduan dua gamet). Klasifikasinya dibedakan menjadi *Chlorophyceae* (Alga Hijau), *Phaeophyceae* (Alga Coklat), dan *Rhodophyceae* (Alga Merah).





a

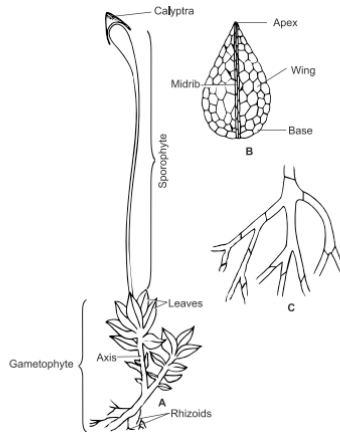


b

Gambar 6. Kingdom Plantae; (a) *Streptococcus* sp; (b) Alga Coklat *Padina australis*

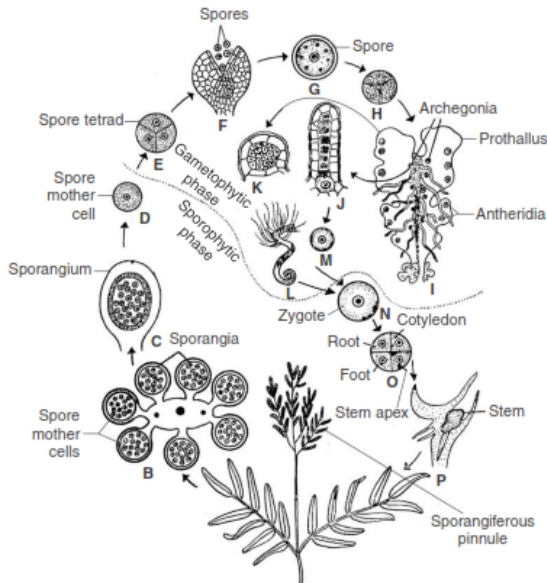
(Sumber: Putri, Sukini & Yodong, 2017; Titlyanov, et al., 2017)

3. *Bryophyta* atau lumut, merupakan tumbuhan yang hidup di tanah dan sangat bergantung pada ketersediaan air untuk reproduksi seksualnya. Tubuhnya belum memiliki akar, batang, dan daun sejati, namun memiliki struktur seperti akar, daun atau seperti batang, serta belum memiliki berkas pengangkut. Tubuh utamanya adalah haploid, menghasilkan gamet, dan disebut fase gametofit. Klasifikasinya terdiri dari *Moss* (lumut daun), *Liverwort* (lumut hati), dan *Hornwort* (lumut tanduk).



Gambar 7. *Funaria hygrometrica*, (A) Tubuh tumbuhan dengan sporofit; (B) Daun; (C) Rizoid menunjukkan septa miring  
(Sumber: Sharma, 2014)

4. *Pteridophyta* atau tumbuhan paku, merupakan tumbuhan yang telah dapat dibedakan antara akar, batang dan daun serta mempunyai jaringan/berkas pengangkut air dan zat lainnya. Tubuh tumbuhan paku merupakan fase sporofit, sedangkan gametofit berupa protalium. *Pteridophyta* dapat ditemukan di tempat yang sejuk, lembab, dan teduh meskipun beberapa dapat tumbuh dengan baik dalam kondisi tanah berpasir. Klasifikasinya dibedakan menjadi *Psilophyta* (paku purba), *Lycopodiophyta* (paku kawat), *Equisetophyta* (paku ekor kuda), dan *Pterophyta* (Paku sejati).



Gambar 8. Siklus hidup *Osmunda*  
(Sumber: Sharma, 2016)

5. *Spermatophyta* merupakan tumbuhan yang memiliki suatu organ yang berupa biji, umumnya bersifat autotrof dan melakukan fotosintesis. Ciri-ciri dari *spermatophyte* adalah sebagai berikut: (a) struktur tubuh merupakan generasi sporofit, gametofit semakin sederhana dan merupakan bagian sporofit; (b) sudah memiliki bunga; (c) memiliki biji; (d) tubuh sudah dapat dibedakan antara akar, batang, daun, bunga dan buah, serta telah memiliki xilem dan floem; (e) memiliki alat perkembangbiakan generatif berupa strobilus (pada *Gymnospermae*) dan bunga (pada *Angiospermae*).

Klasifikasinya dibedakan berdasarkan letak bakal biji, yaitu tumbuhan berbiji tertutup (*Angiospermae*) dan tumbuhan berbiji terbuka (*Gymnospermae*). *Angiospermae* terdiri dari *Monocotyledonae* dan *Dicotyledonae*. *Gymnospermae* terdiri dari *Pinophyta*, *Ginkgophyta*, *Cycadophyta*, dan *Gnetophyta*.

## E. Kingdom Animalia

Animalia merupakan organisme eukariot multiseluler, bersifat heterotrof, memiliki jaringan yang menyusun sistem organ yang kompleks, umumnya dapat bergerak karena adanya kontraksi otot, dan memiliki jaringan saraf sebagai koordinasi respon terhadap rangsangan (Nugroho & Sumardi, 2004). Kingdom animalia secara umum diklasifikasikan menjadi dua kelompok, yaitu vertebrata (hewan yang memiliki *notochord*) dan invertebrata (hewan yang tidak memiliki *notochord*).

Adapun klasifikasi dari hewan vertebrata dijabarkan sebagai berikut:

1. Pisces atau ikan, merupakan hewan vertebrata yang hidup di air dan bernafas dengan insang, bersifat poikilotermik. Pisces dibedakan menjadi tiga kelas yaitu:
  - a. Agnatha, merupakan hewan bertubuh memanjang dengan 6-15 pasang celah insang. Siklostom memiliki mulut yang menghisap dan melingkar tanpa rahang. Tubuhnya tidak memiliki sisik dan sirip berpasangan. Contoh *Petromyzon (Lamprey)* dan *Myxine (Hagfish)* (NCERT, 2019b).

- b. Chondrichthyes, merupakan hewan laut bertubuh ramping dan memiliki endoskeleton tulang rawan, mulut terletak di bagian perut. Fertilisasi internal dan beberapa diantaranya vivipar. Contoh *Scoliodon*, *Pristis*, *Carcharodon*, *Trygon* (NCERT, 2019b).
    - c. Osteichthyes, merupakan hewan perairan laut dan air tawar dengan endoskeleton bertulang. Tubuh mereka ramping, dengan mulut sebagian besar terminal. Fertilisasi eksternal dan kebanyakan ovipar. Contoh *Marine-Exocoetus*, *Hippocampus*, *Freshwater – Labeo*, *Catla*, *Clarias*, *Aquarium – Betta*, *Pterophyllum* (NCERT, 2019b).
2. Amfibhia, merupakan hewan yang hidup di habitat akuatik maupun darat. Tubuh terbagi menjadi kepala dan batang. Kulit amfibi lembab (tanpa sisik). Mata memiliki kelopak mata. Respirasi dilakukan dengan insang, paru-paru dan melalui kulit. Jenis kelamin terpisah, fertilisasi bersifat eksternal, ovipar dan perkembangannya tidak langsung. Contohnya *Bufo*, *Rana*, *Hyla*, *Salamandra*, *Ichthyophis* (NCERT, 2019b).
3. Reptile, merupakan hewan yang bergerak merayap atau merangkak, sebagian besar adalah hewan darat dan tubuhnya ditutupi oleh kulit kering, sisik atau sisik epidermis. Reptil bersifat poikilotherms. Jenis kelamin terpisah, fertilisasi internal, ovipar dan perkembangannya langsung. Contoh *Chelone*, *Testudo*, *Chameleon*, *Calotes*, *Crocodilus*, *Alligator*, *Hemidactylus*, *Poisonous snakes – Naja*, *Bangarus*, dan *Vipera* (NCERT, 2019b).

4. Aves, merupakan hewan yang memiliki bulu dan sebagian besar dapat terbang. Mereka memiliki paruh, kaki depan termodifikasi menjadi sayap. Tungkai belakang umumnya memiliki sisik dan termodifikasi untuk berjalan, berenang atau menggenggam dahan pohon. Endoskeleton mengeras (bertulang) dan tulang panjang berlubang dengan rongga udara (*pneumatik*). Aves adalah hewan *homoiothermous* yaitu mampu mempertahankan suhu tubuh yang konstan. Respirasi dilakukan dengan paru-paru dan kantung udara. Jenis kelamin terpisah, fertilisasi internal, ovipar dan perkembangannya langsung. Contoh *Corvus*, *Columba*, *Psittacula*, *Struthio*, *Pavo*, *Aptenodytes*, *Neophron* (NCERT, 2019b).
5. Mamalia, merupakan hewan yang dapat ditemukan di berbagai habitat, di kutub, gurun, pegunungan, hutan, padang rumput, dan gua-gua gelap. Beberapa mamalia telah beradaptasi untuk terbang atau hidup di air. Ciri khas mamalia adalah memiliki kelenjar susu. Kulit mamalia memiliki keunikan dalam memiliki rambut. Bersifat *homothermous*, respirasi dilakukan dengan paru-paru. Jenis kelamin terpisah, fertilisasi internal, vivipar dengan sedikit pengecualian dan perkembangannya langsung. Contoh *Oviparous-Ornithorhynchus*, *Viviparous Macropus*, *Pteropus*, *Camelus*, *Macaca*, *Rattus*, *Delphinus*, *Balaenoptera*, *Panthera tigris*, dan sebagainya (NCERT, 2019b).

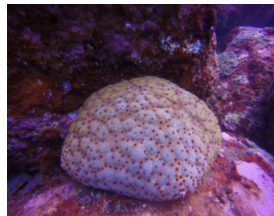
Adapun klasifikasi dari hewan invertebrata (Campbell & Reece, 2010) dijabarkan sebagai berikut:

1. *Porifera* atau *Calcarea* dikenal dengan nama spons. *Porifera* disebut sebagai hewan berpori. *Porifera* diklasifikasikan menjadi: *Calcarea*, *Hexactinellida*, dan *Demospongia*.
2. *Cnidaria* juga dikenal dengan nama *Coelenterata*. *Coelenterata* disebut juga sebagai hewan berongga. *Coelenterata* diklasifikasikan menjadi *Hydrozoa*, *Scyphozoa*, *Cubozoa*, dan *Anthozoa*.
3. *Plathyhelminthes* atau disebut juga dengan cacing pipih. Cacing ini belum mempunyai rongga tubuh (selomata) sehingga bentuknya pipih seperti daun/pita. Cacing ini diklasifikasikan menjadi *Tubellaria*, *Monogenea*, *Trematoda*, dan *Cestoda*.
4. *Mollusca* merupakan hewan yang bertubuh lunak. Moluska diklasifikasikan menjadi *Polyplacophora*, *Gastropoda*, *Bivalvia*, dan *Cephalopoda*.
5. *Annelida* merupakan cacing beruas dan bersifat selomata. Tubuhnya bersegmen-segmen menyerupai cincin atau gelang, sehingga disebut juga dengan nama cacing gelang. Klasifikasinya terdiri dari *Oligochaeta*, *Polychaeta*, dan *Hirudinea*.
6. *Nematoda* disebut juga cacing giling atau cacing benang, Hidup sebagai endoparasit pada hewan, tumbuhan, atau hidup bebas di dalam air dan tanah. Contoh dari cacing ini adalah *Ascaris lumbricoides*, *Ancylostoma duodenale*, *Enterobius vermicularis*, *Necator americanus*, *Wuchereria bancrofti*, dan *Trichinella spiralis*.

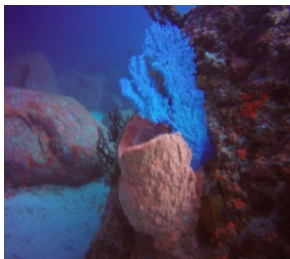
7. *Artropoda* merupakan kelompok hewan yang memiliki tubuh beruas-ruas. Klasifikasinya terdiri dari *Keliseriforma*, *Miriapoda*, *Heksapoda*, dan *Krustasea*.
8. *Echinodermata* merupakan hewan laut yang berkulit berduri. *Echinodermata* diklasifikasikan menjadi *Asteroidea*, *Ophiuroidea*, *Echinoidea*, *Crinoidea*, *Holothuroidea*, dan *Concentricycloidea*.



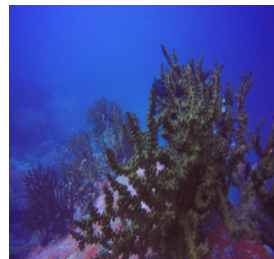
a



b



c



d

Gambar 9. Invertebrata Laut; (a) *Linckia laevigata*; (b) *Culcita novaeguineae*; (c) *Xestospongia testudinaria*; dan (d) *Tubastrea micrantha*

(Sumber: Hasil Penelitian Aswita, 2018).



## **BAB V**

# **POPULASI MAKHLUK HIDUP**

Dalam organisasi ekologi, dimulai dari individu mempunyai sistem kekompleksan individual yang terdiri dari sistem pengaturan tingkat sel, tingkat jaringan, tingkat organ dan sistem organ. Sebelum kita mempelajari tentang populasi, kita membahas pengertian individu terlebih dahulu.

Individu merupakan satuan struktur yang membangun suatu kehidupan dalam bentuk makhluk. Contohnya, bunga melati, bunga kamboja, pohon jambu, pohon pisang dsbnya. Sehingga dapat kita katakan individu melati, individu pisang dll. Individu-individu tersebut saling berinteraksi antara satu dan lainnya membentuk kelompok dan disebut populasi. Nah selanjutnya, kita akan membahas lebih detail lagi tentang Populasi, Sifat-sifat populasi, faktor yang menentukan populasi dan dinamika populasi.

### **A. Pengertian Populasi**

Populasi merupakan sekelompok individu dari spesies yang sama yang hidup pada regio yang sama pada saat tertentu. Populasi, sebagaimana organisme tunggal, memiliki ciri atau atribut yang unik seperti laju pertumbuhan, struktur umur, rasio jenis kelamin, dan laju mortalitas (Saryo.S & Roni Koneri, 2016). Selain itu, populasi di definisikan sebagai kelompok kolektif organisme dari spesies yang sama (atau kelompok lain

di mana individu-individu dapat bertukar informasi genetik) yang menempati ruang dan atau waktu tertentu, sebagai contoh adalah populasi pohon kopi di kecamatan langke Rembong, NTT, populasi komodo di pulau Komodo, dsbnya.

Seperti yang kita ketahui dari waktu ke waktu populasi itu selalu mengalami perubahan. Hal ini disebabkan oleh faktor kelahiran, kematian, dan migrasi atau dispersal individu di antara populasi yang terpisah. Jika sumber daya yang diperlukan organisme cukup melimpah dan kondisi lingkungan sesuai maka populasi dapat meningkat secara cepat. Kemampuan populasi untuk meningkat secara maksimum pada kondisi optimal disebut potensial biotik. Potensial biotik ditulis  $r$  jika digunakan dalam persamaan matematis.

Populasi memiliki sejarah hidup, tumbuh dan berkembang seperti apa yang dimiliki oleh individu. Populasi memiliki organisasi dan struktur yang pasti dan jelas. Selanjutnya, dalam menentukan atau menggolongkan species dalam populasi dapat dilakukan dengan dua cara, yaitu

1. Secara taksonomi, yaitu species ditentukan berdasarkan hubungan kekeluargaan baik secara evolusi, maupun sejarah nenek moyangnya.
2. Berdasarkan peran atau fungsi, yaitu penentuan species didasarkan pada kesamaan perannya di dalam lingkungan.

Jadi, populasi dapat didefinisikan sebagai kelompok organisme /individu spesies yang sama (kelompok kelompok dari individu yang dapat bertukar informasi genetik) yang menempati ruang dan waktu tertentu. Memiliki sifat yang unik yang mirip dari masing masing individu anggota kelompoknya.

## **B. Sifat-Sifat Pada Populasi**

Populasi memiliki berbagai ciri/sifat maupun parameter yang unik dari kelompok, atau sifat kebersamaan (kolektif) dan sudah tidak merupakan sifat dari masing-masing individu pembentuknya. Sifat-sifat tersebut antara lain kepadatan, natalitas, mortalitas, penyebaran umur, potensi biotik, dispersi, dan bentuk serta perkembangan, yang mencerminkan adanya *dinamika populasi*. Sifat-sifat ini dapat dijadikan sebagai parameter untuk mengetahui/memahami kondisi suatu populasi secara alami maupun perubahan kondisi populasi karena adanya pengaruh perubahan lingkungan. Sifat-sifat populasi ini akan diuraikan secara lebih detail berikut ini.

### **1. Densitas atau Kerapatan atau Kepadatan**

Kepadatan Populasi ialah besarnya populasi dalam hubungannya dengan suatu unit/satuan ruangan. Umumnya dinyatakan dalam jumlah individu atau biomassa populasi per satuan area atau volume, misalnya 200 pohon/Ha, 5 juta diatome/m<sup>3</sup> (Djohar, M, 2017).

*Perhitungan jumlah* terlalu memperhatikan arti organisme kecil, sedangkan *biomassa* terlalu memperhatikan arti organisme besar, sedangkan *komponen arus energi* memberikan indeks yang lebih baik untuk membandingkan populasi mana saja dalam ekosistem.

Dalam praktek hidup sehari-hari seringkali kita lebih penting mengetahui apakah suatu populasi (berubah/berkembang) daripada mengetahui jumlah populasinya. Sehingga dalam hal ini, indeks jumlah relatif (*index abundancy*

*relative*) bermanfaat dalam hubungannya dengan waktu misalnya jumlah burung yang terlihat setiap jam.

Dalam Zoer'aini (2003) Densitas populasi dalam ekosistem dapat diukur dan ditentukan melalui dua cara yaitu:

- a. Densitas kotor (Crud density): Jumlah individu suatu populasi per satuan areal seluruhnya
- b. Densitas efektif atau dikenal sebagai kerapatan ekologi yaitu jumlah individu suatu populasi per satuan ruang habitat

Selanjutnya, Densitas populasi apabila fluktuasinya kita perhatikan maka akan dapat kita gunakan untuk menentukan faktor-faktor yang mengontrol ukuran dari populasi. Faktor-faktor itu dikenal dengan istilah kepadatan bebas (*density independent*) dan kepadatan tidak bebas (*density dependent*). *Density independent* merupakan faktor perubahan lingkungan yang berpengaruh terhadap anggota populasi secara merata.

Contoh: banjar yang melanda pulau Adonara NTT mematikan semua anggota populasi tertentu. Sedangkan, ketersediaan makanan merupakan *density dependen*, demikian juga kompetisi, penyakit dan peristiwa migrasi. *Density dependen* merupakan pendorong terjadinya fluktuasi kepadatan populasi.

## **2. Angka Kelahiran (Natalitas)**

Sifat populasi selanjutnya yaitu, Natalitas. Natalitas merupakan kemampuan inheren populasi untuk bertambah. Di alam angka kelahiran dapat bervariasi sesuai dengan keadaan lingkungan. Angka kelahiran umumnya dinyatakan dalam

bentuk angka atau laju yang dihitung berdasarkan jumlah individu baru per satuan waktu per satuan populasi.

Menurut Zoer'aini (2003), untuk menghitung angka kelahiran dilihat pada rumus berikut.

Keterangan:

N : Seluruh individu dalam populasi atau hanya individu yang bereproduksi

$\Delta N_1$  : Jumlah individu baru dalam populasi karena kelahiran

$\Delta t$  : Satuan waktu

B : Angka kelahiran untuk berbagai kelompok umur yang berbeda

b : Angka kelahiran per satuan populasi

### 3. Angka Kematian (Mortalitas)

Mortalitas adalah angka kematian dalam populasi. Laju minoritas ialah laju kematian dalam demografi ialah jumlah individu yang mati pada suatu satuan waktu =kematian/waktu (Djohar.M, 2017).

Ada dua jenis mortalitas, yaitu **1) Mortalitas ekologi (mortalitas nyata/realita)** yaitu jumlah individu yang mati dalam keadaan lingkungan yang sebenarnya, harganya tidak tetap tergantung pada keadaan lingkungan.; **2) Mortalitas minimum (teoritis)** adalah kehilangan individu dari populasi dalam keadaan lingkungan yang ideal dan harganya tetap.

Sering kali laju kehidupan/survival rate lebih menarik dari pada laju kematian. Jika laju kematian = M, maka survival rate = 1- M. Selanjutnya, kita sering lebih tertarik pada organisme

hidup dari pada organisme mati, maka sering lebih berarti jika kita menyatakan laju mortalitas dalam kebalikannya, yaitu dengan menyatakan *survival rate*.

#### **4. Genetik**

Sifat-sifat genetik secara langsung berhubungan dengan keberadaan suatu populasi didalam lingkungan. Termasuk didalamnya antara lain adalah keserasian reproduksi, distribusi, adaptasi dan ketahanan hidup. Faktor genetik dalam mempelajari ekologi memiliki peran penting karena adanya variasi (biodiversitas) genetik akan sangat menentukan eksistensi suatu populasi dalam lingkungan.

#### **5. Struktur Umur**

Struktur umur merupakan salah satu sifat penting dari populasi karena umur dapat mempengaruhi mortalitas dan natalitas. Perbandingan berbagai golongan umur dalam populasi dapat menentukan keadaan reproduktif yang berlangsung dalam populasi dan dapat dipakai untuk memperkirakan keadaan populasi masa depan.

Menurut Irwan Z.D (2003) ada 3 kelompok umur ekologis dalam, yaitu:

- a. Pre-reproduktif
- b. Reproduksi
- c. Post- reproduktif

Secara relatif panjang umur ekologis ini dibanding dengan panjang umur sangat beraneka ragam. Pada manusia modern ketiga unsur ini kurang lebih sama panjangnya, sedangkan

manusia primitif perbedaannya di *post-reproduktifnya* yang pendek. Beberapa hewan (serangga) dan tanaman biasanya pre-reproduktif sangat lama, reproduktif pendek dan post-reproduktif bahkan tidak ada

Setiap populasi apabila telah mencapai tingkat kepadatan, kerapatan tertentu, dan dengan keterbatasan daya dukung lingkungan, akan cenderung mengalami penyebaran. Di tempat yang baru, populasi akan menempati, beradaptasi, dan membentuk keseimbangan yang baru kembali.

## **6. Potensi biotik**

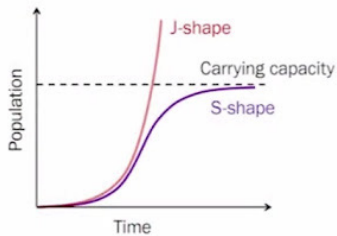
Potensi biotik dapat diartikan sebagai kemampuan alami yang dimiliki organisme untuk tumbuh atau berreproduksi (*reproductive potential*). Potensi biotik inilah yang menggambarkan bagaimana kemampuan suatu populasi dalam menambah jumlah anggotanya jika rasio umur sudah sesuai dan kondisi lingkungan juga optimal. Jika kondisi lingkungan tidak atau kurang optimum maka tingkat pertumbuhan populasi menurun. Perbedaan antara potensi biotik dengan kemampuan suatu populasi menambah anggotanya disebut sebagai daya tahan lingkungan.

## **7. Bentuk pertumbuhan**

Dalam populasi ada pola atau bentuk pertumbuhan yang khas, pola atau bentuk tersebut berdasarkan kurva pertumbuhan yaitu:

- a. Kurva pertumbuhan bentuk J.
- b. Kurva pertumbuhan bentuk S atau sigmoid.

Pola pertumbuhan populasi dapat berbentuk J atau S atau gabungan dari keduanya sesuai dengan kekhususan pertumbuhan populasi organisme dan lingkungannya. Selanjtnya, pola pertumbuhan berbentuk J kepadatan populasi naik dengan cepat secara eksponensial kemudian berhenti mendadak karena ada hambatan lingkungan atau faktor pembatas bekerja efektif secara mendadak, pada pola pertumbuhan populasi bentuk sigmoid populasi mula-mula naik secara lambat (*positive acceleration phase*) kemudian menjadi cepat (*logrithmatic phase*) lalu lambat kembali disebabkan oleh faktor hambatan lingkungan yang mulai bekerja (*negative acceleration phase*) dan akhirnya hampir seimbang. Bentuk pertumbuhan populasi tersebut dapat dilihat pada Gambar 5.1.



Gambar 5.1 Bentuk Pertumbuhan Populasi  
(Sumber: Djohar.M, 2017)

## 8. Penyebaran Populasi

Dalam Odum, E.P (1993) disebutkan bahwa penyebaran populasi ialah pindahnya individu atau keturunan (biji, spora, larva) keluar dari populasi atau daerah populasi. Selain itu



juga, Irwan Z.D (2003) menjelaskan ada tiga pola penyebaran populasi, yaitu

- a. Emigrasi : gerakan keluar satu arah
- b. Immigrasi : gerakan masuk satu arah
- c. Migrasi : perpindahan keluar-masuk secara periodik

Pengaruh penyebaran pada populasi akan:

- a. Kecil, apabila individu yang masuk/keluar populasi sedikit atau populasinya besar.
- b. Besar, apabila penyebaran yang terjadi secara missal (sangat besar jumlahnya) dan terjadi dalam waktu yang pendek.

Penyebaran populasi dipengaruhi oleh:

- c. *Barrier*, misalnya: sungai, gunung, lembah, dan sebagainya.
- d. *Vigalitas* atau kemampuan gerak organisme umumnya organisme dengan vigalitas tinggi akan memudahkan penyebaran, misalnya burung, serangga.

Penyebaran merupakan sarana di mana daerah baru dan kosong yang semula tidak dihuni akan menjadi dihuni sehingga terbentuk suatu keseimbangan baru disamping itu penyebaran juga penting untuk *gene flow* dan pembentukan spesies baru. Penyebaran organisme kecil yang terjadi secara pasif umumnya mengikuti pola eksponensial artinya kepadatan populasi menurun dengan jumlah yang sama untuk kelipatan

yang sama dari jarak sumbernya. Penyebaran organisme besar dan aktif menyimpang dari pola tersebut. Selanjutnya, Penyebaran populasi yang berupa penyebaran individu memiliki tiga pola dasar yaitu:

- a. Acak (*random*), kondisi distribusi pola ini relatif jarang terjadi di alam
- b. Merata (*uniform*), terjadi apabila kompetisi antara individu-individu sangat tajam dalam memperebutkan ruang hidup yang sama. Misalnya air di Gurun.
- c. Berkelompok (*clumped*), pola distribusi ini dapat berkelompok secara acak (*random clumped*), berkelompok secara merata dimana penyebaran kelompok dalam suatu daerah membagi ruang hidup yang sama dan berkelompok secara besar Penyebaran juga dipengaruhi oleh luas daerah dan jumlah populasi. Pada daerah yang luas dengan jumlah individu sedikit maka sebarannya akan relative jarang. (Irwan. Z, D, 2003).

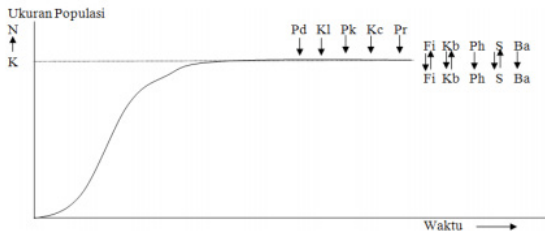
### C. Faktor Yang Menentukan Populasi

Selain ciri khas atau sifat-sifat populasi, hal lain yang akan dibahas yaitu faktor-faktor yang menentukan populasi. Nah, Faktor apakah yang menentukan populasi tersebut?

Populasi hewan memiliki potensi dalam (*innate*) untuk tumbuh tak terhingga, tetapi lingkungan membatasinya. Faktor faktor yang mempengaruhi pertumbuhan populasi dibedakan menjadi dua, yaitu **faktor langsung (*direct factors*)** dan **faktor tidak langsung (*indirect factors*)**. Faktor

langsung meliputi: predasi (Pd), kelaparan (Kl), penyakit (Pk), kecelakaan (Kc), dan perburuan (Pr). Faktor tidak langsung yang kadang-kadang disebut faktor kesejahteraan (*welfare factors*) yang sering menyebabkan ketersediaan sumber daya seperti makanan, air, mineral, naungan secara berkala atau permanen sehingga terjadi osilasi atau fluktuasi.

Contoh: faktor tidak langsung ialah fluktuasi iklim (Fi), kebakaran (Kb), perusakan habitat Ph), suksesi (S), dan bencana alam (Ba). Pengaruh keseluruhan faktor tersebut dinamakan resistensi lingkungan (*environment resistance*), yang mempengaruhi pertumbuhan populasi agar tetap berada pada level keseimbangan. Level ini disebut daya dukung (*carrying capacity*) (K).



Gambar 5.2 Faktor-Faktor yang mempengaruhi pertumbuhan populasi (Sumber: Van Lavieren, 1983).

Menurut Leksono (2007) faktor-faktor yang menentukan pertumbuhan populasi.

1. Predasi (Pd)

Predasi cukup sulit didefinisikan dengan tegas karena kisaran organisme yang luas dalam mengkonsumsi

makanannya beberapa ekologiawan mendefinisikan predasi sebagai semua kegiatan mengkonsumsi termasuk herbivora, detritivori, parasitisme dan karnivora. Sedangkan Tyara (2012), menjelaskan bahwa predasi merupakan interaksi antara dua atau lebih spesies yang salah satu pihak (*prey*, organisme yang dimangsa), sedangkan pihak lainnya (*predator*, organisme yang memangsa) beruntung. Hubungan ini sangat erat sebab tanpa mangsa, predator tak dapat hidup. Sebaliknya, predator juga berfungsi sebagai pengontrol populasi mangsa.



Gambar 5.3. Contoh Predasi (Pd)

(Sumber: <https://www.kompas.com>, 2012)

## 2. Kompetisi

Bila dua spesies tergantung pada sumber daya tertentu di lingkungannya maka mereka saling bersaing untuk mendapatkan sumber daya tersebut. Biasanya sumber daya yang diperebutkan adalah makanan, selain itu bisa juga tempat berlindung, tempat bersarang, sumber air, cahaya matahari, dan sebagainya. Secara klasik, kompetisi dibagi menjadi dua. Kompetisi eksploitatif /scramble, yaitu kompetisi yang terjadi bekerja secara tidak langsung

dengan pengurangan sumber daya, dan kompetisi interferensi. Kontes, kompetisi yang melibatkan interaksi langsung antarspesies seperti teritorialitas dan interferensi kimia.



Gambar 5.4 Kompetisi antara Burung Elang dengan Singa  
(Sumber: <https://www.kompas.com>, 2012)

### 3. Penyakit

Penyakit merupakan asosiasi antara mikroorganisme patogen dengan inangnya yang menyebabkan inang menderita secara fisiologis. Penyakit juga dapat mempengaruhi ukuran populasi. Penyakit pada hewan liar belum pernah menyebabkan kepunahan populasi. Penyakit degeneratif secara otomatis akan diderita oleh hewan pada usia lanjut akibat proses penuaan. Pada monyet hitam Sulawesi (*Macaca nigra*) dilaporkan akan mengalami diabetes pada usia tua secara otomatis.

Penyakit ini tidak menular dari satu individu ke individu lainnya. Penyakit yang dapat menular ialah penyakit infeksi yang disebabkan oleh virus, jamur, bakteri, cacing, atau parasit lainnya (misalnya ektoparasit).

Transmisi penyakit dari satu individu ke individu lain dapat terjadi melalui beberapa cara seperti dijelaskan di bawah ini.

- a. Beberapa jenis penyakit dapat ditransmisikan melalui kotoran hewan, misalnya cacing parasit pada saluran pencernaan hewan (cacing kremi, cacing gelang, cacing tambang), atau bakteri dan protozoa penyebab diare. Telur atau larva cacing, bakteri, dan protozoa dapat masuk ke saluran pencernaan hewan lain melalui air minum dan makanan atau bahkan beberapa cacing parasit hewan dapat menembus kulit inang.
  - b. Penyakit oleh virus (misalnya influenza) dan yang ditularkan oleh bakteri semacam tuberkulosis dapat ditularkan melalui udara jika individu berdekatan dengan penderita.
  - c. Virus rabies dapat ditularkan dari satu hewan ke hewan lain karena gigitan.
  - d. Ektoparasit seperti skabies (kudis) dan kutu dapat berpindah ke individu lain pada saat kontak tubuh.
  - e. Beberapa penyakit seperti penyakit tidur di Afrika ditularkan melalui vektor nyamuk.
4. Angka Kelahiran (Natalitas)
- Angka kelahiran dibedakan menjadi dua, yaitu angka kelahiran kasar dan angka kelahiran pada umur spesifik
- a. Angka kelahiran kasar (*crude birth rate* atau *crude natality*) didefinisikan sebagai rasio jumlah kelahiran (B) selama suatu periode tertentu dengan

total populasi (N) dengan rumus perhitungan:  
 $b = B/N$ .

N biasanya 1000 individu, untuk mamalia besar waktu yang sering digunakan ialah 1 tahun, oleh karena itu b adalah jumlah kelahiran hidup per 1000 individu per tahun.

- b. Angka kelahiran pada umur spesifik (b) didefinisikan sebagai jumlah kelahiran dari induk betina umur tertentu (x) selama periode waktu tertentu dibagi jumlah betina populasi (Nx). Dengan demikian rumus perhitungannya menjadi:  $b = Bx/Nx$ .

#### 5. Angka Kematian (Mortalitas)

Seperti halnya angka kelahiran, angka kematian (*death/mortality rate*) dibedakan menjadi angka mortalitas kasar dan angka mortalitas pada kelompok umur tertentu.

- a. Kematian kasar diperoleh dengan menghitung rasio jumlah kematian (D) dan total populasi pada periode waktu tertentu, pada mamalia besar digunakan satu tahun. Rumus yang digunakan ialah:  $d = D/N$  Pada mamalia besar angka kematian kasar biasanya merujuk pada jumlah kematian per 1000 hewan setiap tahun.
- b. Kematian pada umur tertentu (dx) dihitung dengan mengurangi jumlah individu hidup pada awal tahun dengan jumlah yang hidup di akhir interval umur. Sebagai contoh: jumlah individu pada akhir interval umur 0-1 tahun hanya 460 ekor dari jumlah kelahiran

selamat 1000, maka mortalitas pada umur spesifik tersebut adalah:  $d_0 = 1000 - 460 = 540$  atau 0,540 atau 54%.

- c. Angka Kematian pada kelas umur spesifik  
Angka Kematian pada kelas umur spesifik didefinisikan sebagai proporsi hewan hidup pada umur  $x$  yang mati sebelum  $x + 1$  dengan rumus perhitungan:  $q_x = d_x / l_x$ ; dengan  $d$  adalah jumlah kematian kelas umur  $x$  selama interval waktu tersebut dan  $l_x$  adalah jumlah yang sintas (bertahan hidup) pada awal interval kelas umur. Sebagai contoh: suatu kohort 1000 ekor ( $l_0$ ) setelah akhir interval umur hanya 460 yang sintas, angka kematian untuk kelas umur pertama ( $q_0$ ) adalah:  $q_0 = d_0 / l_0 = (1000-460) / 1000 = 0,540$  atau 54%. Jika pada akhir interval umur berikut (1-2) kohort hanya 440 dari 1000 ekor sebelumnya maka  $q_1$  adalah:  $q_1 = d_1 / l_1 = (460 - 460) / 460 = 0,043$  atau 4,3%
- d. Angka Kesintasan pada umur spesifik (*Age-specific survival rate*)  
Angka Kesintasan pada umur spesifik didefinisikan sebagai proporsi hewan hidup pada umur  $x$  yang sintas sampai umur  $x + 1$ . Nilai  $p_x$  diperoleh dengan mengurangi 1 dengan nilai  $q_x$ , oleh karena itu  $q_x + p_x = 1$ .

Contoh: jika  $q_0 = 0,540$ , maka  $p_0 = 1 - 0,540$  atau 0,560.



#### **D. Dinamika Populasi**

Salah satu bentuk pertumbuhan populasi ditandai dengan adanya dinamika populasi. Dinamika populasi adalah perubahan jumlah populasi di suatu daerah. Populasi selalu berubah dari waktu ke waktu baik dalam ukurannya maupun dalam komposisi inidividunya.

Populasi hewan yang tidak terganggu yang hidup pada suatu lingkungan yang juga tidak terganggu biasanya berada pada suatu level atau titik keseimbangan dalam ukuran populasi, walaupun komposisi individunya berubah-ubah karena proses kelahiran, kematian, dan migrasi, terkecuali misalnya terdapat pada populasi baru yang menginvasi suatu habitat dengan sumber daya yang melimpah. Biasanya populasi hewan akan tumbuh maksimal hingga mencapai suatu ukuran maksimal. Hal inilah yang menyebabkan, populasi bisa stabil atau turun.

Wirakusumah, S. (2003) menjelaskan bahwa ada dua faktor yang mengontrol dinamika populasi, yaitu faktor pertama disebut faktor yang bergantung pada densitas (*density dependant*), pengaruh faktor ini dipengaruhi oleh densitas hewan. Faktor-faktor yang termasuk kelompok ini antara lain kompetisi, predasi, penyakit dan kecelakaan. Faktor kedua disebut faktor yang tidak bergantung pada densitas (*density-independant*), seperti iklim, cuaca, dan bencana alam.

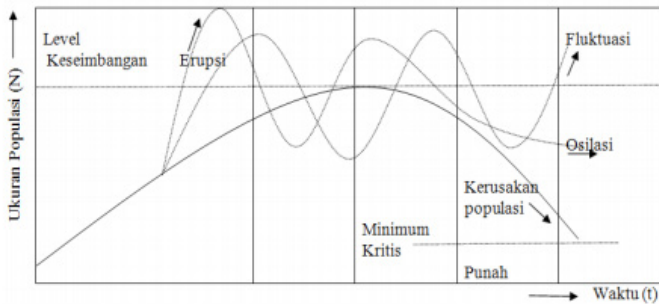
Dalam Odum, E.P (1993) dinamika populasi merupakan peristiwa fluktuasi dalam ukuran dan komposisi individu suatu populasi. Terdapat tiga model dinamika populasi dalam ukuran, yaitu meningkat, menurun, dan tetap/stabil. Pada populasi yang tertutup, artinya tidak ada migrasi, hanya dua

faktor saja yang mempengaruhinya, yaitu jumlah kelahiran dan jumlah kematian. Jika jumlah kelahiran lebih banyak dibandingkan dengan jumlah kematian, maka ukuran populasi meningkat (pertumbuhan positif). Jika jumlah kelahiran lebih rendah dibandingkan dengan jumlah kematian, maka ukuran populasi menurun (pertumbuhan negatif). Sebaliknya jika jumlah kelahiran sama dengan jumlah kematian, maka ukuran populasi tetap (pertumbuhan nol).

Dengan demikian, pertumbuhan nol tidak berarti bahwa populasi tersebut tidak mengalami perubahan, tetapi perubahannya terjadi pada komposisi individunya saja. Apabila populasi telah menyelesaikan pertumbuhannya,  $N/t$  rata-rata sama dengan nol, kepadatan populasi cenderung berfluktuasi di atas dan di bawah tingkat atas asimtot atau daya dukung.

Selanjutnya, apa yang dimaksudkan dengan fluktuasi itu sendiri? Fluktuasi merupakan asil dari perubahan dalam lingkungan fisik atau interaksi dalam populasi atau keduanya atau antarpopulasi, karena itu fluktuasi dapat terjadi meskipun keadaan lingkungan tetap misalnya dalam laboratorium.

Fluktuasi ukuran populasi dapat bervariasi mengikuti pola tertentu. Menurut Saroyo, S & Roni.K, (2016) Pola-pola pertumbuhan populasi disajikan pada gambar di bawah ini.



Gambar 5.5. Variasi bentuk Perubahan dalam Ukuran Populasi  
(Sumber: Saroyo.S & Roni.K, 2016)

#### Keterangan:

1. Osilasi populasi (*population oscillation*): perubahan ukuran populasi secara simetris di atas dan di bawah level keseimbangan.
2. Fluktuasi populasi (*population fluctuation*): perubahan ukuran populasi secara asimetris di atas dan di bawah level keseimbangan.
3. Minimum kritis (*critical minimum*): ukuran minimum populasi yang jika dilewati maka individu yang tersisa tidak mampu lagi untuk tumbuh.
4. Kehancuran populasi (*population crash*): penurunan ukuran populasi secara cepat dan mendadak sebagai akibat dari pemanfaatan habitat yang berlebihan atau karena bencana alam (banjir, gunung meletus, perubahan iklim, meteor jatuh, tsunami, kekeringan) atau penyakit, jika ukuran populasi melewati minimum kritis maka populasi akan punah.

5. Erupsi populasi (*population eruption*): peningkatan ukuran populasi secara cepat dan tiba-tiba pada populasi yang sudah ada sebelumnya. Erupsi populasi atau eksplosi populasi disebabkan oleh kondisi habitat yang tidak biasa seperti hilangnya predator atau melimpahnya makanan.
6. Irupsi populasi (*population irruption*): peningkatan ukuran populasi secara cepat dan tiba-tiba tetapi nonperiodik, sering kali terjadi pada saat organisme invasif menginvasi suatu habitat baru.

# BAB VI

## KOMUNITAS TUMBUHAN

### A. Pengertian Komunitas Tumbuhan

#### 1. Pengertian komunitas tumbuhan

Mempelajari komunitas tumbuhan tidak dapat dipisahkan dari ilmu ekologi tumbuhan. Ekologi tumbuhan merupakan bagian dari ilmu ekologi. Istilah ekologi pertama kali diperkenalkan oleh Ernest Haeckel pada tahun 1869. Ekologi berasal dari kata oikos = rumah, dan logos = ilmu. Ekologi mempelajari hubungan antara organisme dengan lingkungannya. Sedangkan Ekologi Tumbuhan merupakan ilmu yang mempelajari interaksi tumbuhan dengan lingkungan biotik dan abiotiknya. Komunitas tumbuhan merupakan bagian dari ekologi tumbuhan. Istilah komunitas tumbuhan dalam ekologi pertama kali diperkenalkan oleh Le cog Sendtner and Kerner (1877).

Komunitas merupakan kumpulan dari beberapa populasi yang hidup pada suatu daerah tertentu pada suatu waktu, saling berinteraksi dan mempengaruhi satu dengan yang lain. Sebuah komunitas bisa saja menempati ruang yang terbatas tidak harus menempati daerah yang luas, komunitas dapat memiliki ukuran berapa pun. Tingkat keterpaduan pada suatu komunitas lebih kompleks bila dibandingkan dengan tingkat keterpaduan pada individu dan populasi. Dalam komunitas,

semua organisme merupakan bagian dari komunitas dan antara komponennya saling berhubungan melalui keragaman interaksinya.

Komunitas merupakan kumpulan dari beberapa jenis tumbuhan yang hidup bersama-sama di suatu tempat dan terdapat interaksi yang erat diantara individu-individu penyusunnya baik antara tumbuhan dengan tumbuhan ataupun tumbuhan dengan hewan yang hidup di dalam komunitas dan lingkungan itu. Komunitas tidak hanya merupakan kumpulan dari individu-individu tumbuhan melainkan membentuk suatu kesatuan dimana individu-individu di dalamnya memiliki ketergantungan satu sama lain (Soerianegara dan Indrawan, 1978). Menurut Marsono (1977), komunitas merupakan kumpulan beberapa jenis tumbuh-tumbuhan yang hidup bersama-sama di suatu tempat. Dalam mekanisme kehidupan bersama tersebut terdapat interaksi yang erat, baik pada sesama individu penyusun komunitas itu sendiri maupun dengan organisme lainnya sehingga merupakan suatu sistem yang hidup dan tumbuh serta dinamis

Tumbuhan secara tipikal terdapat bersama-sama dalam kelompok-kelompok dan hidup berasosiasi. Kelompok-kelompok ini disebut sebagai komunitas, dan komunitas-komunitas tersebut paling baik diidentifikasi dengan mencatat identitas dan bentuk hidup yang paling banyak, jenis yang paling atau jenis yang paling khas dari suatu komunitas tersebut. Hal ini berarti komunitas tidak hanya diidentifikasi dengan hanya membuat daftar nama semua jenis tumbuhan yang membentuknya, namun lebih dari itu komunitas dicirikan

dengan memperinci jenis-jenis yang memberikan sumbangsih paling banyak pada stuktur khas dan komposisinya.

Berdasarkan beberapa pengertian diatas dapat disimpulkan bahwa komunitas merupakan sekumpulan jenis tumbuhan yang saling berinteraksi erat antara satu dengan yang lain dan saling mempengaruhi serta hidup pada suatu waktu dan daerah tertentu.

Sebuah komunitas (vegetasi secara umum) berbeda dengan flora suatu daerah. Dalam bentuk yang paling sederhana, flora lebih mengacu pada sebuah daftar jenis atau taksa tumbuhan yang terdapat disuatu daerah. Sebuah flora dalam sebuah dokumen berisi daftar flora, morfologi, tatanama hingga uraian taksonomi tumbuhan yang memuat kunci identifikasinya. Dalam flora tidak ditemukan penjelasa tentang kombinasi (komunitas) jenis-jenis maupun mengenai kelimpahan maupun kekhasannya. Jadi, Ekologi komunitas tidak hanya berkaitan dengan identifikasi komunitas tumbuhan di suatu daerah tertentu tetapi juga penentuan hubungan satu komunitas dengan komunitas lain serta hubungan komunitas-komunitas tersebut dengan lingkungannya.

Karena kelompok-kelompok tumbuhan banyak membentuk komunitas, banyak pengamat dan pakar ekologi vegetasi berpendapat bahwa berbagai tumbuhan dalam suatu komunitas saling mempengaruhi satu dengan yang lain dan atau tumbuh-tumbuhan tersebut memiliki hubungan dengan lingkungannya secara timbal balik. Hal ini menunjukkan adanya ketergantungan satu sama lain (interdependensi) dan

sebuah komunitas merupakan sebuah keutuhan (entitas) yang terpadu.

Sebuah komunitas dapat saja berubah. Perubahan-perubahan yang terjadi dapat disebabkan oleh perubahan dalam komposisi jenis menurut ruang, perubahan jarak antar tumbuhan serta tinggi tumbuhan, perubahan dalam bentuk pertumbuhan atau bentuk hidup tumbuhan atau respon musiman tumbuhan terhadap sifat-sifat lain vegetasi yang kemungkinan berhubungan dengan perubahan ruang dalam lingkungan. Parameter vegetasi apapun yang menyebabkan perubahan tersebut, semua merupakan bagian definisi, pertelaan, dan interpretasi sebuah komunitas. Perubahan ruang karena kombinasi jenis sering jelas bahkan dengan pengamatan sepintas. Perubahan kombinasi jenis jelas terkait dengan perubahan lingkungan. Misalnya, perubahan-perubahan yang terkait dengan kelembaban tanah pada suatu cekungan setempat disuatu daerah tertutup rumput atau terkait perubahan karena iklim. Vegetasi bawah di dalam hutan yang juga menunjukkan respon terhadap intensitas dan ritme musiman cahaya dibawah kanopi hutan. Pada habitat yang lebih ekstrem, seperti rawa, bukit pasir dipantai, rawa ian masin, bentuk hidup tumbuhan dan kombinasi jenis sering sangat berbeda dari tutupan tumbuhan disebelahnya sehingga terlihat sebagai komunitas yang berbeda.

## **2. Konsep dan sifat-sifat Komunitas**

Komunitas secara umum adalah kumpulan populasi makhluk hidup yang saling berinteraksi dan menempati disuatu habitat. Banyak ilmuan yang menafsirkan dan memberikan



pengertian tersendiri mengenai pengertian komunitas. Konsep dasar komunitas diantaranya:

a. Formasi

Formasi tumbuhan dihasilkan oleh makroklimat dan dan formasi tumbuhan dikendalikan dan ditentukan batasnya hanya oleh factor iklim.

b. Asosiasi

Assosiasi merupakan vegetasi regional, dalam formasi ini merupakan klimaks sub iklim dalam formasi umum.

c. Ekotone

Ekotone adalah peralihan antara dua atau lebih komunitas yang berbeda (hutan-padang-rumput, laut-darat, asin-tawar). Komunitas ekotone umumnya terdiri dari sebagian dari kedua anggota komunitas dan saling tumpang tindih dengan tambahan beberapa spesies yang terbatas pada ekotone tersebut. Biasanya macam spesies dan kepadatan populasi pada ekotone lebih besar dari komunitas yang berbatasan. Kecenderungan bertambah besarnya keanekaragaman dan densitas pada komunitas yang berbatasan disebut efek tepi (*edge effect*). Organisme yang banyak atau sebagian besar terdapat pada daerah ekotone disebut spesies tepi (*edge effect*).

### 3. Hipotesis komunitas tumbuhan

#### a. Pandangan holistic

Untuk memudahkan melihat komunitas tumbuhan sebagai unit atau *entity* diusulkan untuk membuat analogi tertentu dengan membandingkannya dengan sebuah organisme. Clements (1916; 1928) membandingkan perkembangan suksesi sebuah komunitas dari tahap pionir hingga ke tahap klimaks yang relative stabil, misalnya vegetasi akuatik hingga ke hutan rawa dengan sejarah kehidupan sebuah organisme. Ia berpendapat suatu komunitas seperti organisme; dilahirkan, tumbuh, matang, berkembang biak dan mati dan bahwa tahap-tahap perkembangan yang berbeda ini atau komunitas-komunitas yang terkait dengan suksesi dapat diinterpretasikan sebagai suatu keutuhan organik (*organic entity*). Ia meyakini bahwa aspek reproduksi dari analogi ini adalah sesuai. Menurut pendapatnya, setiap komunitas klimaks dapat berkebangbiak sendiri setiap saat dengan mengulang tahap-tahap perkembangan dengan pola yang pada dasarnya sama.

Meskipun demikian pendapat Clements ini memiliki kelemahan. Perbedaan-perbedaan penting yang muncul tidak pernah dikemukakan, menghilangnya suatu komunitas klimaks atau “kematianannya” tidak dapat dibandingkan seperti kematian alami yang menimpa suatu organisme karena kehilangan fungsi-fungsi organnya. Populasi

jenis tumbuhan yang dianggap sebagai organ dalam analogi ini juga tidak hilang karena kepikunan, akan tetapi dalam kenyataannya populasi-populasi tersebut sebagian digantikan oleh populasi lain melalui suatu peristiwa dahsyat misalnya adanya perubahan lingkungan yang terjadi secara perlahan, atau dengan seleksi kompetitif. Begitupun pada proses pertumbuhan dan pematangan tidak terjadi dalam organ yang sama yang berkembang dari muda sampai tua, tetapi dalam bentuk pertukaran populasi. Tidak seperti organisme komunitas tumbuhan tidak dapat berkembangbiak dalam habitat dengan lingkungan berbeda atau dalam iklim yang berbeda tanpa kehilangan identitasnya. Tuxen (1947) memberikan bukti bahwa komunitas hutan dan komunitas-komunitas lain yang kompleks dapat direkonstruksi dari bagian-bagiannya dalam waktu relative singkat. Selanjutnya, masing-masing anggota, lazimnya tidak berkaitan secara struktural seperti halnya dengan suatu organ organisme atau jaringan suatu organ.

Tansley (1920) menganggap gagasan organisme Clements terlalu bersifat hipotesis. Tetapi Tansley percaya bahwa komunitas tumbuhan dapat dipertelakan sebagai keutuhan organik dengan menggunakan istilah yang lebih tepat yaitu organisme semu (*quasiorganism*).

b. Pandangan Sistematika

Braun-Balanquet mengajukan hipotesis tentang analogi organisme yang ketiga (1928; 1932) dan beberapa yang lain (Misalnya, Nichols; 1917; Warming, 1909) tetapi dengan pandangan berbeda dari yang diusulkan oleh Clements dan Tansley. Braun-Blaquet memberikan pendekatan dari segi klasifikasi komunitas seperti halnya organisme diklasifikasikan dalam kelompok taksonomi. Atas dasar tersebut dia membandingkan suatu komunitas tumbuhan dengan sebuah jenis. Blanquet menganggap komunitas tumbuhan sebagai unit dasar klasifikasi vegetasi seperti halnya unit vegetasi seperti halnya jenis yang dijadikan unit dasar dalam sistem klasifikasi taksonomi organisme. Dalam analogi ini, ia lupa bahwa individu-individu organisme dalam suatu jenis merupakan anggota populasi yang secara genetika berkaitan, sedangkan anggota-anggota dalam komunitas tumbuhan secara genetika tidak ada hubungannya dengan komunitas lain yang serupa yang mungkin dikelompokkan ke dalam tipe atau kelas. Disini hubungan hanya didasarkan pada persamaan sifat-sifat tertentu dari struktur atau komposisi.

c. Pandangan individualistic

Gleason (1926; 1939) menganggap tiga pendapat analogi dengan organisme sebelumnya kurang tepat. Sebagai gantinya dia mengusulkan konsep individualistic komunitas tumbuhan. Gleson

menyatakan bahwa kehadiran komunitas tumbuhan tergantung kepada kekuatan-kekuatan selektif masing-masing lingkungan khusus dan vegetasi disekelilingnya sementara lingkungan terus menerus berubah menurut ruang dan waktu. Oleh karena itu, menurut pendapatnya tidak ada dua buah komunitas yang dianggap sama atau sangat erat terkait satu dengan lainnya.

Benar bahwa tiap meter persegi habitat dan tutupan tumbuhan menunjukkan perbedaan-perbedaan tertentu bila dibandingkan secara absolut. Tetapi bila ditinjau secara relatif, kita akan dapat membedakan antara kesamaan serta perbedaan yang besar dan yang kecil. Prinsip kesamaan dan perbedaan ini menjadi dasar pada semua sistem klasifikasi biologi dan lingkungan, termasuk taksonomi sistem klasifikasi organisme. Tidak ada dua anggota suatu jenis atau populasi biologi lain yang identik secara absolut. Sukar untuk dimengerti mengapa prinsip ini sukar diterapkan kepada komunitas tumbuhan. Akan tetapi keempat konsep komunitas tumbuhan tersebut diatas menimbulkan konsekuensi penting dalam penelitian vegetasi saat ini.

d. Penekanan pada hubungan dinamika

Pendekatan Clements menitik beratkan dinamika komunitas tumbuhan ditinjau dari perkembangan organik dari muda hingga matang. Konsep Gleason menekankan sifat dinamika tumbuhan dalam ruang

dan waktu. Tetapi, berlawanan dengan Clements yang banyak menguraikan tahap-tahap suksesi, tidak memberikan konsep yang nyata dalam hal perubahan menurut waktu. Sementara aliran waktu itu konstan, tidak selalu benar bahwa laju perubahan populasi juga sama terus menerus dalam semua komunitas (Whittaker 1953; 1957). Penting untuk membuat perbedaan antara komunitas sementara dan komunitas yang relative stabil (Daubenmire 1952; 1966) atau antara komunitas yang berubah cepat dan yang berubah lambat, sementara laju dan arah perubahan tetap merupakan subjek untuk penelitian vegetasi.

Dengan menekankan pada kontinuitas ruang, Gleason merujuk pada ketiadaan batas mutlak antara komunitas berdampingan. Dengan pemikiran ini, ia memberi konsep dasar untuk mendalami penelitian Fitososiologi yang dikembangkan oleh aliran paham Wisconsin yang juga dikenal dengan paham kontinum. Pendekatan penelitian kontinum dimulai oleh Curtis (Curtis & McIntosh 1951; Curtis 1955). Curtis dan murid-muridnya menyumbangkan ilmu vegetasi dengan memformalkan metode analisis landaian atau analisis gradasi (*gradient analysis*) dan ordinasi (Whittaker, 1967). Modifikasi konsep kontinum dibuat oleh McIntosh (1967). Dia setuju bahwa diskontinuitas vegetasi terjadi di alam, tetapi ia menekankan kembali bahwa kontinuitas selalu

terdapat bila perbandingan dibuat antara dua tegakan vegetasi yang serupa.

e. Penekanan pada urutan

Braun-Blanquet meneliti untuk mencari landasan konseptual bagi klasifikasi komunitas. Analogi jenis untuk komunitas dimaksudkan untuk hierarki komunitas pada skala global. Penelitian ini menghasilkan suatu informasi ekologi komunitas yang melimpah. Meskipun demikian cakupan geografi yang meluas menimbulkan banyak pertanyaan bahwa sistem klasifikasi terpadu pada komunitas-komunitas kecil yang dicirikan oleh sifat floristic sangatlah terbatas karena jenis penciri yang tidak dapat diterapkan secara global seperti sistem klasifikasi taksonomi pada organisme. Jenis penciri dapat diartikan sebagai jenis kunci yang dapat digunakan untuk mengidentifikasi anggota suatu tipe komunitas tertentu. Alasan yang kurang mendukung konsep jenis penciri ini adalah jenis kunci dapat kehilangan nilai diagnostiknya bila studi komunitas diperluas di luar batas regional semula. Jenis yang sama dapat menunjukkan hubungan ekologi dan sosiologi yang berbeda bila diikuti dalam cakupan geografi yang lebih luas.

#### **4. Komunitas Sebagai Sebuah Kombinasi Individu**

Komunitas memiliki banyak atribut yang berbeda dari organisme seperti yang telah dikemukakan sebelumnya.

Hanya dalam situasi yang luar biasa individu-individu tumbuhan saling berhubungan secara struktural. Ini berlaku pada tegakan tertentu misalnya *Acacia koa* (Muller-Dumbois, 1967) yang batang-batangnya secara individual membentuk tunas yang timbul dari sistem perakaran bersama. Tegakan klon seperti itu jelas merupakan organisme jika tumbuhan dibawahnya diabaikan. Tetapi suatu komunitas tumbuhan terdiri dari kelompok yang mempertahankan individualitasnya.

Penekanan pada individualitas tumbuhan tidak menampik berbagai macam hubungan lain diantara tumbuhan dalam suatu komunitas. Walter (1965, 1971) Mengklasifikasikan hal tersebut sebagai:

1. Kompetitor yang bersaing secara langsung untuk mendapatkan sumber daya lingkungan yang sama dengan menempati lapisan atau strata yang sama diatas dan atau dibawah permukaan tanah.
2. Jenis dependen (*dependence species*) yang dapat hidup dalam relung khusus karena keberadaan tumbuhan lain misalnya jenis lumut tertentu dapat tumbuh hanya dalam iklim mikro khusus yang dihasilkan oleh suatu tegakan pohon.
3. Jenis pelengkap yang tidak bersaing satu dengan lainnya karena keperluannya akan sumber daya telah dipenuhi dengan menempati strata berbeda baik diatas ataupun dibawah permukaan tanah atau dengan perbedaan ritme musiman.



Perlu diketahui bahwa jenis dependen pada lazimnya tidak memiliki ketergantungan pada jenis dominan khusus. Hal ini biasanya hanya terjadi pada hubungan parasitic, simbiotik dan efitik. Kebergantungan hanya terkait dengan kondisi lingkungan secara umum yang dihasilkan oleh jenis dominan, di luar pengaruh saling berinteraksi tumbuhan suatu komunitas pada berbagi tempat, habitat dan lingkungan yang sama. Oleh karena itu, keterpaduan dalam suatu komunitas adalah gejala yang mantap. Komunitas yang terintergrasi dengan mantap menunjukkan resistensi tertentu terhadap fluktuasi dalam lingkungan (homeostasis) dan perubahan lingkungan tertentu dapat menyebabkan respon yang dapat dipikirkirkan dalam suatu komunitas. Oleh karena itu, suatu komunitas tumbuhan dapat artikan sebagai suatu kombinasi berbagai jenis tumbuhan yang bergantung pada lingkungannya dan saling mempengaruhi satu dengan yang lain. Mereka dan habitat bersamanya serta oraganisme lain yang berasosiasi membentuk sebuah ekosistem (Tansley, 1935)

Meskipun hubungan antara satu dengan yang lainnya sangat erat, masing-masing anggota tetap mempertahankan ciri individualitasnya. Karena setiap jenis juga dapat tumbuh diluar komunitas. Oleh karena itu unit terakhir dari vegetasi bukan komunitas tumbuhan tetapi masing-masing tipe tumbuhan.

## **5. Identifikasi Komunitas**

Pertanyaan mengenai apa itu komunitas coba dijawab oleh beberapa ahli. Alechin (1925) berpendapat komunitas merupakan kumpulan tumbuhan yang dapat membentuk kelompok terbuka ataupun kelompok tertutup. Kelompok

tertutup dapat dibedakan menjadi pemukiman tanpa integrasi, tegakan murni yang temporer atau permanen, atau komunitas dengan tegakan populasi campuran. Banyak peneliti beranggapan integrasi merupakan syarat untuk mengenal pengelompokan tumbuhan dalam komunitas (Poore, 1964). Intergrasi komunitas dalam suatu populasi merupakan bagian dari subjek penelitian vegetasi.

Lippman (1939) memberikan definisi lain mengenai konsep komunitas yaitu didasarkan pada strata horizontal masing-masing seperti perdu, tera atau lapisan yang dekat dengan permukaan tanah, yang merupakan komponen dari berbagai komunitas. Selain itu sangat memungkinkan identifikasi komunitas (pada semua tingkat skala geografi) melalui variasi dalam homogenitas atau uniformitas vegetasi suatu daerah berdasarkan variasi yang bisa saja disebut formasi, konsoliasi, asosiasi ataupun sinusia dan lain sebagainya.

## **6. Parameter Vegetasi untuk Menentukan Komunitas**

Berbagai parameter vegetasi telah diusulkan oleh para ahli untuk menentukan komunitas secara geografi ataupun menurut ruang. Parameter ini termasuk bentuk hidup (*life form*) maupun dalam bentuk pertumbuhan (*growth form*), dominansi jenis, dan kehadiran atau ketidakhadiran jenis diagnostik tertentu. Berbagai sifat tumbuhan dapat mengakibatkan berbagai variasi penutupan vegetasi. Meskipun sukar untuk diukur, sifat-sifat tersebut juga sangat bermanfaat dalam penentuan berbagai pola. Sifat-sifat lain seperti itu diantaranya pembungaan, pewarnaan kanopi, perubahan musiman pada pucuk ataupun dedaunan, serta perbedaan pada tinggi dan perawakan.

## **7. Komunitas Konkret dan Abstrak**

Konsep komunitas yang membahas mengenai tegakan tumbuhan seperti yang kita ditemui di lapangan merupakan pengertian komunitas secara konkret. Ketidakhadiran batas-batas yang pasti antar komunitas yang saling berdampingan tidak lebih sukar identifikasinya dibandingkan dengan ketidakhadiran batas-batas pasti antara komunitas berdampingan tetapi terdapat pada tanah yang berbeda. Whitaker (1962) dan Daubenmire (1966) menjelaskan tentang beberapa ketidaksenambungan nyata atau diskontinum konkret, yang terdapat pada vegetasi dengan penutup substrat yang berubah secara perlahan-lahan dan McIntosh (1967) mereduksi masalah ini sebagai gejala yang terkait dengan konsep komunitas abstrak. Terdapat pemahaman baru bahwa penutupan vegetasi regional konkret dapat menunjukkan pola diskontinum atau pola batas tajam ataupun pola-pola yang berubah secara berangsur-angsur atau kontinum. Kedua pola sebaran tersebut dapat membentuk mozaik dalam suatu kawasan. Mozaik-mozaik seperti itu dapat dianalisis melalui cuplikan-cuplikan tegakan yang kemudian dapat diklasifikasi atau dievaluasi dengan ordinasi.

Sebuah klasifikasi mengelompokkan cuplikan-cuplikan tegakan serupa menjadi berbagai tipe, sedangkan ordinasi menginterpretasikan kaitan cuplikan-cuplikan tegakan tersebut menurut kesamaan dan ketidaksamaannya. Kedua metode yang dijelaskan ini merupakan metode abstraksi. Pemilihan dari salah satu metode tersebut dapat disesuaikan dengan dengan tujuan atau dapat juga terkait dengan sifat pola vegetasi (Whittaker, 1972).

Masalah-masalah tertentu dalam pemahaman klasifikasi vegetasi disebabkan oleh kekacauan antara individu-individu kelas konkret dan unit kelas abstrak. Perlu diingat bahwa unit-unit vegetasi abstrak ini tidak mempunyai realitas mutlak di alam. Unit-unit ini seperti nilai rerata dan kisaran dalam aritmetik yang dapat memberi kecocokan terdekat dan terkecil pada populasi bilangan, tetapi tidak menunjukkan identitas mutlak terkait anggota-anggota populasi, yang dalam unit vegetasi abstrak adalah anggota-anggota komunitas konkret.

Untuk menghindari kekacauan tersebut penting untuk membedakan antara komunitas tumbuhan konkret dan komunitas abstrak atau tipe vegetasi. Istilah-istilah seperti **asosiasi** dan **sosiasi** hanya digunakan dalam pengertian komunitas abstrak tidak dapat digunakan untuk komunitas konkret tertentu atau cuplikan tegakan dilapangan. Untuk komunitas abstrak sebaiknya digunakan istilah seperti **komunitas tumbuhan** atau **fitosenosis**.

## 8. Sebab-musabab Asal Komunitas Tumbuhan

Faktor penyebab dasar pembentukan komunitas atau kompleks faktor untuk mengembangkan sebuah komunitas adalah sebagai berikut:

- a. Flora suatu area yang menyediakan bahan dasar, macam-macam tumbuhan dari berbagai tingkat taksonomi, untuk penyerderhanaannya diacu sebagai jenis.
- b. Kemampuan suatu jenis mencapai habitat. Ini terutama bergantung pada sebaran jenis pada lingkungan,

mekanisme pemencaran, peluang pematapan atau disebut juga factor aksesibilitas.

- c. Sifat-sifat jenis khususnya berkaitan dengan bentuk hidup, persyaratan fisiologis, dan karakter lain yang berpengaruh pada kemampuan untuk saling bersaing antara satu dengan yang lain sehingga menjadi mantap di habitat atau disebut faktor ekologis.
- d. Habitat. Jumlah faktor-faktor lingkungan yang berlaku pada suatu wilayah tertentu.
- e. Waktu yang telah berlalu mengikuti suatu kejadian sejumlah sejarah yang memulai invasi vegetasi.

## **9. Tinjauan Komunitas dari Segi Fungsinya**

Komunitas memiliki fungsi antara lain:

- a. Komponen-komponen dalam komunitas memiliki kemampuan hidup pada lingkungan yang sama pada suatu tempat dan memiliki ketergantungan satu dengan yang lain
- b. Komunitas mempunyai keterpaduan yang tinggi pada individu-individu dan populasi hewan serta tumbuhan penyusunnya
- c. Komposisi komunitas ditentukan oleh seleksi tumbuhan dan hewan yang dapat mencapai tempat tertentu dan mampu bertahan ditempat tersebut.
- d. Aktivitas anggota-anggota komunitas bergantung pada penyesuaian diri setiap individu terhadap faktor-faktor fisik dan biologi ditempat tersebut. Bila ditinjau

dari segi diskriptif suatu komunitas dicirikan oleh komposisi tertentu

- e. Seringkali perubahan komposisi jenis suatu komunitas ke komunitas lain sangat jelas dan bila jenis-jenis utama dari dua komunitas tersebut berbeda sekali maka batas antara komunitas akan jells pula. Tetapi perubahan komposisi juga terjadi secara perlahan-lahan sehingga batas tersebut menjadi tidak jelas.
- f. Perubahan komposisi berhubungan erat dengan adanya perubahan pada factor lingkungan misalnya tofografi tanah, kelembaban, temperature dan iklim (bila mencakup kawasan yang luas).

Faktor-faktor ini secara menyeluruh mempengaruhi kehidupan tumbuhan dan hewan, dan sanagt sulit untuk menentukan factor mana yang sebenarnya paling berpengaruh dalam sebuah populasi. Tanpa eksperiman kelopak factor lingkungan berubah tersu menerus secara bersama-sama. Sepanjang perubahan tersebut terjadi pula perubahan dalam komunitas, dan tentunya populasi dalam komunitas ikut terpengaruh. Mempelajari komunitas dari bentuk-bentuk kehidupan membantu untuk dapat memahami fungsi darisuatu organisme tersebut didalam komunitas. Dalam sstruktur komunitas perlu dipelajari tentang jenis, susunan, penyebaran jenis tersebut dan struktur komunitasnya. Jenis-jenis itu bersama-sama membentuk komunitas sebagai keseluruhannya. Dalam mempelajari komunitas pertama-taman yang perlu dipelajari adalah bentuk dan strukturnya.

Struktur komunitas dapat dibedakan menjadi struktur fisik (struktur yang dapat diamati) dan struktur biologi (komposisi spesies, kelimpahan individu dalam spesies, perubahan temporal dalam komunitas, hubungan antara spesies dalam suatu komunitas).

- a. Kualitatif, misalnya komposisi, fenologi dan vitalitas. Vitalitas merupakan kemampuan pertumbuhan dan perkembangbiakan suatu organisme.
- b. Kuantitatif, meliputi frekuensi, densitas, densitas relative. Frekuensi menyatakan jumlah kehadiran suatu spesies dalam suatu habitat tertentu. Densitas (kepadatan) dinyatakan sebagai jumlah atau biomassa per unit contoh atau persatuan luas/volume atau persatuan penangkapan.
- c. Sintesis merupakan proses perubahan suatu komunitas menuju ke satu arah yang berlangsung secara lambat namun terjadi secara pasti dan terarah serta dapat diramalkan. Contohnya seperti Suksesi-suksi yang terjadi sebagai akibat adanya modifikasi pada lingkungan fisik suatu komunitas dan memerlukan waktu. Proses ini akan berakhir pada suatu ekosistem atau komunitas yang disebut klimaks. Dalam tahapan ini komunitas telah mencapai keseimbangan atau homeostasis.

## **B. Konsep Dasar Dalam Komunitas Tumbuhan**

Dalam ekologi tumbuhan ada dua pendekatan yang digunakan yaitu autekologi dan sinekologi. Autekologi (ekologi

spesies) adalah kajian tentang sejarah hidup suatu spesies tumbuhan, perilaku, dan adaptasinya terhadap lingkungan; sedangkan sinekologi (ekologi komunitas) adalah kajian tentang kelompok organisme tumbuhan yang tergabung dalam satu kesatuan dan saling berinteraksi dalam daerah tertentu. Salah satu bagian sinekologi memfokuskan pada struktur dan klasifikasi komunitas tumbuhan adalah phytososiologi. Studi struktur dan komposisi komunitas tumbuhan oleh Braun Blanquet dalam metodenya dibagi menjadi karakter analitik dan sintetik. Karakter analitik merupakan atribut komunitas yang dapat diamati atau diukur secara langsung. Termasuk didalamnya jumlah dan jenis spesies, distribusi individu, species vigour, jumlah individu tanaman paling tinggi, volume area, laju pertumbuhan dan periodesitas. Adapun Karakter sintetik merupakan aspek komunitas yang didasarkan pada karakter analisis dan penggunaan data yang diperoleh dalam analisis sejumlah tegakan. Karakter tersebut dijabarkan sebagai berikut:

1. Struktur Kuantitatif komunitas tumbuhan merupakan struktur kuantitatif dan komposisi komunitas tumbuhan yang dapat didiskripsikan berdasarkan observasi visual tanpa sampling dan pengukuran khusus. Dalam pencacahan kuantitatif, karakteristik floristic (Spesies konten), stratifikasi, aspekasi, kemampuan sosialisasi, asosiasi interspesifik, bentuk kehidupan dan spectrum biologis, dll dapat dipelajari di lapangan.



a. Komposisi floristic

Komposisi spesies dalam suatu komunitas merupakan hal penting untuk dipelajari. Komposisi spesies pada suatu komunitas dapat dipelajari melalui koleksi secara periodic dan identifikasi tanaman dalam setahun. Hal ini akan menunjukkan toleransi setiap spesies pada berbagai kondisi yang berbeda (Hanson, 1950).

b. Stratifikasi dan aspekasi

Jumlah strata atau tingkatan dalam suatu komunitas dapat ditentukan berdasarkan observasi secara umum terhadap vegetasi. Jika seseorang mengamati suatu spesies flora secara berkala sepanjang tahun perubahan vegetasi dapat teramati dari adanya perubahan pada musim. Hal ini disebut sebagai aspekasi. Untuk fenologi spesies yang berkaitan dengan ada perubahan selama musim yang berbeda perlu dicatat. Fenologi dengan demikian merupakan bagian dari periodisme komunitas. Hal ini digunakan pada ekosistem yang perubahan musimnya sulit ditandai dengan baik seperti pada ekosistem gurun.

c. Life-form/bentuk hidup

Berdasarkan pada penampilan dan pertumbuhan secara umum, komunitas spesies dikelompokkan menjadi beberapa kelas bentuk kehidupan. Bentuk kehidupan tumbuhan dalam beberapa kategori pertama kali diperkenalkan oleh seorang botanis bernama Christen C. Reunkiaer. Sistem pengelompokan Reunkiaer

berdasarkan pada tempat titik tumbuh tanaman (kuncup) selama musim dengan kondisi buruk (Musim kering dan musim dingin).

- 1) Phanerophyta: umumnya merupakan tumbuhan tahunan berkayu, dengan kuncup sekitar 25 cm diatas permukaan tanah. Contohnya pohon dan semak belukar. Reunkiaer selanjutnya membagi membagi phanerophyta berdasarkan tingginya yaitu megaphanerophyta, mesophanerophyta, microphanerophyta dan nanophanerophyta.
- 2) Chamaephyta: kuncup dekat dengan tanah, tidak lebih dari 25 cm diatas permukaan tanah.
- 3) Hemicrophyta: kuncup pada atau dekat perkuaan tanah contoh dendlion dan daisy.
- 4) Cryptophyta: dibawah tanah atau dibawah permukaan air. Dengan tunas yang beristirahat sebagai rimpang, umbi atau kuncup yang terendam air.
- 5) Thaerophyta: tanaman tahunan yang menyelesaikan siklus hidupnya dengan cepat dibawah kondisi lingkungan yang menguntungkan dan bertahan dalam kondisi yang tidak menguntungkan pada musim kemarau dan musim dingin dalam bentuk benih.

d. Sosiabilitas

Pada komunitas tumbuhan individu spesies tidak selalu terdistribusi secara merata. Ada individu dari

beberapa spesies tumbuh dengan jarak yang luas, sementara dari beberapa spesies lain ditemukan bergerombol. Hubungan ruang tanaman disebut sosiabilitas.

Braun-Blanquet (1951) membagi tipe sosiabilitas ke dalam lima kategori yaitu :

- 1) Tunas tumbuh sendiri-sendiri
- 2) Berkelompok
- 3) Kelompok kecil
- 4) Kelompok besar
- 5) Kelompok yang sangat besar dengan populasi yang hampir menutupi seluruh permukaan area

e. Asosiasi interspesifik

Ketika satu atau dua lebih spesies yang tumbuh berdekatan satu sama lain dan membentuk komunitas. Hal ini disebut asosiasi interspesifik.

Berbeda dengan pendapat diatas Indiyanto (2006) menyebutkan beberapa parameter kualitatif yang dapat digunakan untuk analisis komunitas tumbuhan yaitu :

- a. Fisiognomi merupakan penampilan luar dari suatu komunitas tumbuhan yang dapat dideskripsikan berdasarkan penampakan spesies tumbuhan dominan, tinggi tumbuhan dan warna yang dimiliki oleh tumbuhan yang tampak oleh mata.
- b. Fenologi merupakan gambaran spesies pada tiap tingkat dalam siklus dalam hidupnya. Bentuk tumbuhan ini dapat mengalami perubahan sesuai

dengan umurnya, sehingga spesies yang sama pada tingkat umur yang berbeda akan menghasilkan struktur komunitas yang berbeda pula. Spesies yang berbeda akan memiliki fenologi yang berbeda, sehingga keanekaragaman spesies dalam suatu komunitas akan menentukan struktur komunitas tersebut.

- c. Stratifikasi adalah distribusi tumbuhan dalam ruang vertical. Semua spesies tumbuhan dalam satu komunitas memiliki ukuran yang berbeda, serta menempati ruang yang berbeda secara vertical.
- d. Kelimpahan adalah parameter kualitatif yang menggambarkan distribusi relative spesies organisme pada suatu komunitas. Secara kualitatif kelimpahan dapat dikategorikan menjadi: sangat jarang, jarang (kadang-kadang), sering, banyak atau berlimpah dan sangat banyak (berlimpah).
- e. Penyebaran merupakan parameter kualitatif yang mencerminkan keberadaan organisme pada secara horizontal seperti random, seragam dan berkelompok.
- f. Daya hidup atau vitalitas merupakan tingkat kemampuan tumbuhan untuk hidup, tumbuh normal dan bereproduksi. Daya hidup akan menentukan kemampuan suatu organisme memelihara kedudukannya dalam suatu komunitas.
- g. Bentuk pertumbuhan merupakan pengelompokan tumbuhan berdasarkan pada bentuk pertumbuhan, habitat atau karakteristik lainnya. Misalnya pohon, semak, perdu, herba atau liana.

## 2. Struktur Quantitatif

Hidup berdampingan dan berkompetisi dipengaruhi secara langsung oleh jumlah individu dalam komunitas. Oleh karena itu penting untuk mengetahui struktur kuantitatif suatu komunitas. Untuk mencirikan suatu komunitas secara keseluruhan konstanta numeric atau parameter perlu digunakan. Jumlah individu tiap spesies, nilai rata-rata individu suatu spesies per plot merupakan contoh parameter. Adapun karakter kualitatif dalam sebuah komunitas tumbuhan dijabarkan sebagai berikut :

### a. Kerapatan (Densitas)

Kekuatan numeric suatu spesies dalam kaitannya dengan satuan ruang disebut kerapatan. Kerapatan kasar mengacu pada jumlah individu dari spesies tertentu per satuan luas tertentu. Setiap organisme hanya menempati area yang dapat memenuhi persyaratan secara memadai. Jadi kerapatan suatu organisme mengacu pada area yang tersedia sebagai ruang hidup. Ini kemudian akan menjadi kerapatan ekologis.

### b. Frekuensi

Di dalam komunitas, individu suatu spesies seringkali tidak terdistribusi secara merata. Beberapa individu spesies tersebar secara luas sementara spesies lainnya ditemukan dalam kumpulan atau mengelompok. Frekuensi mengacu pada derajat penyebaran dalam hal persentase kejadian. Untuk mempelajari frekuensi spesies disuatu daerah, daerah studi diambil sampelnya

dengan metode pengambilan sampel di beberapa tempat dengan pola yang diinginkan atau secara acak.

c. Kelimpahan

Perkiraan jumlah individu spesies per unit luas disebut kelimpahan. Untuk menentukan kelimpahan, pengambilan sampel dilakukan dengan kuadrat atau metode lain pada banyak tempat dan jumlah individu suatu spesies ditambahkan pada semua kuadrat yang dipelajari. Kelimpahan ditentukan menggunakan rumus berikut:

Kelimpahan sebenarnya mengacu pada kepadatan populasi dikuadrat tersebut dimana spesies tertentu ditemukan. Dalam bentuk vegetasi tingkat rendah seperti padang rumput, kelimpahan dapat dicatat dengan mencabut tanaman.

d. Cover (kelindungan)

Penutup mengisyaratkan daerah yang ditutupi atau ditempati oleh daun, batang dan bunga. Cakupan yang dipelajari pada tingkat canopy atau daerah basal. Di hutan, dimana beberapa strata ditandai dengan baik, setiap lapisan vegetasi dipertimbangkan secara terpisah untuk mengukur ketertutupan. Penutupan basal paling baik dinyatakan sebagai area basal sebenarnya merupakan area tanah yang ditutupi oleh tajuk atau batang yang menembus tanah. Di hutan areal basal bagian pohon diukur pada 4.5 kaki diatas permukaan tanah. Ini diperkirakan menggunakan metode titik sampling (metode kuarter).

e. Perkiraan total

Meskipun kelimpahan dan kecakupan/penutupan memiliki tingkat kepentingan tersendiri dalam struktur komunitas, namun keduanya dapat digabungkan dalam deskripsi komunitas sebagai perkiraan total. Ini mungkin metode terbaik untuk mendapatkan gambaran umum dan lengkap tentang komunitas tumbuhan.

f. Indeks asosiasi dan indeks kesamaan.

Asosiasi interspesifik dapat dievaluasi menggunakan indeks asosiasi dan juga dapat dihitung dengan indeks kesamaan. Indeks kesamaan digunakan untuk membandingkan dua kelompok yang hidup berdampingan.

g. Indeks Nilai Penting

Gambaran keseluruhan dari kepentingan ekologi suatu spesies dalam hubungannya dengan struktur komunitas dapat diperoleh dengan menjumlahkan nilai kepadatan relative, dominansi relative, dan frekuensi relative. Nilai total ini disebut dengan indeks nilai penting spesies.

Adapun menurut Fachrul (2007) dan Jayadi (2015) parameter kuantitatif dalam analisis komunitas adalah sebagai berikut :

a. Densitas (kerapatan)

Nilai densitas diperoleh dengan menghitung jumlah individu persatuan luas atau per unit volume atau

merupakan jumlah individu organisme persatuan ruang. Untuk kepentingan analisis komunitas tumbuhan kerapatan disimbolkan dengan huruf K. Dengan demikian densitas spesies *ke-i* dapat dihitung sebagai *K-i* dan densitas relative setiap spesies *ke-i* terhadap kerapatan total dapat dihitung sebagai *KR-I*:

*K-i* : Jumlah individu suatu jenis (i)/Luas seluruh petak contoh.

*KR-I* : Kerapatan mutlak jenis(i)/Kerapatan total seluruh jenis X 100%

b. Frekuensi

Frekuensi digunakan untuk menyatakan proporsi jumlah sampel yang berisi satu spesies tertentu terhadap jumlah total sampel. Frekuensi spesies tumbuhan merupakan nilai dari jumlah petak contoh ditemukannya suatu spesies tertentu dari sejumlah petak contoh yang dibuat. Frekuensi merupakan besarnya intesites ditemukannya spesies dalam komunitas atau ekosistem. Frekuensi spesies disimbolkan dengan huruf F, frekuensi spesies *ke-i* (*F-i*) dan frekuensi relative spesies *ke-i* (*RF-i*) dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut:

*F-i* : Jumlah satuan petak yang ditempati oleh spesies A (i)/jumlah seluruh petak contoh.

*FR-I* : Frekuensi jenis (i)/jumlah frekuensi seluruh jenis X 100%



c. Dominansi

Dominansi menyatakan suatu jenis tumbuhan utama yang memengaruhi dan mengontrol komunitas. Dapat dilihat dari banyaknya jumlah jenis, besarnya ukuran maupun pertumbuhan yang dominan. Parameter vegetasi dominan dapat diketahui dengan kerimbunan. Dominansi disimbolkan dengan huruf D. Dengan demikian dominansi spesies *ke-i* dapat dihitung sebagai *D-i* dan dominansi relative setiap spesies *ke-i* terhadap densitas total dapat dihitung sebagai *DR-I*:

$D-i$  : Jumlah kerimbunan individu suatu jenis (i)/jumlah total luas yang dibuat untuk penarikan contoh.

$DR-i$  : Kerimbunan Jenis/Kerimbunan seluruh jenis X100%

d. Cover (Kelindungan)

Proporsi permukaan tanah yang ditutupi oleh proyeksi tajuk tumbuhan. Oleh karena itu, kelindungan selalu dinyatakan dalam satuan persen. Misalnya, jenis *Rhizophora apiculata* (bakau) mempunyai proyeksi tajuk seluas 10 m<sup>2</sup> dalam suatu petak contoh seluas 100 m<sup>2</sup>, maka kelindungan jenis bakau tersebut adalah  $10/100 \times 100\% = 10\%$ .

e. Indeks Nilai Penting

Indeks nilai penting atau important value indeks merupakan indek yang menggambarkan peran

pentingnya suatu vegetasi dalam sebuah ekosistem. apabila INP suatu jenis vegetasi tumbuhan bernilai tinggi, maka jenis itu sangat berpengaruh terhadap kestabilan ekosistem tersebut. Indeks nilai penting juga dapat digunakan untuk mengetahui dominansi jenis tumbuhan terhadap tumbuhan lainnya. dalam suatu komunitas yang bersifat heterogen data parameter kuantitatif seperti kerapatan, dominansi dan frekuensi dihitung sendiri-sendiri sehingga tidak dapat memberikan gambaran secara menyeluruh, maka untuk menentukan nilai penting yang berkaitan dengan struktur komunitasnya dapat dihitung dengan menghitung indeks nilai pentingnya. Indeks nilai penting diperoleh dengan menjumlahkan seluruh nilai kerapatan relative (KR), Frekuensi relative (FR) dan Dominansi Relatif (DR)

$$INP = KR + FR + DR$$

Indeks Nilai Penting untuk jenis tumbuhan bawah (*under stories*), semai (*seedling*) dan pancang (*sapling*) dihitung dari nilai kerapatan relative (KR) dan frekuensi relative (FR).

$$INP = KR + FR$$

- f. Perbandingan Nilai Penting (*Summed Dominance Ratio*)

Perbandingan nilai penting atau *Summed Dominance Ratio* (SDR) merupakan parameter yang erat kaitannya dengan indeks nilai penting. SDR dapat dipakai untuk menentukan dominansi spesies dalam

suatu komunitas tumbuhan. *Summed Dominance Ratio* menjadi parameter sederhana karena besaran tersebut diperoleh dengan cara membagi indeks nilai penting dengan jumlah nilai parameter penyusunnya (Indianto, 2006).

1) Untuk tiang (*pole*) dan pohon (*tree*)

$$\text{SDR} = \text{KR} + \text{FR} + \text{DR} / 3$$

2) Untuk tumbuhan bawah (*under stories*), semai (*seedling*) dan pancang (*sapling*)

$$\text{SDR} = \text{KR} + \text{FR}$$

g. Indeks Keranekaragaman (*Index of Diversity*)

Keragaman spesies merupakan ciri tingkatan komunitas berdasarkan organisasi biologinya. Keragaman spesies dapat digunakan untuk menyatakan stuktur komunitas. Keragaman spesies yang tinggi ditunjukkan dengan kompleksitas yang tinggi karena adanya interaksi antar spesies yang tinggi dalam komunitas tersebut. Suatu komunitas dinyatakan memiliki keragaman yang tinggi jika komunitas tersebut disusun oleh banyak spesies. Sebaliknya suatu komunitas dinyatakan memiliki keanekaragaman yang rendah jika komunitas tersebut hanya disusun oleh sedikit spesies dan hanya memiliki sedikit spesies dominan.

Untuk menyatakan keanekaragaman spesies indeks yang biasa digunakan adalah indeks Shanon-Wiener atau Shanon Index of General Diversity ( $H'$ ).

Rumus indeks keanekaragaman Shanon-Wiener adalah:

$$H' = -\sum \{ni/N \log (ni/N)\}$$

Besaran indeks keaneragaman jenis menurut Shanon-Wiener didefinisikan sebagai berikut :

- 1) Nilai  $H' > 3$  menunjukkan nilai keaneragaman spesies pada suatu transek tinggi/melimpah.
- 2) Nilai  $H' 1 < H < 3$  menunjukkan nilai keaneragaman spesies pada suatu transek sedang.
- 3) Nilai  $H' < 1$  menunjukkan nilai keaneragaman spesies pada suatu spesies rendah.

### **C. Pola dan Gradasi dalam Komunitas Tumbuhan**

Komunitas berperan penting dalam menjaga keseimbangan ekosistem. Komunitas tersusun dari beberapa populasi yang menempati habitat fisik tertentu dan merupakan suatu unit organisasi yang memiliki karakteristik tertentu. Komponen karakteristik penyusun populasinya berfungsi sebagai suatu unit melalui berbagai transformasi metabolic. Ukuran serta komposisi spesies pada suatu komunitas umumnya berbeda-beda. Komunitas tidak hanya memiliki sutau kesatuan fungsional tertentu dengan struktur trofik dan arus energy yang khas, meleinkan juga merupakan suatu kesatuan yang didalamnya terdapat peluang berbagai jenis tertentu dapat hidup berdampingan. Populasi yang dominan pada suatu komunitas biasanya merupakan populasi yang dapat mengendalikan sebagaian besar arus energi dan kuat

sekali memengaruhi lingkungan pada semua jenis yang ditemukan pada komunitas yang sama. Karakter umum dari suatu komunitas biasanya ditentukan oleh spesies yang dominan pada komunitas tersebut. Keaneragaman spesies merupakan factor penting dari suatu komunitas selain dominasi. Keaneragaman komunitas ditentukan pula oleh pola komunitas yang merupakan pola penyebaran atau stratifikasi dari spesies yang hidup pada komunitas tersebut.

### **1. Cara Penamaan Pola Komunitas**

Cara yang paling baik untuk menamakan komunitas itu adalah dengan mengambil beberapa sifat yang jelas dan mantap, baik hidup maupun tidak.

- a. Bentuk atau struktur utama, seperti jenis dominan. Bentuk hidup atau indikator lainnya seperti hutan pinus, hutan aghatis, dan hutan jati. Dapat juga berdasarkan sifat tumbuhan dominan seperti hutan sklerofil.
- b. Berdasarkan habitat fisik dari komunitas seperti komunitas hamparan lumpur, komunitas pantai pasir, dan komunitas lautan.
- c. Berdasarkan sifat-sifat atau tanda-tanda fungsional misalnya tipe metabolisme komunitas.
- d. Berdasarkan sifat lingkungan alam seperti iklim, misalnya terdapat di daerah tropik dengan curah hujan yang terbagi rata sepanjang tahun, maka disebut hutan hujan tropik.

## 2. Faktor Penyebab Keaneragaman Pola dalam Komunitas

Pola merupakan struktur yang diakibatkan oleh penyebaran organisme di alam dan interaksinya dengan lingkungannya. Beberapa macam pola diversitas dalam komunitas yaitu:

- a. Pola stratifikasi (lapisan tegak/vertikal)
- b. Pola-pola zonasi (pemisahan horizontal)
- c. Pola-pola kegiatan (periodesitas)
- d. Pola jala makanan (organisasi jaringan kerja di dalam rantai pangan/*food web*)
- e. Pola reproduktif
- f. Pola-pola social (kelompok-kelompok dan kawan-an)
- g. Pola-pola ko-aktif (diakibatkan oleh persaingan atau kompetisi antibiosis, mutualisme dsb) dan
- h. Pola scholastic

Contoh pola dalam komunitas, yaitu:

- a. Pola stratifikasi

Ditemukannya dua lapisan pada dasar hutan yang terdiri dari lapisan autotroph dan heterotroph. Misalnya pada lapisan vegetasi terdiri dari lapisan semak, pohon tajuk bawah dan tajuk atas. Pada lapisan hewan: ditemukan pada distribusi serangga dan burung.

b. Pola Aktivitas (Periodesitas)

Kebanyakan populasi dalam komunitas menunjukkan periodesitas yang berhubungan dengan adanya perubahan yang terjadi dalam kurun waktu 24 jam.

Beberapa istilah yang berhubungan dengan periodesitas ini antara lain:

- 1) Periodesitas harian (*Diel periodicity*) merupakan kejadian yang berulang dalam kurun waktu 24 jam atau kurang.
- 2) *Circadian Rhythm* (Irama sirkadian =kira-kira satu hari) merupakan periodesitas tetap yang diatur oleh jam biologi yang terkait dengan pola daur siang dan malam. Misalnya organisme diurnal akan aktif pada siang hari, organisme nocturnal aktif pada malam hari dan organisme crepuscular aktif pada waktu remang-remang.

Disamping pola periodesitas yang umum dikenal diatas dikenal pula periodesitas musiman yang daurnya terjadi selama satu tahun. Pada daerah dengan iklim sedang, temperature bersama dengan panjang siang hari berpengaruh terhadap waktu berbunga dan migrasi burung. Secara umum masyarakat awam mengenal empat musim yaitu musim semi (spring), panas (summer), dingin (winter) dan musim gugur (autum). Tetapi para ahli ekologi membagi musim menjadi 6 yaitu : 1. Hiberna (musim dingin); 2. Prevernal (permulaan musim semi); 3. Vernal (akhir musim semi); 4. Aestival (permulaan musim panas); 5. Serotinal (akhir musim panas); 6. Autumnal (Musim gugur).

### 3. Pola Penyebaran Populasi sebagai Suatu Kesatuan dalam Komunitas

Penyebaran adalah pola tata ruang populasi yang satu relative terhadap yang lain dalam suatu komunitas. Penyebaran atau distribusi populasi dalam suatu komunitas bisa bermacam-macam pada umumnya menunjukkan tiga pola penyebaran yaitu: penyebaran secara teratur, penyebaran secara acak, penyebaran secara rata dan penyebaran secara berkelompok.

- a. Penyebaran secara teratur (*regular dispersion*) dengan populasi berjarang kurang lebih sama satu dengan yang lain, jarang terdapat di alam dan umumnya di dalam suatu ekosistem yang dikelola dan disini tanaman atau pohon ditanam memang sengaja ditanam seperti itu yaitu dengan jarak yang sama untuk menghasilkan produksi yang optimal.
- b. Penyebaran acak (*random dispersion*) juga sangat jarang terjadi di alam. Penyebaran seperti ini biasanya terjadi bila faktor lingkungan sangat seragam untuk seluruh daerah dimana populasi tersebut berada.
- c. Penyebaran secara merata umum terjadi pada tumbuhan. Penyebaran ini terjadi apabila ada persaingan yang kuat pada tumbuhan misalnya untuk mendapatkan nutrisi atau ruang.
- d. Penyebaran secara berkelompok (*clumped dispersion*) dengan individu-individu yang bergerombol dalam kelompok-kelompok adalah yang paling umum terjadi di alam. Pola penyebaran ini terutama ditemukan pada hewan.



#### **D. Konsep Mengamati Pola Komunitas**

Whittaker (1970) mengemukakan bahwa ada tiga konsep yang dapat diterapkan dalam mengamati pola komunitas yaitu:

- a. Gradasi Komunitas (*Community gradient, coenocline*) yaitu konsep yang dinyatakan dalam bentuk populasi.
- b. Gradasi Lingkungan (*Environmental gradient*) menyangkut sejumlah factor-faktor lingkungan yang mengalami perubahan secara bersama-sama. Misalnya saja dalam gradasi elevasi (*elevation gradient*) termasuk factor penurunan suhu rata-rata, peningkatan curah hujan, peningkatan kecepatan angin dan lain sebagainya. Factor-faktor ini secara menyeluruh mempengaruhi kehidupan tumbuhan maupun hewan dan sulit untuk menentukan factor mana yang paling berperan penting pada suatu populasi. Factor-faktor lingkungan ini berubah secara bersama-sama sepanjang perubahan tersebut terjadi maka terjadi pula perubahan dalam komunitas dan tentunya juga berpengaruh pada populasi yang berada di dalam komunitas tersebut kejadian ini dinamakan kompleks gradasi (*ecocline gradient*).
- c. Gradasi ekosistem (*Ecocline*) merupakan kompleks gradasi dan gradasi komunitas yang membentuk suatu kesatuan dengan membentuk gradasi komunitas dan gradasi lingkungan. Penelitian komunitas dengan menggabungkan tiga komunitas yaitu gradasi factor lingkungan, populasi jenis dan karakteristik

komunitas disebut analisis gradasi (*gradient analysis*). Dengan analisis gradasi ini faktor-faktor lingkungan dijadikan sebagai dasar dalam mencari hubungan yang erat antara variasi lingkungan dengan variasi populasi jenis dan komunitas. Sebaliknya juga, variasi populasi jenis dan komunitas dapat dipakai sebagai dasar dalam penelitian komunitas ini dan kemudian gradasi komunitas ini dapat dikorelasikan dengan faktor-faktor lingkungan yang mungkin juga membentuk suatu gradasi.

Cara terakhir disebut ordinasasi (*ordination*) yang merupakan pengaturan komunitas –komunitas menurut variasi komposisinya dalam satu deretan. Sering pula cara analisis ini disebut analisis gradasi tidak langsung). Dengan pendekatan klasifikasi ini suatu pengenalan tipe komunitas dibuat dan kemudian komunitas akan dikarakterisasi berdasarkan factor lingkungannya, komposisi jenis, atau dengan karakteristik komunitas lainnya.

### **E. Tipe-Tipe Komunitas Tumbuhan**

Seorang peneliti biologi alam C. Hart Merriem pada tahun 1889 mengemukakan sebuah model persebaran di gunung San Fransisco dari kaki hingga puncaknya berdasarkan pada variasi ketinggiannya. Model tersebut ternyata sejalan dengan pola persebaran tumbuhan dari garis ekuator hingga ke arah utara ataupun selatan. Merriem berkesimpulan bahwa tipe tumbuhan disuatu daerah banyak dipengaruhi oleh temperature. Karena temperatur berubah sesuai dengan ketinggian

sebagaimana pula garis lintang (latitude) selatan dan utara. Selanjutnya ternyata penelitian lain membuktikan bahwa faktor kelembaban lebih berpengaruh besar dibandingkan faktor temperature. Selain kedua factor tersebut curah hujan juga merupakan faktor yang sangat berpengaruh terhadap tipe tumbuhan. Curah hujan tinggi sangat dibutuhkan oleh tumbuhan berukuran besar. Sebaliknya pada daerah dengan curah hujan rendah tipe tumbuhannya akan didominasi oleh tumbuhan kecil, belukar, padang rumput hingga kaktus atau tanaman padang pasir lainnya.

Komunitas tumbuhan di dunia dapat dibagi menjadi empat tipe yaitu hutan, padang rumput dan gurun dan tundra. Pembagian ini didasarkan pada perubahan naik garis lintang (yang berarti terjadi penurunan temperature). Macam tumbuhan tersebar sepanjang perubahan kekeringan atau penurunan kelembaban. Berikut akan diuraikan ketiga tipe komunitas tersebut.

## **1. Hutan**

### **a. Hutan Hujan basah**

Di daerah hutan basah tropika terdiri dari berbagai macam spesies, yang mungkin berbeda dengan yang lain. Namun, hutan-hutan basah tropis ini memiliki kesamaan yaitu sepanjang tahun hutan basah mendapatkan air yang cukup dan keadaan alamnya mendukung terjadinya pertumbuhan yang lama sehingga menyebabkan komunitas hutan tersebut menjadi kompleks. Misalnya terdapat didaerah

tropika dan subtropika yang ada di Indonesia, daerah Australia bagian utara, Papua (Irian Jaya) bagian timur, Afrika Tengah dan Amerika Tengah. Tumbuhan khas di daerah ini adalah liana dan epifit.

b. Hutan Musim Tropika

Hutan musim tropika merupakan hutan yang berada pada daerah tropis yang memiliki iklim basah tetapi kemarau yang jadi juga cukup panjang. Kemarau yang panjang dicirikan dengan pohon-pohon yang merontokkan daunnya. Hal tersebut sebagai bentuk adaptasi untuk mengurangi tingkat penguapan yang terjadi. Hutan musim tropika ini banyak dijumpai di India, Pakistan, dan Bangladesh.

c. Hutan Gugur

Hutan hujan gugur atau disebut juga deciduous forest banyak ditemukan pada wilayah negara yang mengalami empat musim seperti Amerika Utara, Eropa, Jepang dan sebagian Australia. Namun yang paling khas adanya hutan gugur, yang disebabkan oleh hal-hal berikut:

- 1) Curah hujan antara 750-1000 mm/pertahun terjadi merata sepanjang tahun, serta adanya musim dingin dan panas. Dengan adanya musim dingin dan panas tumbuhan akan melakukan penyesuaian dengan menggurkan daunnya menjelang datangnya musim dingin.

- 2) Musim yang mendahului musim dingin disebut musim gugur. Tumbuhan menahun pertumbuhannya akan terhenti sejak musim gugur hingga musim semi. Sedangkan tumbuhan semusim akan mati pada musim dingin, yang tertinggal hanya bijinya. Tumbuhan yang tahan terhadap dingin akan berkecambah menjelang musim panas.
  - 3) Jenis pohon yang banyak ditemukan pada hutan gugur antara lain maple, oak, beech dan elm.
- d. Hutan Hujan iklim sedang (*Temperate Rainforest*)
- Hutan hujan iklim sedang merupakan hutan dengan ciri memiliki pepohonan dengan ukuran tinggi. Jenis tumbuhan pada hutan ini lebih sedikit jika dibandingkan jenis pada hutan hujan tropis. Hutan ini di Australia disebut hutan *Eucalyptus* sedangkan di Amerika disebut *wood forest*.
- e. Hutan Taiga
- Hutan taiga adalah hutan yang didominasi oleh tumbuhan yang memiliki bentuk seperti jarum. Jenis pohon-pohon yang ditemukan pada hutan taiga misalnya konifera, terutama pohon spruce (*picea*), alder (*alnus*), birch (betula) dan juniper (*juniperus*). Daerah taiga merupakan bioma yang hanya terdiri dari satu spesies pohon. Hutan taiga kebanyakan dapat dijumpai pada daerah belahan bumi bagian utara (Siberia Utara, Rusia, Kanada Tengah dan Utara).

Perbedaan antara musim dingin dan musim panas sangat tinggi.

## 2. Padang Rumput

Padang rumput dapat ditemui tumbuh di daerah tropis sampai subtropis, seperti Australia, Amerika Serikat, Amerika Utara, Asia, dan Rusia bagian selatan. Curah hujan di daerah ini pada umumnya 250 mm-750 mm/tahun. Tetapi ada juga daerah padang rumput yang curah hujannya mencapai 1000 mm/tahun tetapi hujan turun tidak teratur. Jenis tumbuhan yang hidup di padang rumput adalah rumput-rumputan yang telah teradaptasi dengan kondisi lingkungan yang mempunyai porositas dan drainase rendah. Jenis rumput yang tumbuh adalah rumput kerbau (*buffalo grasses*) dan rumput indian (*indian grasses*) sehingga daerahnya cocok untuk peternakan.

Padang rumput dibedakan menjadi dua jenis yaitu

- a. Stepa adalah padang rumput yang kering dan tidak di tumbuh oleh semak-semak.
- b. Sabana adalah padang rumput yang kering dan ditumbuhi semak-semak. Sabana terdapat di suatu daerah peralihan antara padang rumput dan hutan. Sabana terjadi bukan karena faktor iklim, namun akibat faktor tanah ataupun kebakaran hutan yang jadi secara berulang-ulang. Saban di Indonesia terdapat di Nusa Tenggara Timur dan Papua bagian tenggara.

## 3. Gurun

Daerah gurun banyak terdapat di daerah tropis yang berbatasan dengan daerah padang rumput. Keadaan alam dari

padang rumput kea rah gurun biasanya semakin jauh semakin gersang. Curah hujan di daerah gurun sekitar 250 mm/tahun atau kurang. Hujan turun tidak teratur dan hujan lebat jarang terjadi. Pancaran matahari sangat terik dan terjadi penguapan yang tinggi sehingga suhu sangat panas disiang hari. Suhu dapat mencapai lebih dari 40°C pada musim panas. Perbedaan suhu antara siang dan malam (amplitude harian) sangat besar.

Tumbuhan yang dapat beradaptasi terhadap air dan penguapan yang sangat cepat adalah karakter tumbuhan yang dapat hidup menahun didaerah gurun. Tumbuhan yang hidup digurun umumnya memiliki daun kecil seperti duri atau tidak berduri. Tumbuhan tersebut dapat mengambil air di daerah yang dalam karena memiliki akar yang panjang dan dapat menyimpan air tersebut dalam jaringan sponsnya.

#### **4. Tundra**

Tundra merupakan padang lumut yang terdapat di daerah kutub sehingga iklimnya pun iklim kutub. Musim dinginnya sangat panjang, yaitu selama sembilan bulan dan musim panasnya selama tiga bulan. Pada musim panas tumbuhan lumut sphagnum dan lichenes tumbuh subur menutupi seluruh permukaan tanah. Selama musim panas yang pendek ini, tumbuh biji salix juga tumbuh. Daerah tundra umumnya ditemukan di daerah belahan bumi utara dan kebanyakan terletak didaerah kutub utara. Daerah ini memiliki musim dingin yang panjang serta gelap dan musim panas yang terjadi terus menerus. Daerah tundra di kutub dapat mengalami gelap sampai berbulan-bulan, karena matahari hanya mencapai

23 1/2o LU/LS. Didaerah tundra tidak ditemukan adanya pepohonan yang tinggi.



## BAB VII EKOSISTEM MAKHLUK HIDUP

### A. Pengertian Ekosistem

Dalam suatu lingkungan atau kawasan, misalnya sawah, hutan, danau, dan lainnya akan terjadi interaksi antara makhluk hidup dengan lingkungannya. Tumbuhan membutuhkan cahaya matahari, air, dan unsur hara di dalam tanah. Tumbuhan tersebut kemudian menjadi sumber makanan bagi hewan pemakan tumbuhan atau konsumen I, hewan pemakan tumbuhan selanjutnya menjadi sumber makanan bagi hewan pemakan daging atau konsumen II, dan seterusnya. Peristiwa tersebut merupakan suatu sistem ekologi yang terbentuk oleh hubungan timbal balik antara makhluk hidup dengan lingkungannya atau yang sering dikenal sebagai suatu **ekosistem**. Ekosistem diartikan sebagai suatu sistem ekologi yang terbentuk dari proses reaksi timbal balik antar makhluk hidup dengan lingkungannya, sehingga memungkinkan terjadinya suatu perpindahan dan pertukaran bahan-bahan antar makhluk hidup dan lingkungannya.

Kata Ekologi sendiri berasal dari bahasa Yunani, yaitu *oikos* dan *logos*. *Oikos* berarti rumah atau tempat tinggal, sedangkan *logos* artinya ilmu. Jadi semula ekologi berarti ilmu yang mempelajari organisme di tempat tinggalnya. Namun saat ini ekologi diartikan sebagai ilmu yang mempelajari dan mengkaji hubungan timbal balik antara organisme dengan

tempat hidupnya (habitat). Ekologi akan mengkaji segala interaksi yang terjadi pada tingkatan organisme atau individu sampai pada tingkat biosfer, secara ringkas ruang lingkup ekologi dalam suatu organisasi kehidupan digambarkan pada Gambar 7.1

Makromolekul → Protoplasma → Sel → Jaringan → Organ → Sistem organ → **Organisme** → **Populasi** → **Komunitas** → **Ekosistem** → **Biosfer**

Gambar 7.1 Ruang Lingkup Ekologi dalam Organisasi Kehidupan

1. Protoplasma adalah zat hidup dalam sel yang terdiri dari senyawa organik kompleks lemak, protein, dan glukosa
2. Sel adalah satuan dasar suatu organisme yang terdiri atas protoplasma, inti, dan membran.
3. Jaringan adalah kumpulan sel yang memiliki bentuk dan fungsi yang sama misalnya jaringan syaraf, jaringan otot
4. Organ adalah Kumpulan beberapa organ berbeda yang menjalankan fungsi sama, misalnya akar, batang, buah pada tumbuhan
5. Sistem organ adalah Kumpulan berbagai organ yang bekerja sama untuk fungsi hidup tertentu disebut sistem organ, misalnya sistem pencernaan, sistem reproduksi pada manusia dan sistem transportasi pada tumbuhan
6. Organisme merupakan hubungan antar sistem organ yang bekerja sama untuk menjalankan fungsinya, organisme di sebut juga individu, misalnya seekor kambing, seekor sapi, dan lain-lain

7. Populasi adalah Kumpulan individu sejenis yang menempati habitat dalam waktu tertentu.
8. Komunitas adalah Kumpulan populasi yang berinteraksi dan menempati ruang lingkungan dalam waktu yang sama
9. Ekosistem adalah tingkatan organisasi kehidupan yang mencakup organisme dan lingkungan tak hidup, dimana kedua komponen tersebut saling mempengaruhi dan berinteraksi.
10. Biosfer adalah tingkatan organisasi paling tinggi yang mencakup seluruh kehidupan di bumi.

## **B. Komponen-Komponen dalam Ekosistem**

Ekosistem terdiri atas dua komponen utama, yaitu komponen biotik dan komponen abiotik.

### **1. Komponen Abiotik**

Komponen abiotik merupakan bagian tidak hidup dalam suatu ekosistem, yang meliputi tanah, udara, suhu, angin, curah hujan, dan lain-lain. Materi dan energi yang terdapat dalam komponen abiotik mendukung dan akan mempengaruhi kehidupan komponen biotik di suatu lingkungan tertentu. Komponen abiotik dalam suatu ekosistem memiliki peranan sebagai a) faktor pembatas yang membatasi kehidupan organisme, contohnya jumlah kadar air sebagai faktor pembatas yang menentukan jenis organisme yang hidup di padang pasir; b) kemampuan organisme untuk hidup dan berkembangbiak bergantung pada beberapa fisik dan kimia di lingkungannya.

## 2. Komponen Biotik

Komponen biotik meliputi seluruh komunitas makhluk hidup, setiap makhluk hidup akan menempati suatu tempat yang spesifik, yang disebut sebagai suatu habitat. Komponen biotik dalam suatu ekosistem ada yang bersifat **autotropik** dan **heterotropik**. Komponen autotropik adalah organisme yang mampu menghasilkan makanan (energi) dari bahan-bahan anorganik melalui proses fotosintesis atau kemosintesis, contohnya tanaman hijau, alga, dan bakteri. Komponen heterotrof adalah organisme yang menggunakan, mengubah, atau memecah bahan organik kompleks yang telah ada yang dihasilkan oleh organisme autotrof. Bahan anorganik meliputi komponen C, N, CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O yang akan di sintesis menjadi bahan organik. Bahan organik yang dihasilkan oleh organisme autotropik meliputi karbohidrat, lemak, protein, dan bahan humus lainnya.

Setiap makhluk hidup memiliki peran tertentu dalam suatu habitatnya. Peran makhluk hidup dalam suatu habitatnya disebut **relung ekologi (nisia)**. Berdasarkan peran makhluk hidup dalam habitatnya, komponen biotik dapat dibagi menjadi 1) Produsen, merupakan organisme autotrof yang mampu membuat makanan sendiri dari zat-zat anorganik misalnya melalui proses fotosintesis pada tumbuhan berklorofil dan bakteri melalui proses kemosintesis. 2) Konsumen, merupakan organisme heterotrof, yang cara hidupnya bergantung dengan organisme lain, organisme ini akan memakan materi organik yang dibuat oleh produsen. Pada konsumen terdapat beberapa tingkatan lagi, hewan yang memakan organisme produsen

disebut dengan **konsumen primer**, terdiri dari hewan herbivora dan dalam struktur tropik menduduki tingkat trofik kedua. Konsumen yang memakan herbivora disebut sebagai **konsumen sekunder** yang terdiri dari hewan-hewan karnivora atau omnivora. Konsumen sekunder ini berada pada tingkat trofik ketiga. Hubungan antarkomponen biotik dalam ekosistem biasanya membuat keterkaitan dalam suatu rantai makanan. Beberapa rantai makan ini akan saling berhubungan membentuk jaring-jaring makanan atau jaring-jaring kehidupan.

3) Dekomposer, merupakan mikrokonsumen yang terdiri dari organisme heterotrof, saprotrof, dan osmotrof terutama bakteri dan fungi. Organisme ini akan memecah materi organik dari sisa-sisa makhluk hidup yang telah mati menjadi bahan anorganik. Bahan organik ini tersimpan dalam tanah dan akan dimanfaatkan oleh tumbuhan sebagai bahan makanannya. Contoh organisme yang termasuk dekomposer adalah bakteri, jamur, dan cacing.

Pada suatu ekosistem akan terjadi interkasi antar komponen abiotik dan biotik, interaksi ini terjadi dalam beberapa bentuk antara lain 1) interaksi antar individu membentuk populasi, terbentuk dari sekumpulan makhluk hidup dari spesies yang sama dan hidup pada suatu waktu dan tempat tertentu dan saling berinteraksi, contohnya sekumpulan itik, sekumpulan rumput; 2) interaksi dalam sebuah komunitas, merupakan interaksi atau hubungan beberapa makhluk hidup dalam sebuah komunitas, bentuk kemungkinan interaksi yang terjadi antar komunitas dapat dilihat pada Tabel 7.1. Interaksi dalam sebuah

komunitas dapat membentuk sebuah simbiosis, *simbiosis* merupakan hubungan dekat antara dua spesies makhluk hidup berbeda dalam sebuah habitat yang sama. Interaksi simbiosis berupa komensalisme, mutualisme, dan parasitisme.

3) interaksi antara komunitas dengan komponen abiotik, interaksi antar komponen biotik dan komponen abiotik akan membentuk sebuah sistem ekosistem. Interaksi yang terjadi bisa berupa proses makan dan dimakan sehingga terjadi daur dan pemanfaatan energi; 4) interaksi antar ekosistem membentuk biosfer, di permukaan bumi terdapat berbagai macam ekosistem yang saling berinteraksi; 5) Interaksi antar komponen abiotik, dalam suatu ekosistem antar komponen abiotik juga saling berinteraksi, contohnya pada proses pelapukan batuan dipengaruhi oleh cuaca dan iklim, sedangkan cuaca dan iklim sendiri juga akan mempengaruhi keberadaan air.

### C. Pola Makanan Dalam Ekosistem

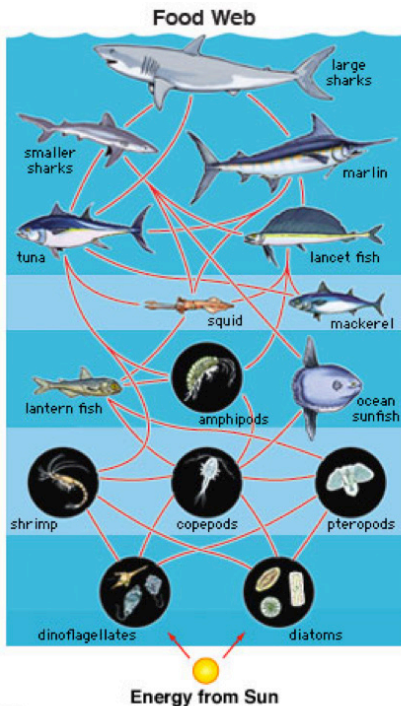
Setiap makhluk hidup memerlukan energi untuk tumbuh, bereproduksi, dan bergerak. Untuk pemenuhan energi akan terjadi sebuah aliran energi/materi, dalam proses aliran energi ini terdapat proses tranfer energi makanan dari tumbuhan ke beberapa organisme melalui proses makan dan dimakan secara berurutan yang disebut dengan **rantai makanan**. Pada suatu rantai makanan, setiap makhluk hidup memiliki peran masing-masing, ada yang berperan sebagai produsen, konsumen, dan pengurai atau dekomposer.

Tabel 7.1 Pola Interaksi dalam Sebuah Komunitas

<b>Macam interaksi</b>	<b>Pengertian</b>	<b>Contoh</b>
Mutualisme	Hubungan antar 2 organisme yang berbeda spesies, dan saling menguntungkan	Bakteri <i>Rhizobium</i> yang hidup pada bintil akar kacang-kacangan
Komensalisme	Hubungan antar 2 organisme berbeda spesies, yang salah satu spesies diuntungkan dan spesies lainnya tidak dirugikan	Tumbuhan epifit yang hidup menempel pada batang atau cabang pohon
Parasitisme	Hubungan antar 2 organisme berbeda spesies, yang salah satu spesies merugikan spesies lainnya	Benalu dengan pohon, jamur dengan inang yang ditemplei
Predasi	Hubungan antara pemangsa dan mangsa	Ular dengan tikus
Kompetisi	Interaksi antar organisme, yang mana antar organisme saling berkompetisi/berebut makanan, tempat berlindung, sumber air, dan pasangan kawinnya	Kompetisi intraspesifik (kompetisi pada spesies yang sama) dan kompetisi interspesifik (kompetisi pada spesies yang berbeda)

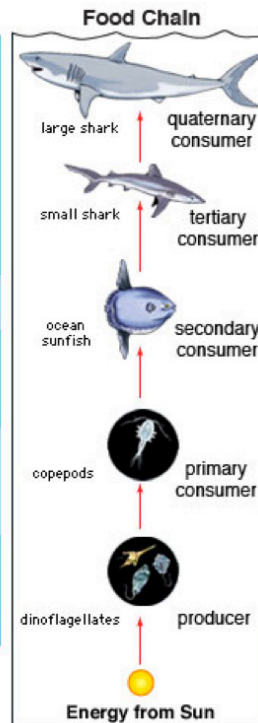
Di alam proses aliran energi dalam suatu energi tidak sesederhana seperti rantai makanan. Setiap rantai makanan dapat bercabang dan saling berhubungan atau berkaitan satu dengan yang lain. Keadaan itu digambarkan akan membantuk gambaran sebagai jaring-jaring makanan, sehingga disebut dengan jaring-jaring makanan. Gambar 7.2 menunjukkan perbandingan gambar rantai makanan dan jaring-jaring makanan yang terjadi di laut.

### Jaring-Jaring Makanan



© 2006 Encyclopædia Britannica, Inc.

### Rantai Makanan



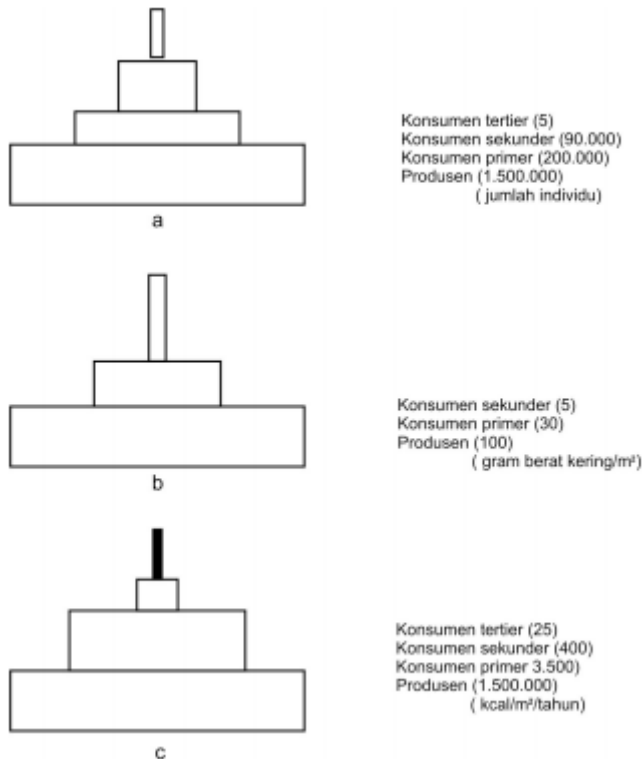
Gambar 7.2 Rantai dan Jaring-Jaring Makanan di Laut

Sumber : © Encyclopædia Britannica, Inc.



Pada suatu ekosistem yang kompleks, setiap organisme menerima energi dari tumbuhan dengan jumlah yang berbeda-beda, tergantung posisi organisme dalam rantai makanan. Tumbuhan berklorofil sebagai produsen dan awal dari suatu rantai makanan, dikatakan menempati tingkat trofik I. Sedangkan, konsumen tingkat I atau konsumen primer berada pada tingkat trofik II, dan seterusnya.

Perpindahan energi dari organisme satu ke organisme lain, berjalan dari tingkat Trofik I ke tingkat trofik selanjutnya, selama perpindahan energi akan terlepas. Dengan demikian, semakin pendek rantai makanan atau semakin dekat dengan awal rantai makanan maka energi makanan yang terserap dan tersedia semakin besar pula. Sebaliknya semakin jauh posisi organisme dari titik awal rantai makanan maka semakin sedikit energi yang tersedia.



Gambar 7.3 Piramida Ekologi: a. Piramida Jumlah; b. Piramida biomassa; c. Piramida Energi

Sumber: Clapham (1973)

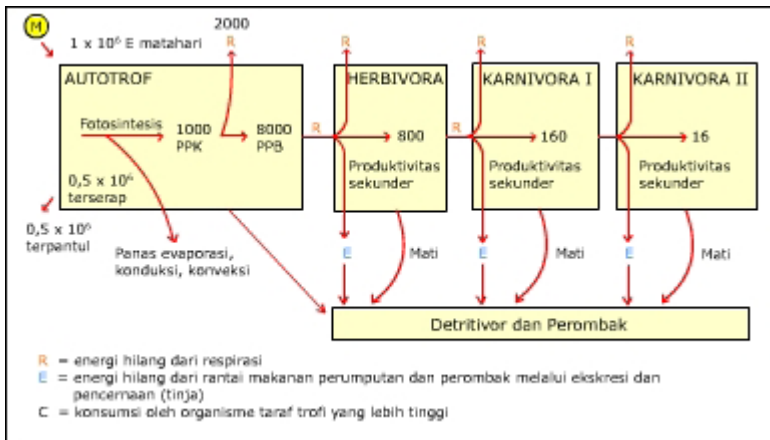
Tingkat trofik menggambarkan suatu interaksi dalam rantai makanan serta hubungan antara organisme dan dapat digambarkan dalam bentuk diagram yang dikenal sebagai **piramida ekologi**. Piramida ini menggambarkan secara garis besar hubungan antara rantai makanan dengan komponen biotik dalam suatu ekosistem. Piramida ekologi memiliki tiga macam bentuk yaitu 1) piramida jumlah, piramida ini

menggambarkan jumlah individu pada masing-masing tingkat tropik; 2) piramida biomassa, piramida ini menggambarkan besarnya biomassa pada masing-masing tropik; 3) piramida energi, piramida ini menggambarkan aliran energi atau produktivitas pada setiap tingkat tropik. Piramida energi dapat digunakan untuk mengetahui besarnya aliran energi yang terdapat pada masing-masing tingkat tropik. Gambaran setiap piramida ekologi dapat dilihat pada Gambar 7.3.

Piramida energi dapat digunakan untuk menghitung efisiensi ekologi/ efisiensi asimilasi. Efisiensi ekologi adalah rasio laju energi pada berbagai tingkat trofik. Pada piramida ekologi tumbuhan berada pada tingkat tropik I dan berperan sebagai produsen, yang mampu menangkap energi cahaya matahari melalui kegiatan fotosintesis sehingga mampu menghasilkan materi organik yang berasal dari materi anorganik. Banyaknya cahaya yang dapat dirubah menjadi energi kimia oleh produsen sebut dengan **Produktivitas Primer**. Jumlah total produktivitas dikenal sebagi **Produktivitas Primer Kotor (PPK)**. Sebagian produk materi organik akan digunakan pada proses respirasi seluler, sebagian lainnya akan disimpan di dalam tubuh tumbuhan. Materi organik yang tersimpan di dalam tubuh tumbuhan disebut dengan **Produktivitas Primer Bersih (PPB)**. PPB merupakan PPK dikurangi dengan energi yang digunakan oleh produsen untuk respirasi.

PPB akan diserap dan dimanfaatkan oleh konsumen atau makhluk hidup heterotrof. Konsumen akan mensintesis kembali materi organik yang diperoleh dan menyimpan dalam

jaringan tubuh, produk ini disebut dengan **Produktivitas sekunder**. Konsumen mendapatkan energi dan memanfaatkan untuk melakukan aktifitas hidup dan akan disimpan menjadi cadangan makanan didalam tubuhnya. Misalnya: ikan kecil memakan fitoplankton dilautan, berarti energi kimia yang tersimpan dalam fitoplankton berpindah ke ikan mola-mola. Perpindahan energi biasanya akan melepaskan sedikit energi dalam bentuk panas. Sebagian energi kimia yang dimakan oleh ikan kecil digunakan untuk kegiatan hidupnya dan sebagian lagi akan disimpan dalam jaringan sebagai energi potensial berupa bahan makanan cadangan. Kemudian ikan kecil akan dimakan oleh ikan hiu kecil dan selanjutnya hiu kecil akan dimakan oleh ikan hiu besar. Ikan hiu besar akan mati lalu diuraikan oleh pengurai dan pengurai memperoleh energi kimia terakhir yang terkandung pada ikan hiu besar yang mati.



Gambar 7.4 Aliran Energi dalam Ranta Makanan  
 Sumber: <https://sumberbelajar.belajar.kemdikbud.go.id/>

Produktifitas Sekunder akan berkurang pada saat perpindahan energi dari satu tingkatan tropik ke tingkatan tropik yang lainnya, sehingga energi kimia yang tersedia bagi konsumen tingkat tertinggi semakin berkurang. Jadi semakin pendek suatu rantai makanan, semakin sedikit kehilangan energi yang dapat digunakan, sehingga produktivitas sekunder makin besar. Gambaran aliran energi pada setiap tropik terlihat pada Gambar 7.4.

#### **D. Jenis-Jenis Ekosistem**

Ekosistem dibedakan menjadi ekosistem darat dan ekosistem perairan. Ekosistem darat dapat dibedakan menjadi bioma, sedangkan ekosistem perairan dibedakan menjadi ekosistem air tawar dan ekosistem air laut.

##### **1. Ekosistem Darat**

###### **a. Ekosistem gurun**

Ekosistem gurun terdapat pada daerah dengan curah hujan kurang dari 25cm/ tahun, suhu yang tinggi pada siang hari (bisa mencapai 45°C dan suhu rendah pada malam hari mencapai 0°C. Gurun merupakan padang yang luas dan tandus karena hujan yang jarang turun pada daerah gurun seperti gurun gobi di Asia dan Gurun sahara di Afrika. Organisme yang ditemukan digurun adalah kaktus, kadal, katak, ular, dan kalajengking.



Gambar 7.5 Ekosistem Gurun

Sumber: <https://www.blendspace.com/lessons>

b. Ekosistem padang rumput

Ekosistem ini memiliki curah hujan 25-50 cm/tahun tetapi turun dengan tidak teratur. Terdapat di daerah tropis dan subtropis, yang umumnya bersuhu panas. Pada ekosistem ini ditemukan organisme tanaman terna dan rumput, zebra, bison, jerapah, singa, anjing liar, serigala, dan ular.



Gambar 7.6 Ekosistem Padang Rumput

Sumber: <https://www.nationalgeographic.org/encyclopedia/grassland-biome/>

c. Ekosistem Hutan Hujan Tropis

Ekosistem ini memiliki curah hujan yang sangat tinggi antara 200-450 cm/tahunnya. Matahari bersinar disepanjang tahun dengan suhu lingkungan antara 20-30°C. Pada hutan hujan tropis pohon bisa tumbuh tinggi hingga 55 m dan membentuk kanopi. Organisme yang tumbuh pada ekosistem ini adalah anggrek sebagai epifit dan liana (rotan), burung, kera, harimau, badak, babi hutan, dan lain-lain.



Gambar 7.7 Ekosistem Hutan Hujan Tropis

Sumber: <https://www.nationalgeographic.org/encyclopedia/rain-forest/>

d. Ekosistem Tundra

Pada ekosistem ini mendapatkan sedikit energi radiasi matahari, dengan musim dingin yang panjang berlangsung selama 9 bulan dengan suasana yang gelap. Musim panas berlangsung selama 3 bulan, dan vegetasi akan mengalami bertumbuhan dimusim

panas. Organisme khas yang hidup di ekosistem ini adalah bison berbulu tebal dan rusa kutub.



Gambar 7.8 Ekosistem Tundra

Sumber: <https://jayliciahatchett.weebly.com/landforms>.

e. Ekosistem Taiga

Perbedaan suhu dari musim panas ke musim dingin sangat tinggi, pertumbuhan tanaman terjadi di saat musim panas 3-6 bulan. Taiga merupakan hutan yang hijau sepanjang tahun (*evergreen*), walaupun suhu pada musim dingin sampai minus puluhan derajat. Hutan ini biasanya ditumbuhi oleh satu spesies seperti konifer dan pinus. Hewan yang ditemukan pada ekosistem ini adalah moose, beruang hitam, ajag, dan burung-burung.





Gambar 7.9 Ekosistem Taiga

Sumber: <https://www.britannica.com/science/taiga>

f. Ekosistem hutan gugur

Curah hujan pada ekosistem ini merata antara 75-100 cm/tahun, ekosistem ini memiliki empat musim panas, dingin, gugur, dan musim semi. Organisme yang hidup pada ekosistem ini adalah burung pelatuk, beruang, rubah, bajing, dan rakoon.

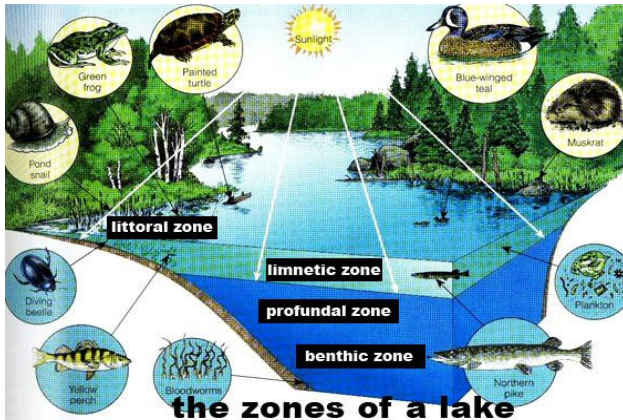


Gambar 7.10 Ekosistem Hutan Gugur

Sumber: <https://www.bioexpedition.com/temperate-deciduous-forest-biome/>

## **2. Ekosistem Air Darat**

Ekosistem air tawar dibagi menjadi lotik dan lentik. Ekosistem air tawar lotik memiliki ciri air berarus, contohnya pada sungai. Ekosistem air tawar lentik memiliki ciri air tidak berarus, ekosistem ini meliputi rawa air tawar, rawa gambut, kolam, dan danau. Ekosistem danau dan kolam terdiri dari empat wilayah, yaitu 1) litoral, daerah danau yang dangkal, sehingga cahaya matahari mampu menembus, tumbuhan yang hidup di daerah ini merupakan tumbuhan air yang berakar dengan daun yang mencuat ke atas permukaan air. Di wilayah ini juga terdapat berbagai jenis ganggang, siput, remis, ikan, amphibi, dan kura-kura. 2) limnetik, merupakan daerah lebih jauh dari litoral, area ini masih bisa ditembus oleh cahaya matahari. Pada area ini terdapat fitoplankton, zooplankton, dan ikan kecil. 3) profundal, merupakan daerah danau yang dalam dan merupakan area afotik, di area ini ditemukan cacing dan mikroba, dan 4) daerah benthik, merupakan daerah dasar danau, pada area ini ditemukan organisme mati dan bentos. Wilayah danau dapat dilihat pada Gambar 7.11.



Gambar 7.11 Gambar 4 Wilayah Danau

Sumber: <https://www.dictio.id/t>

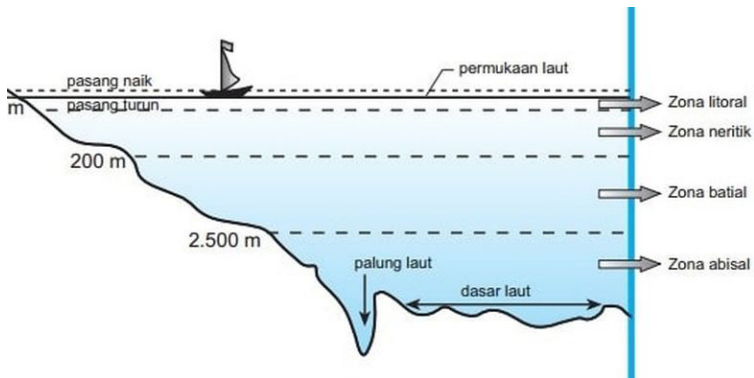
Berdasarkan produksi materi organiknya, danau dibedakan menjadi, 1) Danau oligotropik, merupakan danau dalam yang memiliki fitoplankton yang tidak produktif, sehingga kekurangan makanan. Danau memiliki air yang jernih, dihuni oleh sedikit organisme, dan terdapat oksigen sepanjang tahun di dasar danau. 2) Danau Eutropik, merupakan danau yang dangkal tetapi memiliki fitoplankton yang produktif, sehingga kaya akan kandungan makanan. Airnya keruh, terdapat erbagai macam organisme, dan oksigen terdapat di daerah profundal.

### 3. Ekosistem Air Laut

#### a. Laut

Air laut memiliki kadar garam yang tinggi dengan suhu yang bervariasi. Rata-rata salinitas (kadar garam) laut adalah 3%, tetapi angka ini bervariasi dari satu wilayah ke wilayah yang lain sesuai dengan

kedalaman dan geografinya. Salinitas tertinggi terdapat di daerah tropis. Pada daerah tropis suhu yang tinggi menyebabkan laju penguapan berlangsung cepat sehingga salinitas laut menjadi tinggi. Contohnya, Laut Merah memiliki salinitas 4%. Sebaliknya, pada geografi yang lebih tinggi, proses penguapan berkurang sehingga salinitasnya rendah. Contohnya, Laut Baltik dengan salinitas 0,7%. Berdasarkan kedalamannya ekosistem laut dibedakan menjadi 1) wilayah pasang (litoral); 2) wilayah laut dangkal (neritic); 3) Wilayah laut dalam (bathyal); dan 4) Wilayah Laut Sangat Dalam (Abysal).



Gambar 7.12 Pembagian Wilayah di Ekosistem Laut

Sumber: (<https://essay.co.id/>)

#### b. Pantai

Merupakan ekosistem yang letaknya diantara ekosistem darat dan laut, dan berbatasan langsung dengan daerah pasang surut. Karena letaknya,

ekosistem ini dipengaruhi oleh siklus harian pasang surut. Organisme dominan yang ditemukan pada daerah ini adalah ganggang, moluska, dan remis.

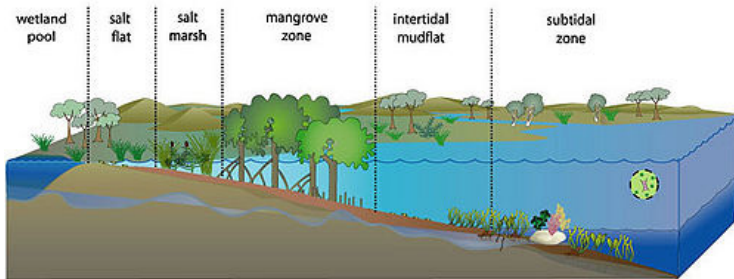


Gambar 7.13 Ekosistem Pantai dan Eustaria

Sumber: <https://microbewiki.kenyon.edu/index.php/Estuaries>

### c. Estuari

Area ini sering juga disebut dengan muara, merupakan tempat pertemuan antara sungai dan laut. Nutrisi dari laut akan dibawa melalui proses erosi oleh sungai dari daratan bisa memperkaya daerah estuaria. Pada saat air pasang, air laut masuk ke badan sungai dan meningkatkan salinitas, sebaliknya saat surut air sungai mengalir dengan volume yang esar, salinitas berubah menjadi rencah sampai menjorok ke arah laut. Estuaria menjkjadi tempat kawin bagi sejumlah inventebrata laut dan ikan, serta menjadi tempat makan bagi unggas air. Organisme yang ditemukan pada ekosistem ini adalah rumput rawa garam, ganggang, fitoplankton, cacing, kerang, kepiting, dan ikan.



Gambar 7.14 Diagram Vegetasi Ekosistem Eustaria

Sumber: <https://microbewiki.kenyon.edu/index.php/Estuaries>

#### d. Terumbu Karang

Ekosistem ini dapat dijumpai pada laut di daerah tropis yang airnya jernih, dan cahaya dapat menembus air dan memungkinkan terjadinya fotosintesis. Organisme yang ditemukan didominasi oleh karang yang merupakan kelompok Cnidaria. Karang akan menghasilkan kalsium karbonat yang memiliki bentuk yang unik dan bervariasi. Selain karang juga ditemukan organisme lainnya seperti ikan, siput, landak laut, gurita, dan bintang laut. Terumbu karang berfungsi sebagai penopang ombak yang kuat, sehingga pantai lebih aman dari kerusakan.



Gambar 7.15 Ekosistem Terumbu Karang

Sumber: <https://foresteract.com/terumbu-karang/>

## E. Sebab-Sebab Perubahan Ekosistem

Setiap ekosistem mampu menjaga dan mengendalikan dirinya sendiri dari gangguan yang berasal dari luar, termasuk komponen-komponen biotik maupun abiotik yang ada di dalamnya sehingga terjaga keseimbangan ekosistem di dalamnya. Mekanisme untuk menjaga keseimbangan ekosistem ini sangat rumit dan menyangkut banyak faktor serta mekanisme, termasuk di dalamnya adalah mekanisme penyimpanan bahan/materi, pelepasan unsur hara, pertumbuhan populasi, produksi, dan penguraian/dekomposisi.

Meskipun demikian, Ekosistem bisa mengalami perubahan dan kerusakan karena beberapa faktor, yaitu 1) Faktor alam, terjadi karena peristiwa alam misalnya Letusan gunung berapi, banjir, abrasi, tanah longsor, angin puting beliung, gempa bumi, dan tsunami. Bencana-bencana tersebut menjadi penyebab rusaknya ekosistem sekitar. 2) Faktor manusia, Kerusakan ini umumnya disebabkan oleh aktifitas manusia

yang tidak ramah lingkungan seperti perusakan hutan dan alih fungsi hutan, pertambangan, pencemaran udara, air, dan tanah dan lain sebagainya. Ada beberapa perilaku manusia yang secara langsung dapat merusak keseimbangan ekosistem yaitu.

### **1. Penebangan Hutan secara liar**

Penebangan pohon di hutan oleh manusia seringkali melampaui kemampuan hutan tersebut untuk pulih kembali. Akibatnya hutan menjadi rusak, tidak dapat pulih kembali, dan akan menjadi ekosistem yang lain atau bahkan menjadi gundul sehingga terjadi erosi yang berat, banjir di musim hujan, kekeringan di musim kemarau, hilangnya keanekaragaman hayati, dan lain-lain. Bila hal ini terjadi secara terus-menerus, akan berdampak negatif yang serius dan dikhawatirkan akan menjadi padang pasir.

### **2. Pembuangan Limbah dan Penggunaan zat-zat kimia**

Perairan yang tadinya banyak dijumpai berbagai kehidupan juga sudah banyak berubah menjadi hitam, bau, penuh dengan sampah, dan lain-lain. Sungai yang semula bersih menjadi tercemar karena di sepanjang aliran sungai tersebut terdapat banyak pabrik, permukiman, pertanian, dan kegiatan lain yang menghasilkan limbah dan sebagian besar membuang limbah cairnya ke dalam sungai tersebut. Prinsip homeostatis tentu sudah sulit dicapai, karena daya tahan ekosistem perairan juga terbatas. Oleh karena itu perlu dipahami kaidah-kaidah ekosistem dan hal-hal penting yang akan digunakan sebagai dasar pengelolaan suatu ekosistem.



Kerusakan lingkungan merupakan salah satu bentuk gangguan terhadap ekosistem yang sudah melebihi batas kemampuan ekosistem itu sendiri. Berbagai bencana lingkungan sudah terjadi di mana-mana. Berbagai macam industri, mulai dari industri rumah tangga sampai industri besar telah tumbuh dengan pesat baik kuantitas maupun macamnya. Hal ini jelas dapat menimbulkan dampak buruk terhadap lingkungan, misalnya pencemaran air, udara, dan tanah. Penggunaan berbagai bahan beracun seperti insektisida, herbisida, fungisida, dan pupuk buatan menimbulkan pencemaran air dan tanah yang berdampak negatif terhadap organisme dan makhluk hidup di sekitarnya. Sarana transportasi yang kian meningkat berupa kendaraan bermotor juga menambah kadar pencemaran udara yang menyebabkan kerusakan ekosistem di atmosfer.

Aktivitas manusia yang tidak arif terhadap lingkungan sudah terjadi di hampir semua bagian bumi, sebagai dampaknya akan berbalik pada semua makhluk hidup di permukaan bumi dan mengancam kehidupan dan kesejahteraan makhluk hidup termasuk di dalamnya manusia.



## BAB VIII PEWARISAN SIFAT

### A. Pengertian Pewarisan Sifat

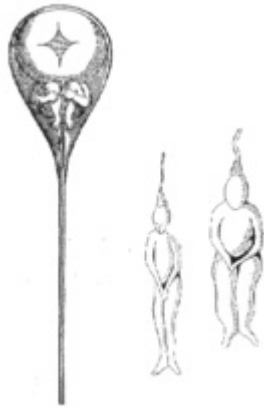
Penurunan atau pewarisan sifat yang juga dikenal dengan istilah hereditas adalah proses penurunan sifat dari kedua orang tua kepada keturunannya (anak). Ilmu yang mempelajari tentang pewarisan sifat disebut Genetika.

Beberapa abad kemudian, ide-ide baru mengenai pewarisan sifat belum mengalami perkembangan yang berarti, hingga ditemukannya mikroskop, mulai dari mikroskop sederhana yang ditemukan oleh Antoni van Leeuwenhoek hingga mikroskop elektron.

Pada akhir abad ke-17, Jan Swammerdam yang merupakan ilmuwan dari Belanda, sebelumnya telah melakukan percobaan dan menemukan telur dan korpuskel darah merah serangga, serta Charles Bonnet yang merupakan ilmuwan dari Swiss menggunakan mikroskop dan mengembangkan **teori preformasi**, menyatakan adanya struktur miniatur manusia di dalam kepala spermatozoa yang disebut **homunkulus**.

Pada tahun 1600-an beberapa ilmuwan mulai tidak mempercayai teori preformasi. Teori preformasi terbantahkan oleh hasil riset William Harvey yang merupakan ilmuwan pertama kali yang menyatakan **teori epigenesis**. Teori epigenesis menyatakan bahwa bahan-bahan dalam gamet

akan menghasilkan organisme dewasa melalui serangkaian tahapan perkembangan, dibandingkan tumbuh kembangnya struktur miniatur dewasa yang telah ada dalam gamet (teori preformasi). Bahan-bahan yang terdapat di dalam gamet selanjutnya akan mengarahkan perkembangan menjadi bentuk dewasa, namun tahapan perjalanan perkembangan tersebut masih belum dapat dijelaskan.



Gambar 1. Struktur miniatur kecil manusia yang disebut homunculus oleh Nicolas Hartsoeker pada tahun 1694. Homunculus berarti adanya miniatur manusia di dalam kepala sperma. (<https://en.wikipedia.org/wiki/Homunculus>)

Teori epigenesis selanjutnya dikembangkan oleh beberapa ilmuwan antara lain Kaspar Friedrich Wolff pada abad ke-18, dan Karl Ernst von Baer pada abad ke-19. Teori epigenesis menyatakan bahwa sel-sel kelamin sebagian besar disusun oleh materi organik homogen yang bukan merupakan sel-sel tubuh lainnya, yang selanjutnya dapat mengalami perkembangan. Untuk membuktikan teori epigenesis, Von Baer melakukan

percobaan dengan melihat perkembangan embrio ayam. Selama proses perkembangan embrio ayam tersebut diamati perkembangan mulai dari telur yang telah dibuahi menjadi janin dan selanjutnya perkembangan yang sempurna sebelum dilahirkan. Dalam proses perkembangan embrio tidak hanya organ yang menjadi sempurna namun juga pewarisan sifat dari induknya melalui serangkaian instruksi yang berisi informasi genetik yang terdapat di dalam gen (DNA).

## **B. Gen dan Kromosom**

Meskipun genetika berkembang selama abad kedua puluh, asalnya berakar pada karya Gregor Mendel, seorang biarawan Moravia yang hidup di abad kesembilan belas. Mendel melakukan penelitian dan mempelajari pewarisan berbagai sifat pada kacang kapri, yang ditanam di taman biara. Metode yang digunakan Mendel melibatkan persilangan tanaman yang menunjukkan sifat yang berbeda, misalnya tanaman pendek disilangkan dengan tanaman tinggi untuk melihat bagaimana sifat tersebut diwariskan kepada keturunannya. Analisis cermat Mendel memungkinkannya untuk membedakan pola pewarisan, yang membuatnya mendalilkan keberadaan faktor keturunan yang bertanggung jawab atas sifat yang dipelajarinya dan menyebut faktor-faktor ini sebagai **gen**.

Mendel mempelajari beberapa gen pada tanaman kacang kapri. Setiap gen dikaitkan dengan sifat yang berbeda, misalnya tinggi tanaman, warna bunga, dan bentuk biji. Mendel menemukan gen ini ada dalam berbagai bentuk, yang sekarang disebut **alel**. Salah satu bentuk gen untuk tinggi

tanaman, misalnya memungkinkan tanaman kacang kapri tumbuh lebih dari 2 m; bentuk lain dari gen ini membatasi pertumbuhannya hingga sekitar 0,5 meter.

Mendel mengusulkan bahwa tanaman kacang kapri memiliki dua salinan dari setiap gen. Salinan ini mungkin sama atau berbeda. Selama reproduksi, salah satu salinan secara acak dimasukkan ke dalam setiap gamet sel kelamin. Gamet betina (sel telur) bersatu dengan gamet jantan (sperma) pada saat pembuahan untuk menghasilkan sel tunggal, yang disebut zigot, yang kemudian berkembang menjadi tanaman kacang kapri baru. Pengurangan salinan gen dari dua menjadi satu selama pembentukan gamet dan pemulihan berikutnya dari dua salinan selama pembuahan mendasari aturan pewarisan yang ditemukan Mendel.

Mendel menekankan bahwa faktor pewarisan sifat pada keturunan disebut gen. Alel yang berbeda dari suatu gen dapat disatukan di tanaman yang sama melalui persilangan (hibridisasi) dan kemudian dapat dipisahkan satu sama lain selama produksi gamet. Oleh karena itu, keberadaan alel dalam suatu tanaman tidak mengganggu integritasnya. Mendel juga menemukan bahwa alel dari gen yang berbeda diwariskan secara independen satu sama lain.

Setiap kromosom terdiri dari satu molekul DNA untai ganda ditambah bermacam-macam protein; RNA juga dapat dikaitkan dengan kromosom. Sel prokariotik biasanya hanya memiliki satu kromosom, meskipun terkadang juga memiliki banyak molekul DNA yang lebih kecil yang disebut **plasmid**. Kebanyakan sel eukariotik mengandung beberapa kromosom

yang berbeda, misalnya sel sperma manusia memiliki jumlah 23. Kromosom sel eukariotik juga biasanya lebih besar dan lebih kompleks daripada sel prokariotik. Molekul DNA dalam kromosom prokariotik dan plasmid berbentuk lingkaran, seperti juga sebagian besar molekul DNA yang ditemukan di mitokondria dan kloroplas sel eukariotik. Sebaliknya, molekul DNA yang ditemukan dalam kromosom di inti sel eukariotik bersifat linier.

Beberapa sel eukariotik memiliki dua salinan dari setiap kromosom. Kondisi ini disebut sebagai keadaan **diploid**, adalah karakteristik sel dalam tubuh eukariota yang disebut **sel somatik**. Sebaliknya, sel-sel kelamin atau **gamet** biasanya hanya memiliki satu salinan dari setiap kromosom, yang disebut keadaan **haploid**. Gamet diproduksi dari sel diploid yang terletak di jalur germinal, yang merupakan jaringan reproduksi suatu organisme. Pada beberapa makhluk hidup, seperti tanaman, garis germinal menghasilkan sel sperma dan sel telur. Pada makhluk hidup lain, seperti manusia, menghasilkan satu jenis gamet atau yang lain. Ketika gamet jantan dan betina bersatu selama pembuahan, keadaan diploid terbentuk kembali, dan zigot yang dihasilkan berkembang menjadi organisme baru. Selama perkembangan hewan, sejumlah kecil sel disisihkan untuk membentuk garis germinal. Semua gamet yang diproduksi berasal dari beberapa sel ini. Sel-sel yang tersisa membentuk jaringan somatik hewan.

Pada tumbuhan, perkembangan kurang ditentukan. Jaringan yang diambil dari bagian tanaman, misalnya batang atau daun dapat digunakan untuk menghasilkan seluruh

tanaman, termasuk organ reproduksi. Jadi, pada tumbuhan perbedaan antara jaringan somatik dan jaringan germinal tidak begitu jelas seperti pada hewan.

Penemuan bahwa gen terletak di dalam kromosom dilakukan pada dekade pertama abad kedua puluh.

### **C. Hereditas Menurut Mendel**

Kehidupan Gregor Johann Mendel (1822–1884) berlangsung di pertengahan abad kesembilan belas. Orangtuanya adalah petani di Moravia, yang saat itu merupakan bagian dari Kekaisaran Hapsburg di Eropa Tengah. Pendidikan pedesaan mengajarnya tanaman dan peternakan dan menginspirasi minat pada alam. Pada usia 21 tahun, Mendel meninggalkan pertanian dan memasuki biara Katolik di kota Brünn (sekarang, Brno di Republik Ceko). Pada tahun 1847 Mendel ditahbiskan menjadi imam, dengan menggunakan nama Gregor. Mendel kemudian mengajar di sekolah menengah setempat, meluangkan waktu antara tahun 1851 dan 1853 untuk belajar di Universitas Vienna. Setelah kembali ke Brünn, Mendel melanjutkan hidupnya sebagai pengajar dan memulai eksperimen genetik yang akhirnya membuatnya terkenal.

Mendel melakukan percobaan dengan beberapa spesies tanaman taman, dan bahkan mencoba beberapa eksperimen dengan lebah madu. Keberhasilan terbesarnya adalah melakukan percobaan dengan tanaman kacang kapri. Mendel menyelesaikan percobaannya dengan menggunakan kacang kapri pada tahun 1864. Pada tahun 1865, Mendel



mempresentasikan hasil percobaannya di hadapan Natural History Society, dan tahun berikutnya menerbitkan laporan terperinci dalam prosiding umum. Sayangnya, makalah ini tersimpan rapat dalam ketidakjelasan hingga tahun 1900, ketika ditemukan kembali oleh tiga ahli botani yaitu Hugo de Vries di Belanda, Carl Correns di Jerman, dan Eric von Tschermak-Seysenegg di Austria. Ketiga ahli ini mencari literatur ilmiah untuk data yang mendukung teorinya sendiri tentang hereditas, masing-masing menemukan bahwa Mendel telah melakukan analisis yang rinci dan cermat 35 tahun sebelumnya. Ide Mendel dengan cepat diterima, terutama melalui upaya promosi dari seorang ahli biologi Inggris yang bernama William Bateson. Pendukung penemuan Mendel ini menciptakan istilah baru untuk mendeskripsikan studi tentang hereditas: genetika, dari kata Yunani yang berarti “menghasilkan”.

Salah satu alasan kesuksesan Mendel adalah pemilihan materi eksperimen dengan baik. Kacang kapri (*Pisum sativum*) mudah ditanam di kebun percobaan atau dalam pot di rumah kaca. Bunga kacang kapri mengandung organ jantan dan betina. Organ jantan disebut kepala sari, menghasilkan serbuk sari yang mengandung sel sperma, dan organ betina yang disebut ovarium, menghasilkan sel telur.

Salah satu kekhasan reproduksi kacang adalah kelopak bunganya menutup rapat, mencegah butiran serbuk sari masuk atau keluar. Ini memberlakukan sistem pembuahan sendiri, di mana gamet jantan dan betina dari bunga yang sama bersatu satu sama lain untuk menghasilkan biji. Hasilnya, setiap galur

kacang kapri memiliki tingkat pembuahan yang sangat tinggi, menampilkan sedikit variasi genetik dari satu generasi ke generasi berikutnya. Karena keseragaman ini, maka dikatakan bahwa strain seperti itu adalah perkembangbiakan sejati.

Pada awalnya, Mendel memperoleh banyak varietas kacang kapri yang bersifat perkembangbiakan sejati, masing-masing dibedakan oleh karakteristik tertentu. Di satu galur, tinggi tanaman kacang kapri dapat mencapai 2, sedangkan di galur lain hanya berukuran 0,5 m. Varietas lain menghasilkan warna biji hijau, dan satu lagi menghasilkan warna biji kuning. Sifat kontras tersebut dimanfaatkan Mendel untuk mengetahui bagaimana ciri-ciri tanaman kacang kapri dapat diwariskan. Fokusnya pada perbedaan tunggal antara strain kacang kapri ini digunakan Mendel untuk mempelajari pewarisan satu sifat pada satu waktu, misalnya tinggi tanaman. Ahli biologi lain telah mencoba mengikuti pewarisan banyak sifat secara bersamaan, tetapi karena hasil eksperimen tersebut rumit, maka tidak dapat menemukan prinsip dasar apa pun tentang hereditas. Mendel berhasil ketika para ahli biologi ini gagal karena dia memusatkan perhatiannya pada perbedaan kontras antara tanaman yang sebaliknya sama yaitu tinggi tanaman tinggi versus pendek, warna biji hijau versus biji kuning, dan seterusnya. Selain itu, Mendel menyimpan catatan yang cermat tentang eksperimen yang dilakukannya.

#### **D. Hukum Pewarisan Sifat Mendel**

Dalam satu percobaan, Mendel melakukan **persilangan silang**, yaitu disilangkan antara tinggi tanaman kacang kapri

tinggi dan kerdil (pendek) untuk menyelidiki bagaimana ketinggian diwariskan. Mendel dengan hati-hati mengeluarkan kepala sari dari satu varietas sebelum serbuk sari matang dan kemudian menerapkan serbuk sari dari varietas lain ke kepala putik, organ lengket di atas putik yang mengarah ke ovarium. Benih yang dihasilkan dari persilangan silang ini ditanam tahun berikutnya, menghasilkan keturunan yang memiliki tinggi tanaman yang sama. Mendel memperoleh tanaman tinggi terlepas dari caranya melakukan persilangan (tinggi tanaman jantan tinggi dengan betina kerdil atau tinggi tanaman jantan kerdil dengan betina tinggi); dengan demikian, dua persilangan timbal balik memberikan hasil yang sama. Lebih penting lagi, Mendel mencatat bahwa karakteristik tinggi tanaman yang kerdil tampaknya telah menghilang pada keturunan hasil persilangan, karena semua tinggi tanaman keturunan adalah tinggi. Untuk mempelajari susunan pewarisan dari keturunan dengan tinggi tanaman yang tinggi ini, Mendel melakukan persilangan sendiri (resiprok) yaitu proses alami yang terjadi pada kacang kapri. Ketika Mendel mengamati keturunannya, Mendel menemukan bahwa tinggi tanaman keturunan terdiri dari tanaman tinggi dan kerdil. Faktanya, di antara 1.064 keturunan yang disilangkan Mendel di kebunnya, 787 tanaman tinggi dan 277 tanaman kerdil dengan perbandingan atau rasio sebesar 3: 1.

Mendel terpesona oleh kemunculan kembali karakteristik tinggi tanaman yang kerdil pada keturunan setelah dilakukan persilangan sendiri. Hal ini menjadi jelas bahwa persilangan yang dilakukan Mendel dengan menyilangkan varietas

tanaman tinggi dan tanaman kerdil memiliki kemampuan untuk menghasilkan keturunan tanaman kerdil meskipun induknya memiliki tinggi tanaman yang tinggi. Mendel menyimpulkan bahwa keturunan ini membawa faktor genetik laten untuk tinggi tanaman yang kerdil, yang ditutupi oleh ekspresi faktor tanaman tinggi lainnya. Mendel mengatakan bahwa faktor laten dapat bersifat **resesif** dan faktor yang diekspresikan adalah **dominan**. Mendel juga menyimpulkan bahwa faktor resesif dan dominan ini terpisah satu sama lain ketika tanaman keturunan berkembang biak. Hal ini memungkinkannya untuk menjelaskan kemunculan kembali karakteristik tinggi tanaman yang kerdil pada generasi berikutnya.

Mendel melakukan percobaan serupa untuk mempelajari pewarisan enam sifat lainnya: bentuk biji, warna biji, bentuk buah, warna buah, warna bunga, dan posisi atau letak bunga. Dalam setiap percobaan yang dilakukan Mendel disebut **persilangan monohibrid** karena satu sifat sedang dipelajari, Mendel mengamati bahwa hanya satu dari dua karakteristik kontras yang muncul pada keturunan dan bahwa ketika keturunan ini membuahi sendiri, menghasilkan dua jenis keturunan, masing-masing menyerupai satu dari tanaman di persilangan asli (induknya). Lebih lanjut, Mendel menemukan bahwa keturunan ini secara konsisten muncul dalam perbandingan 3: 1. Dengan demikian, setiap sifat yang dipelajari Mendel tampaknya dikendalikan oleh faktor yang diwariskan yang ada dalam dua bentuk, yang satu dominan, yang lain resesif. Faktor-faktor ini sekarang disebut **gen**, kata yang diciptakan oleh ahli tanaman Denmark yang bernama

Wilhelm Johannsen pada tahun 1909; bentuk dominan dan resesifnya disebut **alel**, dari kata Yunani yang berarti “satu sama lain”. Alel adalah bentuk alternatif gen.

Hubungan numerik reguler yang diamati Mendel pada persilangan ini membawanya ke kesimpulan penting lainnya: bahwa gen datang berpasangan. Mendel mengusulkan bahwa masing-masing strain induk yang digunakan dalam eksperimennya membawa dua salinan gen yang identic, dalam terminologi modern, disebut diploid dan **homozigot**. Namun, selama produksi gamet, Mendel mengusulkan agar kedua salinan ini direduksi menjadi satu; artinya, gamet yang muncul dari meiosis membawa satu salinan gen, dalam terminologi modern disebut haploid.

Mendel menyadari bahwa jumlah gen diploid akan dipulihkan ketika sperma dan sel telur bersatu membentuk zigot. Selanjutnya Mendel memahami bahwa jika sperma dan sel telur berasal dari tanaman yang berbeda secara genetik dilakukan persilangan maka zigot akan mewarisi dua alel yang berbeda, satu dari induk betina dan satu dari induk jantan. Keturunan seperti ini dikatakan **heterozigot**. Mendel menyadari bahwa alel berbeda yang ada dalam heterozigot harus hidup berdampingan meskipun yang satu dominan dan yang lainnya resesif, dan bahwa masing-masing alel ini akan memiliki kesempatan yang sama untuk memasuki gamet ketika heterozigot bereproduksi. Lebih jauh, Mendel menyadari bahwa pembuahan acak dengan populasi gamet yang bercampur, setengah membawa alel dominan dan setengahnya membawa alel resesif akan menghasilkan beberapa zigot di

mana kedua alelnya resesif. Dengan demikian, Mendel dapat menjelaskan kemunculan kembali karakteristik resesif pada keturunan tanaman hasil persilangan sendiri.

Mendel menggunakan simbol untuk merepresentasikan faktor keturunan yang diturunkan yang merupakan sebuah terobosan metodologis. Dengan menggunakan simbol, Mendel dapat menggambarkan fenomena keturunan secara jelas dan ringkas, serta dapat menganalisis hasil persilangan secara matematis. Mendel bahkan bisa membuat prediksi tentang hasil persilangan di masa depan. Meskipun praktik penggunaan simbol untuk menganalisis masalah genetik telah banyak disempurnakan sejak zaman Mendel, prinsip dasarnya tetap sama. Simbol mewakili gen (atau, lebih tepatnya, alelnya), dan gen dapat dimanipulasi sesuai dengan aturan pewarisan yang ditemukan Mendel. Manipulasi ini adalah inti dari analisis genetik formal.

Dua varietas persilangan sejati antara tinggi tanaman yang tinggi dan kerdil, homozigot untuk alel berbeda dari gen yang mengendalikan tinggi tanaman. Alel untuk tanaman kerdil bersifat resesif dan dilambangkan dengan huruf kecil  $d$ ; alel untuk tanaman tinggi bersifat dominan dan dilambangkan dengan huruf besar yang sesuai  $D$ . Dalam genetika, huruf yang dipilih untuk menunjukkan alel gen biasanya diambil dari kata yang menggambarkan sifat resesif ( $d$ , untuk tanaman kerdil). Jadi, strain tanaman kacang kapri tinggi dan kerdil dilambangkan dengan  $DD$  dan  $dd$ . Konstitusi alel dari setiap strain dikatakan sebagai **genotip**nya. Sebaliknya, penampilan

fisik setiap strain atau karakteristik tanaman tinggi atau tanaman kerdil disebut sebagai **fenotipenya**.

Sebagai strain *parental* atau induk, tanaman kacang kapri yang tinggi dan kerdil membentuk generasi **P**. Keturunannya disebut sebagai generasi *filial* pertama disingkat  $F_1$ , dari kata Latin yang berarti “anak laki-laki” atau “anak perempuan”. Karena setiap induk memberikan kontribusi yang sama kepada keturunannya, maka genotipe tanaman  $F_1$  haruslah  $Dd$ ; artinya, bersifat heterozigot untuk alel gen yang mengontrol tinggi tanaman. Fenotipenya, adalah sama dengan dari strain induk  $DD$  karena  $D$  bersifat dominan atas  $d$ . Selama meiosis, tanaman kacang kapri  $F_1$  ini menghasilkan dua jenis gamet,  $D$  dan  $d$ , dengan proporsi yang sama. Tidak ada alel yang berubah karena hidup berdampingan dengan yang lain dalam genotipe heterozigot; melainkan terpisahkan, atau **segregasi**, satu sama lain selama pembentukan gamet. Proses pemisahan alel ini mungkin merupakan penemuan terpenting yang dibuat Mendel.

Setelah persilangan sendiri (resiprok), dua jenis gamet yang diproduksi oleh heterozigot dapat bersatu dalam semua cara yang memungkinkan. Jadi, persilangan sendiri menghasilkan empat jenis zigot:  $DD$ ,  $Dd$ ,  $dD$ , dan  $dd$ . Namun karena dominasinya, ketiga genotipe tersebut memiliki fenotipe yang sama. Jadi, pada generasi berikutnya, yang disebut  $F_2$ , tanamannya tinggi atau kerdil, dengan perbandingan atau rasio 3: 1.

Mendel mengambil analisis ini untuk selangkah lebih maju. Tanaman  $F_2$  disilang sendiri untuk menghasilkan  $F_3$ .

Semua tanaman F<sub>2</sub> kerdil hanya menghasilkan keturunan kerdil, menunjukkan bahwa tanaman kerdil bersifat homozigot resesif untuk alel *d*, tetapi tanaman F<sub>2</sub> yang tinggi terdiri dari dua kategori. Sekitar sepertiga dari tanaman tinggi hanya menghasilkan keturunan tanaman yang tinggi sedangkan dua pertiga lainnya menghasilkan campuran keturunan tanaman yang tinggi dan kerdil. Mendel menyimpulkan bahwa sepertiga tanaman yang dihasilkan adalah tanaman tinggi adalah homozigot dominan *DD* dan dua pertiga yang bersegregasi adalah tanaman tinggi heterozigot *Dd*. Rasio 1/3 dan 2/3, persis seperti prediksi analisisnya karena di antara tanaman F<sub>2</sub> yang tinggi, genotipe *DD* dan *Dd* terjadi dengan rasio 1: 2.

Analisis Mendel tentang persilangan sendiri dan persilangan monohibrid lainnya dengan menyatakan dua prinsip utama yang ditemukan, dapat diringkaskan sebagai berikut:

1. **Prinsip Dominansi:** *pada individu heterozigot, satu alel dapat menyembunyikan keberadaan alel lainnya.* Prinsip ini adalah pernyataan tentang fungsi genetik. Beberapa alel ternyata mengontrol fenotipe bahkan ketika alel ada dalam satu salinan.
2. **Prinsip Segregasi:** *pada individu heterozigot, dua alel yang berbeda terpisahkan satu sama lain selama pembentukan gamet.* Prinsip ini adalah pernyataan tentang pewarisan genetic dari induk kepada keturunannya. Alel diwariskan secara berkelanjutan ke generasi berikutnya, bahkan jika alel ada dengan alel yang berbeda dalam



heterozigot. Dasar biologis untuk fenomena ini adalah pemasangan dan pemisahan selanjutnya dari kromosom homolog selama meiosis.

Mendel juga melakukan percobaan dengan tanaman yang dibedakan dalam dua sifat (**dihybrid**). Mendel menyilangkan tanaman yang menghasilkan warna biji kuning dan bentuk biji bulat dengan tanaman yang menghasilkan bentuk biji keriput dan warna biji hijau. Tujuan percobaan adalah untuk melihat apakah dua sifat biji, yaitu warna dan bentuk, diturunkan secara independen. Karena biji  $F_1$  semuanya berwarna kuning dan berbentuk bulat, maka alel untuk kedua ciri ini bersifat dominan. Mendel menumbuhkan tanaman dari karakter warna biji kuning dan berbentuk bulat ini dan membiarkannya membuah sendiri (persilangan sendiri). Selanjutnya Mendel mengklasifikasikan biji  $F_2$  dan menghitungnya berdasarkan fenotipe.

Empat kelompok fenotipe di  $F_2$  mewakili semua kemungkinan kombinasi sifat warna dan bentuk biji. Dua kelompok: warna biji kuning, bentuk biji bulat dan warna biji hijau, bentuk biji keriput yang menyerupai galur induk. Dua lainnya: warna biji hijau, bentuk biji bulat dan warna biji kuning, bentuk biji keriput menunjukkan kombinasi sifat baru. Keempat kelompok memiliki rasio 9 warna biji kuning, bentuk biji bulat: 3 warna biji hijau, bentuk biji bulat: 3 warna biji kuning, bentuk biji keriput: 1 warna biji hijau, bentuk biji keriput. Bagi pikiran Mendel yang berwawasan luas, hubungan numerik ini menyarankan penjelasan sederhana:

setiap sifat dikendalikan oleh gen berbeda yang memisahkan dua alel, dan kedua gen itu diwariskan secara independen.

Selanjutnya dianalisis hasil dari dua faktor ini, atau **persilangan dihibrid**, menggunakan metode Mendel. Ditunjukkan setiap gen dengan huruf, menggunakan huruf kecil untuk alel resesif dan huruf besar untuk dominan. Untuk gen warna biji, dua alelnya adalah  $g$  (untuk hijau) dan  $G$  (untuk kuning), dan untuk gen bentuk biji adalah  $w$  (untuk keriput) dan  $W$  (untuk bulat). Strain induk, yang benar-benar berkembang biak, bersifat homozigot dominan; warna biji kuning, bentuk biji bulat adalah  $GGWW$  dan untuk biji berwarna hijau, bentuk biji keriput adalah  $ggww$ .

Gamet haploid yang diproduksi oleh tanaman diploid mengandung satu salinan dari setiap gen. Oleh karena itu, gamet dari tanaman  $GGWW$  mengandung satu salinan gen warna biji (alel  $G$ ) dan satu salinan gen bentuk biji (alel  $W$ ). Gamet tersebut dilambangkan dengan  $GW$ . Dengan alasan yang sama, gamet dari tumbuhan  $ggww$  ditulis  $gw$ . Persilangan silang kedua jenis gamet ini menghasilkan keturunan  $F_1$  yang heterozigot, dilambangkan dengan  $GgWw$ , dan fenotipe bentuk biji bulat warna biji kuningnya menunjukkan bahwa alel  $G$  dan  $W$  dominan.

Prinsip Segregasi memprediksi bahwa keturunan  $F_1$  akan menghasilkan empat genotipe gamet yang berbeda: (1)  $GW$ , (2)  $Gw$ , (3)  $gW$ , dan (4)  $gw$ . Jika setiap gen memisahkan alelnya secara independen, maka keempat tipe gamet ini akan muncul sama seringnya; artinya masing-masing akan menjadi 25 persen dari total persentase. Dengan asumsi ini, persilangan

sendiri di  $F_1$  akan menghasilkan serangkaian 16 genotipe zigot yang sama seringnya. Hasil akhirnya diperoleh susunan zigot dengan menggabungkan gamet secara sistematis.

Hasil persilangan dicatat adalah fenotipe dari genotipe  $F_2$  ini bahwa  $G$  dan  $W$  adalah alel dominan. Secara keseluruhan, ada empat fenotipe yang dapat dibedakan, dengan frekuensi relatif yang ditunjukkan oleh jumlah posisi yang ditempatinya. Untuk frekuensi absolut, dapat dibagi setiap angka dengan total sebesar 16:

Warna biji kuning, bentuk biji bulat	: 9/16
Warna biji kuning, bentuk biji keriput	: 3/16
Warna biji hijau, bentuk biji bulat	: 3/16
Warna biji hijau, bentuk biji keriput	: 1/16

Analisis ini didasarkan pada dua asumsi: (1) bahwa setiap gen memisahkan alelnya, dan (2) bahwa segregasi ini tidak bergantung satu sama lain. Asumsi kedua menyiratkan bahwa tidak ada hubungan atau keterkaitan antara peristiwa segregasi kedua gen tersebut. Misalnya, sebuah gamet yang menerima  $W$  melalui segregasi gen bentuk biji kemungkinan besar menerima  $G$  sama seperti menerima  $g$  melalui segregasi gen warna biji.

Apakah data eksperimen sesuai dengan prediksi analisis yang dilakukan Mendel? Untuk frekuensi numerik, dihitung angka prediksi dengan mengalikan proporsi prediksi dengan jumlah total karakter biji  $F_2$  yang diperiksa. Dengan metode manapun, jelas ada kesepakatan yang baik antara observasi dan prediksi. Dengan demikian, asumsi yang menjadi dasar

analisis ini adalah segregasi independen dari gen warna biji dan gen bentuk biji yang konsisten dengan data yang diamati.

Mendel melakukan percobaan serupa dengan kombinasi sifat lain dan dalam setiap kasus dengan mengamati bahwa gen terpisah secara independen. Hasil eksperimen ini membawanya ke prinsip kunci ketiga:

**Prinsip Berpasangan Secara Bebas** (*Independent Assortment*): *alel dari gen yang berbeda memisahkan diri, atau dikatakan berpasangan secara independen satu sama lain.* Prinsip ini adalah aturan lain dari pewarisan genetik, berdasarkan pada perilaku pasangan kromosom yang berbeda selama meiosis. Namun, tidak semua gen mematuhi Prinsip Berpasangan Secara Bebas.

Untuk situasi yang melibatkan satu atau dua gen, dimungkinkan untuk menuliskan semua gamet dan menggabungkannya secara sistematis untuk menghasilkan susunan genotipe zigot. Setelah ini diperoleh, Prinsip Dominansi dapat digunakan untuk menentukan fenotipe terkait. Prosedur ini disebut metode kotak Punnett (*Punnett square*), diambil dari nama Ahli Genetika Inggris R. C. Punnett, adalah cara langsung untuk memprediksi hasil persilangan. Selanjutnya kotak Punnett dapat digunakan untuk menganalisis hasil zigot dari persilangan dengan keturunan  $F_1$  bentuk biji bulat warna biji kuning, Mendel melakukan **persilangan sendiri (resiprok)**. Namun, dalam situasi yang lebih rumit, seperti yang melibatkan lebih dari dua gen (persilangan trihibrid), metode kotak Punnett sulit digunakan.

## Kotak Punnett

F1 x F1	GW Biji kuning, bulat	Gw Biji kuning, keriput	gW Biji hijau, bulat	gw Biji hijau, keriput
GW Biji kuning, bulat	<b>GGWW</b> Biji kuning, bulat	<b>GGWw</b> Biji kuning, bulat	<b>GgWW</b> Biji kuning, bulat	<b>GgWw</b> Biji kuning, bulat
Gw Biji kuning, keriput	<b>GGWw</b> Biji kuning, bulat	<b>GGww</b> Biji kuning, keriput	<b>GgWw</b> Biji kuning, bulat	<b>Ggww</b> Biji kuning, keriput
gW Biji hijau, bulat	<b>GgWW</b> Biji kuning, bulat	<b>GgWw</b> Biji kuning, bulat	<b>ggWW</b> Biji hijau, bulat	<b>ggWw</b> Biji hijau, bulat
gw Biji hijau, keriput	<b>GgWw</b> Biji kuning, bulat	<b>Ggww</b> Biji kuning, keriput	<b>ggWw</b> Biji hijau, bulat	<b>ggww</b> Biji hijau, keriput

## E. Pewarisan Sifat Pada Manusia

Meskipun banyak ciri-ciri manusia jelas dalam keluarga, sebagian besar tidak menunjukkan pola pewarisan Mendel yang sederhana. Misalkan, Ami memiliki mata coklat, tetapi kedua mata orang tua Ami tampak biru. Karena biru biasanya dianggap resesif terhadap coklat, apakah ini berarti Ami

diadopsi atau ayahnya sebenarnya bukannya? Belum tentu, karena warna mata dipengaruhi oleh lebih dari satu gen.

Seperti warna mata, fenotipe manusia yang paling umum dan jelas muncul dari interaksi banyak gen (terangkai alel ganda atau *multiple allele*). Sebaliknya, ciri gen tunggal pada manusia biasanya melibatkan kelainan yang melumpuhkan atau bahkan dapat mengancam nyawa (terangkai gen letal). Contohnya adalah kerusakan neurologis progresif seperti penyakit Huntington dan paru-paru yang tersumbat serta potensi kegagalan pernapasan akibat *cystic fibrosis*. Alel yang rusak dari satu gen menimbulkan penyakit Huntington, alel yang rusak dari gen yang berbeda bertanggung jawab atas *cystic fibrosis*. Alel yang menyebabkan penyakit Huntington bersifat dominan dan alel normal (*nondisease*) dari gen ini bersifat resesif. Hal yang sebaliknya berlaku untuk *cystic fibrosis*, alel penyebab penyakit bersifat resesif dan alel normal (*nondisease*) bersifat dominan.

Menentukan pola pewarisan kelainan genetik tidak selalu mudah karena orang membuat subjek genetik yang murni. Waktu generasinya lama, dan keluarga yang dihasilkan relatif kecil, yang membuat analisis statistik menjadi sulit. Manusia tidak mendasarkan pilihan pasangannya pada pertimbangan genetik semata. Dengan demikian, tidak ada galur murni dan persilangan terkontrol yang memungkinkan. Lebih jauh lagi, orang jarang menghasilkan generasi  $F_2$  yang sebenarnya (seperti yang diamati Mendel dengan rasio 3: 1 dari mana aturannya diturunkan) karena saudara laki-laki dan

perempuan hampir tidak pernah kawin (perkawinan sedarah atau sekerabatan).

Ahli genetika menghindari kesulitan ini dengan bekerja dengan sejumlah besar keluarga atau dengan beberapa generasi dari keluarga yang sangat besar. Dengan cara ini, para ilmuwan dapat mempelajari sejumlah besar individu yang terkait secara genetik yang diperlukan untuk menetapkan pola pewarisan sifat-sifat tertentu. Sejarah keluarga, yang dikenal sebagai **silsilah** (*pedigree*), adalah diagram yang teratur dari ciri genetik keluarga yang relevan, yang membentang kembali ke setidaknya kedua pasang kakek-nenek dan melalui generasi tambahan sebanyak mungkin. Dari analisis silsilah sistematis berdasarkan hukum Mendel, ahli genetika dapat mengetahui apakah suatu sifat ditentukan oleh alel alternatif dari satu gen dan apakah sifat gen tunggal bersifat dominan atau resesif. Karena prinsip Mendel yang sangat sederhana dan terus terang, maka dapat digunakan untuk menjelaskan bagaimana sifat diwariskan pada manusia.

Gambar 2 menunjukkan bagaimana mengartikan diagram silsilah keluarga. Bentuk kotak mewakili laki-laki, bentuk lingkaran mewakili perempuan, bentuk berlian menunjukkan bahwa jenis kelamin tidak dapat ditentukan. Anggota keluarga yang mengalami kelainan oleh sifat tersebut ditunjukkan dengan simbol yang terisi. Garis horizontal tunggal yang menghubungkan laki-laki dan perempuan melambangkan perkawinan, garis penghubung ganda menunjukkan perkawinan sejenis, yaitu **perkawinan antar kerabat**, dan garis horizontal di atas serangkaian simbol menunjukkan anak-anak dari orang

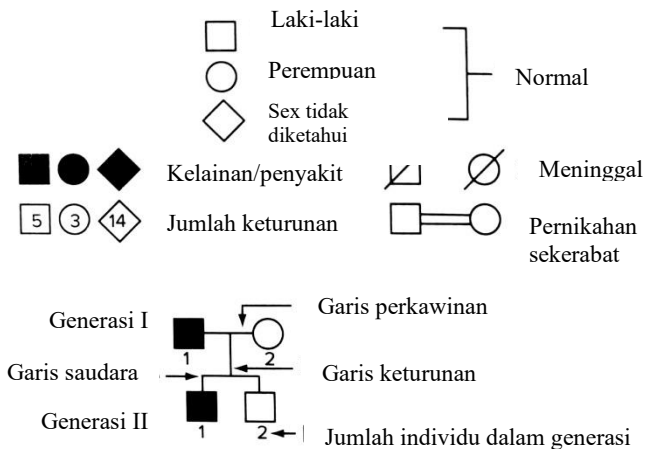
tua yang sama (persaudaraan), diatur dan diberi nomor dari kiri ke kanan sesuai urutan kelahirannya. Angka Romawi di sebelah kiri atau kanan diagram menunjukkan generasi.

Untuk menyimpulkan tentang cara pewarisan sifat dalam keluarga, ahli genetika dapat menggunakan silsilah keluarga dan dapat memberikan informasi yang memadai. Misalnya, para peneliti tidak dapat menentukan apakah alel penyebab penyakit yang digambarkan di bagian bawah Gambar 2 bersifat dominan atau resesif semata-mata berdasarkan silsilah sederhana yang ditunjukkan. Data tersebut konsisten dengan kedua kemungkinan tersebut. Jika sifatnya dominan, maka ayah dan anak yang mengalami kelainan adalah heterozigot, sedangkan ibu dan anak yang tidak mengalami kelainan bersifat homozigot untuk alel normal resesif. Jika sifatnya resesif, maka ayah dan anak yang mengalami kelainan adalah homozigot untuk alel penyebab penyakit resesif, sedangkan ibu dan anak laki-laki yang tidak mengalami kelainan adalah heterozigot.

Beberapa jenis informasi tambahan dapat membantu menyelesaikan ketidakpastian ini. Ahli genetika secara khusus ingin mengetahui frekuensi di mana sifat tersebut ditemukan dalam populasi asal keluarga. Jika sifat tersebut langka dalam populasi, maka alel yang memunculkan sifat tersebut juga harus langka, dan hipotesis yang paling mungkin akan mensyaratkan bahwa paling sedikit orang yang tidak memiliki hubungan genetik membawa alel tersebut. Hanya ayah pada Gambar 2 yang perlu memiliki alel pembawa penyakit bersifat dominan, tetapi kedua orang tua harus membawa



alel penyebab penyakit resesif (ayah dua salinan dan ibu satu salinan). Namun, bahkan informasi yang menyatakan bahwa sifat tersebut langka dan tidak memungkinkan untuk menarik kesimpulan yang kuat bahwa sifat tersebut diwariskan secara dominan. Silsilah dalam gambar tersebut sangat terbatas sehingga tidak dapat digunakan untuk memastikan bahwa kedua orang tua itu sendiri tidak berhubungan. Seperti yang dibahas selanjutnya secara lebih rinci, maka orang tua yang mengalami kelainan mungkin keduanya menerima alel resesif langka yang sama dari nenek moyangnya yang sama. Contoh ini menggambarkan mengapa ahli genetika mencoba mengumpulkan sejarah keluarga yang mencakup beberapa generasi.



Gambar 2. Simbol yang digunakan dalam analisis silsilah. Dalam silsilah sederhana di bagian bawah, I-1 adalah ayah, I-2 adalah ibu, dan II-1 dan II-2 adalah anak-anaknya. Ayah dan anak laki-laki pertama sama-sama dipengaruhi oleh sifat penyakit (Hartwell et al., 2018)

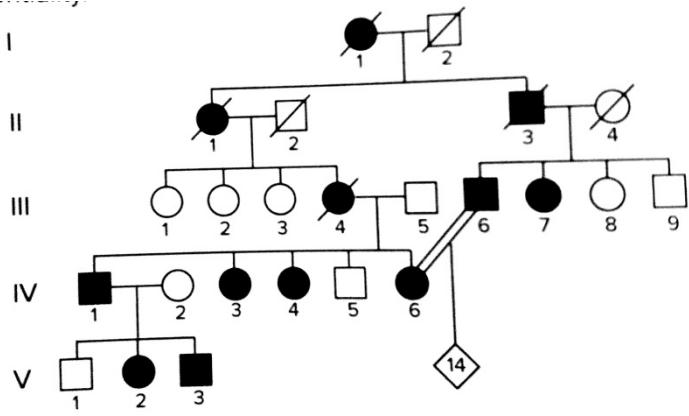
Sekarang dapat dilihat silsilah yang lebih luas untuk sifat dominan penyakit Huntington dan untuk kondisi resesif cystic fibrosis. Pola di mana ciri-ciri ini muncul dalam silsilah memberikan petunjuk penting yang dapat menunjukkan cara pewarisan dan memungkinkan ahli genetika untuk menetapkan genotipe ke anggota keluarga.

Penyakit Huntington dinamai sesuai dengan penemunya yaitu George Huntington, dokter di New York yang pertama kali menjelaskan tentang penyakit ini. Penyakit ini biasanya muncul di usia paruh baya dan perlahan-lahan mematikan korbannya baik secara fisik maupun mental. Gejala berupa kemunduran intelektual, depresi berat, dan gerakan tersentak-sentak, gerakan tidak teratur, semuanya disebabkan oleh kematian sel-sel saraf yang progresif. Jika salah satu orang tua mengembangkan gejala kelainan ini, maka anak-anaknya biasanya memiliki kemungkinan 50% menderita penyakit tersebut, apabila dapat bertahan hidup sampai dewasa. Karena gejala tidak muncul saat lahir dan hanya muncul di kemudian hari, penyakit Huntington dikenal sebagai sifat genetik yang muncul terlambat.

Bagaimana cara menetapkan genotipe ke individu dalam silsilah penyakit Huntington yang digambarkan pada Gambar 3? Pertama, perlu dicari tahu apakah alel penghasil penyakit itu bersifat dominan atau resesif. Beberapa petunjuk menunjukkan bahwa penyakit Huntington diwariskan oleh alel dominan dari satu gen. Setiap orang yang mengidap penyakit ini memiliki setidaknya satu orang tua yang menunjukkan sifat tersebut, dan dalam beberapa generasi, sekitar setengah

dari keturunannya mengalami kelainan. Pola individu yang mengalami kelainan ini digambarkan vertikal: jika dapat ditelusuri kembali nenek moyang individu yang mengalami kelainan, akan terlihat setidaknya satu orang yang mengalami kelainan di setiap generasi, memberikan garis terus menerus dari anggota keluarga yang menderita penyakit tersebut. Ketika suatu penyakit jarang terjadi pada populasi secara keseluruhan, pola vertikal merupakan bukti kuat bahwa alel dominan menyebabkan sifat tersebut, alternatifnya akan mensyaratkan bahwa banyak orang yang tidak terkait membawa alel resesif yang langka.

Dalam melacak alel dominan melalui silsilah, maka dapat dilihat bahwa setiap perkawinan antara pasangan yang mengalami kelainan dan yang tidak mengalami kelainan sebagai analogi dengan uji silang (*test cross*). Jika beberapa keturunannya tidak mengidap penyakit Huntington, maka akan diketahui bahwa orangtua yang menunjukkan sifat atau kelainan tersebut adalah heterozigot.



Gambar 3. Penyakit Huntington: pewarisan sifat dominan yang langka. Semua individu yang diwakili oleh simbol yang terisi adalah heterozigot (kecuali I-1, yang sebaliknya bisa saja homozigot untuk alel penyakit HD dominan), semua individu yang diwakili oleh simbol terbuka adalah homozigot untuk alel normal *hh* resesif. Di antara 14 anak dari pasangan yang menikah, tes DNA menunjukkan bahwa ada yang Huntington yang bersifat homozigot dominan *HH*, ada Huntington yang bersifat heterozigot *Hh*, dan ada Huntington yang bersifat homozigot resesif *hh* (Hartwell et al., 2018)

Perhatikan juga pada Gambar 3, bahwa ahli genetika menggunakan simbol yang berbeda dari Mendel untuk alel gen. Pada genotipe manusia, semua alel ditulis dalam huruf besar. Jika alel menentukan produk gen yang berfungsi normal, simbol alel memiliki kecil.

Seperti gen kacang kapri yang digunakan Mendel, gen yang menyebabkan penyakit Huntington telah diidentifikasi

dan dipelajari pada tingkat molekuler. Produk protein dari gen penyakit Huntington, yang disebut Huntingtin atau Htt, dibutuhkan untuk fisiologi sel saraf yang tepat, tetapi peran persis protein dalam sel ini belum dipahami. Alel penyakit dominan (*H*) menentukan protein Htt yang rusak yang bila diamati dari waktu ke waktu merusak sel-sel saraf.

Belum ada pengobatan yang efektif untuk penyakit Huntington, dan karena serangannya yang terlambat, hingga tahun 1980-an tidak ada cara bagi anak-anak dari orang tua yang menderita Huntington untuk mengetahui sebelum usia paruh baya, biasanya hingga setelah melahirkan anak, baru diketahui apakah membawa alel penyakit Huntington *H* atau tidak. Kebanyakan orang dengan alel penyakit adalah heterozigot *Hh*, sehingga anaknya memiliki kemungkinan 50% untuk mewarisi HD, dan sebelum didiagnosis, kemungkinan 25% meneruskan alel yang rusak ke salah satu anaknya.

Tidak seperti penyakit Huntington, sebagian besar penyakit gen tunggal pada manusia disebabkan oleh alel resesif. Salah satu alasannya adalah, dengan pengecualian ciri-ciri diketahuinya lambat, alel dominan yang merusak tidak mungkin diwariskan ke generasi berikutnya. Misalnya, jika orang yang mengalami penyakit Huntington semuanya meninggal pada usia 10 tahun, maka penyakit tersebut akan hilang dari populasi. Sebaliknya, individu dapat membawa satu alel untuk penyakit resesif tanpa pernah terpengaruh oleh gejala apa pun.

Gambar 4 menunjukkan tiga silsilah untuk *cystic fibrosis* (CF), penyakit resesif yang paling sering diturunkan di antara

anak-anak Kaukasia di Amerika Serikat. Dosis ganda alel CF resesif (artinya tidak adanya alel *c*) menyebabkan gangguan fatal di mana paru-paru, pankreas, dan organ lain tersumbat oleh lendir kental dan kental yang dapat mengganggu pernapasan dan pencernaan. Satu dari setiap 2000 orang kulit putih Amerika lahir dengan CF, dan hanya 10% diantaranya yang bertahan hingga usia 30-an.

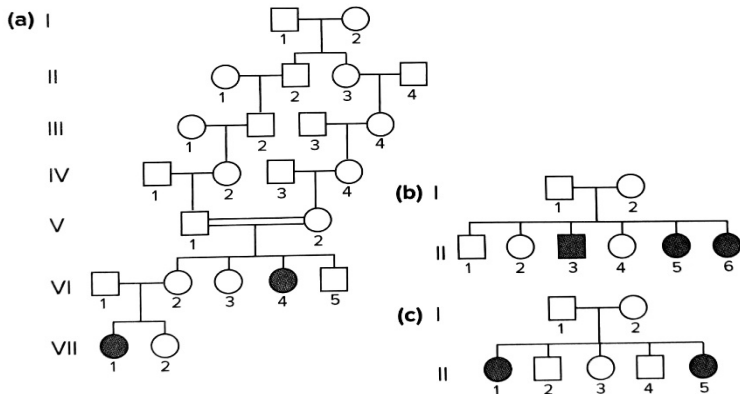
Perhatikan dua ciri yang menonjol dari silsilah CF. Pertama, pola keluarga orang-orang yang menunjukkan sifat tersebut seringkali horizontal: orang tua, kakek-nenek, dan buyut dari anak-anak yang lahir dengan CF sendiri tidak menampakkan penyakit tersebut, sementara beberapa saudara laki-laki dan perempuan dalam satu generasi mungkin menunjukkan pola pewarisan penyakit tersebut. Pola silsilah horizontal merupakan indikasi kuat bahwa sifat tersebut adalah resesif. Orang tua yang tidak mengalami kelainan adalah pembawa heterozigot: mengandung alel normal dominan (*C*) yang menutupi efek abnormal resesif.

Ciri penting kedua dari silsilah CF adalah bahwa banyak dari pasangan yang menghasilkan anak yang mengalami kelainan adalah saudara sedarah, yaitu perkawinan sekerabat (seperti yang ditunjukkan oleh garis ganda). Tentu saja, anak-anak dengan CF juga dapat memiliki orang tua pembawa yang tidak memiliki hubungan, tetapi karena sekerabat yang berbagi gen, maka keturunannya memiliki peluang yang jauh lebih besar daripada rata-rata untuk menerima dua salinan alel langka. Apakah orang tua ada hubungan sekerabat atau tidak, maka orang tua yang bersifat pembawa adalah heterozigot.

Dengan demikian, di antara keturunannya, rasio anak yang tidak mengalami kelainan diharapkan menjadi 3:1. Jika dilihat dengan cara lain, kemungkinan 1 dari 4 anak dari dua pembawa heterozigot akan menjadi penderita CF yang bersifat homozigot.

Selanjutnya dapat diukur pemahaman tentang pola pewarisan ini dengan menetapkan genotipe untuk setiap orang, dan kemudian memeriksa jawabannya dengan keterangan yang diberikan. Perhatikan bahwa untuk beberapa individu, seperti individu generasi I pada bagian (a) di Gambar 4, tidak mungkin menetapkan genotipe lengkap. Diketahui bahwa salah satu dari orang-orang ini pasti pembawa alel CF yang asli, tetapi tidak diketahui apakah itu laki-laki atau perempuan. Seperti fenotipe dominan yang membingungkan pada kacang kapri, alel kedua yang tidak diketahui ditunjukkan dengan tanda hubung (-).

Perkawinan antara pembawa VI-1 dan VI-2 yang tidak berhubungan menghasilkan anak dengan CF. Seberapa besar kemungkinan pernikahan antara pembawa yang tidak berhubungan untuk kondisi genetik resesif? Jawabannya tergantung pada gen yang dimaksud dan populasi tertentu tempat seseorang dilahirkan. Perhatikan beberapa orang yang tidak berkerabat dan tidak mengalami kelainan, seperti II-1 dan II-4. Meskipun sangat mungkin bahwa individu-individu ini adalah homozigot untuk alel normal genotipe *cc*, kemungkinan kecil (yang besarnya tergantung pada populasi) ada bahwa salah satu diantaranya dapat menjadi pembawa penyakit.



Gambar 4. Cystic Fibrosis (CF): kondisi resesif. Pada (a) dua individu yang mengalami kelainan CF (VI-4 dan VII-1) bersifat homozigot dominan  $CC$ , yaitu homozigot untuk alel penyakit resesif. Induknya yang tidak mengalami kelainan haruslah pembawa (*carrir*), jadi V-1, V-2, VI-1, dan VI-2 semuanya memiliki genotipe heterozigot  $Cc$ . Individu II-2, II-3, III-2, III-4, IV-2 dan IV-4 mungkin juga pembawa. Namun, tidak dapat ditentukan diantara I-1 atau I-2 yang merupakan pembawa, jadi ditetapkan genotipenya sebagai  $C_$ . Karena alel CF relatif jarang, kemungkinan II-1, II-4, III-1, III-3, IV-1, dan IV-3 adalah bersifat homozigot resesif  $cc$ . Genotipe orang yang tidak mengalami kelainan CF yang tersisa (VI-3, VI-5, dan VII-2) memiliki genotipe  $c_$ . (b dan c) kedua keluarga ini mendemonstrasikan pola horizontal warisan. Tanpa informasi lebih lanjut, anak-anak yang tidak mengalami kelainan di setiap silsilah harus dianggap memiliki genotipe  $C_$  (Hartwell et al., 2018)

Cara mengenali sifat dominan dan resesif pada silsilah:

1. Sifat dominan:
  - a. Anak-anak yang mengalami kelainan selalu memiliki setidaknya satu orang tua yang memiliki kelainan.



- b. Ciri sifat dominan menunjukkan pola pewarisan vertikal, ciri tersebut muncul di setiap generasi.
  - c. Orang tua yang mengalami kelainan dapat menghasilkan anak yang tidak mengalami kelainan, maka kedua orang tua memiliki genotipe heterozigot.
2. Sifat resesif:
- a. Individu yang mengalami kelainan dapat menjadi anak-anak dari dua pembawa yang tidak mengalami kelainan, terutama sebagai akibat dari perkawinan sekerabat.
  - b. Semua anak dari orang tua yang mengalami kelainan maka akan mewarisi kelainan tersebut.
  - c. Ciri resesif yang langka menunjukkan pola pewarisan horizontal, ciri tersebut pertama kali muncul di antara beberapa anggota satu generasi dan tidak terlihat pada generasi sebelumnya.
  - d. Ciri resesif dapat menunjukkan pola warisan vertikal jika sifat tersebut sangat umum dalam populasi.



# BAB IX

## SISTEM REPRODUKSI MAHLUK HIDUP

### A. Organ Reproduksi Pada Hewan

Reproduksi merupakan proses penting bagi semua bentuk kehidupan. Tanpa melakukan reproduksi, tak satu spesies pun di dunia ini yang mampu hidup lestari. Setelah dewasa alat-alat reproduksi akan berkembang dan proses reproduksi dapat berlangsung baik spesies jantan maupun betina. Organ reproduksi pada hewan dibagi menjadi hewan tingkat rendah (avertebrata) dan hewan tingkat tinggi (vertebrata).

#### 1. Hewan Tingkat Rendah (Avertebrata)

Pada hewan tingkat rendah terdapat dua cara reproduksi yaitu aseksual (tanpa perkawinan) dan seksual (dengan perkawinan). Reproduksi aseksual dilakukan dengan cara:

- a. Pembelahan. Pembelahan dilakukan oleh protozoa, dan beberapa metazoa. Hewan ini akan membelah menjadi dua sel anak (*binary fission*) atau menjadi beberapa sel anak (*multiple fission*). Arah pembelahan sel-selnya ada yang ke arah melintang misalnya pada *Paramecium* dan ada yang ke arah membujur / memanjang misalnya pada *Euglena*.
- b. Tunas. Tunas ini akan melepaskan diri dari induknya bila telah dewasa. Cara reproduksi ini dapat kita jumpai pada *Hydra* atau Porifera.

- c. Gemmule. Gemmule merupakan sel yang banyak mengandung makanan di daerah mesoglea (lapisan tengah) dan berkumpul membentuk seperti bola dikelilingi oleh dinding tebal dari kitin. Gemmule ini dibentuk bila keadaan lingkungan tidak menguntungkan. Contohnya pada porifera air tawar.
- d. Regenerasi. Regenerasi adalah suatu proses perkembangbiakan suatu individu dari bagian tubuhnya yang terlepas. Tetapi regenerasi dapat pula diartikan sebagai penyembuhan/pertumbuhan kembali bagian tubuh yang hilang atau rusak. Contohnya pada: *Planaria*, *Echinodermata*.
- e. Partenogenesis. Partenogenesis yaitu terbentuknya individu baru tanpa terjadinya fertilisasi. Contoh partenogenesis yaitu telur belalang jambu yang dapat menetas meskipun tidak mengalami fertilisasi. Jadi, meskipun hanya seekor betina yang dipelihara, tetapi telur yang dihasilkan tetap dapat menetas. Sel telur dapat berkembang menjadi individu baru walaupun tanpa fertilisasi.

Selain melakukan reproduksi aseksual, hewan tingkat rendah juga mampu melakukan reproduksi secara kawin (seksual). Reproduksi seksual dilakukan dengan cara:

- a. Konjugasi. Hewan tingkat rendah misalnya pada *Paramecium* juga berkembang biak secara generatif melalui *konjugasi*. Caranya dua sel saling mendekat pada bagian mulut selnya, kemudian terjadi tukar menukar inti sel.

- b. Anisogami. Pada *Hydra*, *Plasmodium*, porifera, dan cacing dapat menghasilkan dua jenis gamet yang berbeda dalam bentuk, ukuran serta perilakunya. Gamet jantan biasanya kecil dan bergerak aktif sedangkan yang betina relatif lebih besar tetapi pasif. Anisogami merupakan cara reproduksi seksual yang paling umum dilakukan oleh tumbuhan tinggi dan hewan bertulang belakang. Reproduksi semacam ini lebih dikenal dengan nama fertilisasi (pembuahan).
- c. Metagenesis. Merupakan reproduksi yang saling bergantian antara reproduksi aseksual dengan reproduksi seksualnya. Cara reproduksi semacam ini terdapat pada *Coelenterate*, misalnya *Obelia*. Hewan ini memiliki polip yang melakukan reproduksi aseksual dan bentuk medusa (ubur-ubur) yang melakukan reproduksi seksual.
- d. Hermaprodit. Hermaprodit yaitu satu individu menghasilkan sel sperma dan ovum. Meskipun hermaprodit, cacing dan bekicot tetap memerlukan hewan lain untuk melakukan perkawinan.

## 2. Hewan Tingkat Tinggi (Vertebrata)

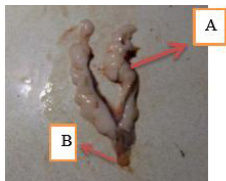
*Reproduksi seksual pada vertebrata diawali dengan perkawinan dan terjadi fertilisasi. Fertilisasi menghasilkan zigot yang akan berkembang menjadi embrio. Fertilisasi pada vertebrata dapat terjadi secara eksternal atau secara internal. Fertilisasi eksternal merupakan penyatuan sperma dan ovum di luar tubuh hewan betina, yakni berlangsung di*

dalam air. Contohnya pada ikan (*pisces*) dan amfibi (*katak*). Fertilisasi internal merupakan penyatuan sperma dan ovum yang terjadi di dalam tubuh hewan betina. Dimulai dengan kopulasi, yaitu masuknya alat kelamin jantan ke dalam alat kelamin betina. Fertilisasi internal terjadi pada hewan yang hidup di darat (*terrestrial*), contohnya pada reptil, aves dan mamalia.

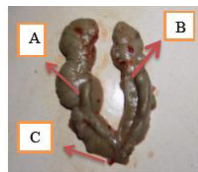
Organ Reproduksi pada hewan tingkat tinggi yaitu sebagai berikut:

a. Ikan (*Pisces*)

Organ reproduksinya meliputi testis, vas deferens, lubang urogenitalia untuk jantan dan untuk betina adalah ovarium, oviduk dan lubang urogenitalia.



Gambar 1.1 Organ Reproduksi Ikan Jantan, (Marlina, 2018). Ket: A: Gonad Jantan, B: Saluran Urogenital Jantan.



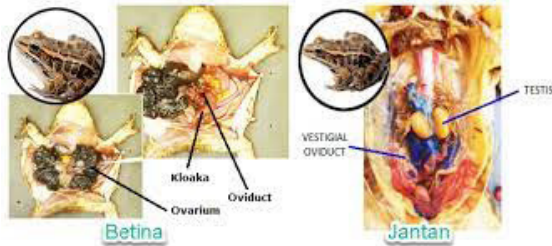
Gambar 1.2 Organ Reproduksi Ikan Betina, (Marlina, 2018). Ket: A: Gonad Betina Kiri, B: Gonad Betina Kanan, C: Saluran Urogenital Betina.

Gambar 1. A. Organ reproduksi ikan jantan. Gambar 1.2. Organ reproduksi ikan betina.

Sumber: (<https://www.google.com/search?q=reproduksi+ikan&tbm>

b. Katak (*amphibia*)

Organ reproduksinya meliputi testis, vas efferentia dan kloaka untuk jantan dan untuk betina yaitu ovarium, oviduk dan kloaka.

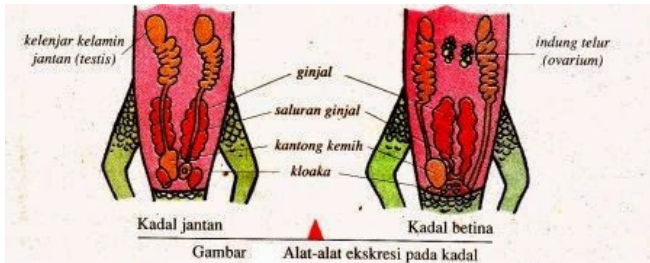


Gambar 2. Organ reproduksi katak betina dan katak jantan

Sumber;(<https://www.google.com/search?q=organ+reproduksi+KATAK&tbm>)

c. Reptil (Reptilia)

Organ reproduksinya meliputi testis, hemipenis, vas deferens, epididimis dan kloaka. Untuk betina yaitu ovarium, oviduk dan kloaka.

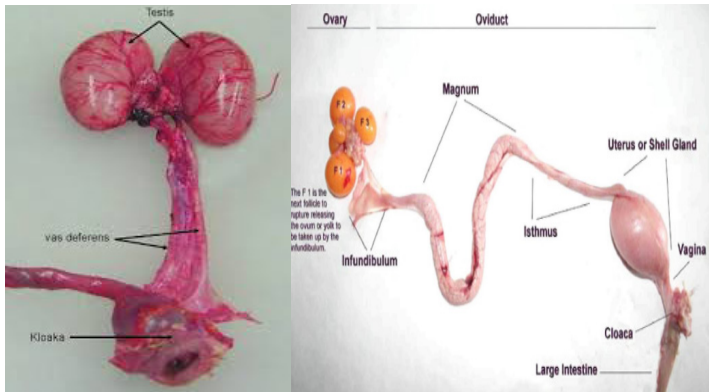


Gambar 3. a. Organ reproduksi reptil jantan,  
b. organ reproduksi reptil betina.

Sumber : (<https://www.google.com/search?q=organ+kelamin+reptil&tbm>)

d. Burung (Aves)

Organ reproduksi bagi yang jantan yaitu testis, vas deferens dan kloaka. Untuk yang betina meliputi ovarium kiri, oviduk, dan kloaka.



Gambar 4. a. Organ reproduksi burung jantan,  
b. Organ reproduksi burung betina.

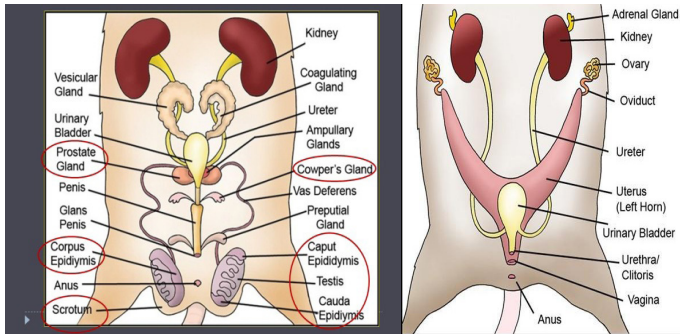
Sumber: (<https://www.google.com/search?q=organ+kelamin+burung+betina&tbn>)

#### e. Mamalia

Organ reproduksi jantan meliputi penis, vas deferens, testis dan anus. Testis berfungsi untuk menghasilkan sperma. Sperma dikeluarkan melalui saluran sperma yang disebut vas deferens. Untuk memindahkan sperma ke dalam tubuh hewan betina terdapat organ yang dinamakan penis. Organ reproduksi betina meliputi ovarium, oviduk, dan uterus. Ovarium berfungsi untuk menghasilkan sel telur atau ovum. Sel telur yang telah dilepaskan dari ovarium (ovulasi) keluar melalui saluran telur dan akhirnya sampai di uterus. Jika sel telur ini dibuahi oleh sperma, akan terbentuk zigot yang akan tumbuh dan berkembang menjadi embrio. Setiap embrio memperoleh nutrisi dan oksigen dari plasenta yang dihubungkan melalui



tali pusat. Jika sudah tiba masa lahirnya, embrio lepas dari uterus dan dikeluarkan melalui vagina.



Gambar 5. a. Organ reproduksi mamalia jantan, b. Organ reproduksi mamalia betina. Sumber: (<https://www.google.com/search?q=organ+kelamin+mamalia&tbm>)

## B. Organ Reproduksi pada Tumbuhan

Reproduksi pada tumbuhan dibagi menjadi 2 yaitu secara vegetatif dan generatif. Contoh vegetatif alami antara lain dengan umbi lapis, umbi batang, rizom, tunas liar (adventif), tunas, geragih, spora, dan fragmentasi.

1. Spora. Reproduksi dengan spora biasanya terjadi pada lumut dan tumbuhan paku. Spora tumbuhan lumut dibentuk oleh generasi sporofit, yaitu di dalam sporangium (kotak spora). Spora tumbuhan paku dihasilkan oleh daun fertil (sporofil) pada permukaan bawah daun fertil (sporofil) pada permukaan bawah daun atau di tepi-tepi daun.
2. Fragmentasi. Fragmentasi adalah perkembangbiakan dengan cara memisahkan diri dari koloni induknya dan tumbuhan menjadi individu baru. Pada umumnya,

fragmentasi terjadi pada ganggang hijau yang berbentuk filament, misalnya *Hydrodictin* sp.

3. Tunas. Biasanya tunas muncul pada tumbuhan yang telah dewasa (tua). Tunas ini dapat muncul dari akar, batang, atau daun. Pembentukan tunas batang misalnya terjadi pada tumbuhan bambu, tebu, dan pisang. Tunas akar misalnya pada tumbuhan cemara, sukun, kesemek. Tunas daun pada tumbuhan cocor bebek. Tunas-tunas yang muncul selain pada batang dinamakan tunas adventif (liar).
4. Umbi lapis. Umbi lapis adalah batang yang tumbuh dibawah tanah. Bentuk umbi lapis menggelembung, berair dan memiliki sisik-sisik daun yang berfungsi sebagai cadangan makanan. Umbi lapis memiliki tunas samping (anak umbi lapis) yang tumbuh di antara daun. Tunas samping akan tumbuh menjadi individu baru dan memisahkan diri dari induknya. Tumbuhan yang membentuk umbi lapis antara lain bawang merah
5. Umbi batang (Tuber). Umbi batang adalah batang yang menggelembung di bawah tanah. Umbi batang berisi cadangan makanan. Pada umbi batang terdapat mata tunas-mata tunas yang kelak tumbuh menjadi tumbuhan baru. Umbi batang terdapat antara lain pada kentang.
6. Rizom. Rizom adalah batang yang tebal dan tumbuh di bawah tanah. Pada rizom terdapat tunas, sisik-sisik daun, dan antar ruas. Jika rizom terpisah dari induknya maka akan tumbuh menjadi individu baru. Rizom terdapat

pada tumbuhan Zingiberaceae, dahlia, dan beberapa jenis rumput.

7. Stolon (Geragih). Stolon sering kita lihat pada rumput-rumputan liar. Stolon merupakan batang yang menjalar di permukaan atau di bawah tanah. Panjang stolon ini bisa bermeter-meter. Di sepanjang stolon tumbuh tunas-tunas liar yang kelak akan tumbuh menjadi individu baru. Stolon yang menjulur di atas tanah misalnya pegagan (*Centella asiatica*) dan stroberi (*Fragraria vesca*), sedangkan yang menjalar di bawah tanah misalnya rumput teki (*Cyperus rotundus*).

Contoh vegetatif secara buatan (dengan campur tangan manusia) antara lain stek, cangkok, mengenten, okulasi, dan merunduk.

1. Stek adalah cara perkembangbiakan dengan menggunakan potongan-potongan batang atau cabang, terutama pada daerah yang berbuku-buku, misalnya tanaman *Manihot utilisima* (singkong) dan *Saccharum officinarum* (tebu).
2. Cangkok adalah cara perkembangbiakan dengan membuang sebagian kulit dan kambium secara melingkar pada cabang batang, lalu ditutup dengan tanah yang kemudian dibungkus dengan pembalut (sabut atau plastik). Setelah akar tumbuh, batang dipotong kemudian ditanam. Cangkok hanya dapat dilakukan pada tumbuhan dikotil.
3. Mengenten adalah menyambung dua jenis tumbuhan yang berbeda. Mula-mula biji tumbuhan disemaikan.

Setelah tumbuh sebesar yang diinginkan, lalu dipotong dan disambung dengan potongan cabang/ranting jenis tumbuhan lain yang kualitasnya lebih baik dan diameter batangnya kurang lebih sama, lalu dibalut dan diikat dengan kuat.

4. Okulasi (Menempel). Okulasi pada dasarnya sama dengan mengenten. Okulasi dilakukan dengan cara mengambil mata tunas pada batang. Kedua macam tumbuhan yang diokulasi biasanya mempunyai kelebihan tersendiri, misalnya tumbuhan jeruk yang perakarannya kuat, buahnya sedikit dan kecil-kecil dengan tumbuhan jeruk yang perakaran lemah namun dapat berbuah banyak dan besar-besar.
5. Merunduk adalah menundukkan cabang/batang tumbuhan hingga masuk ke dalam tanah. Pada bagian yang ditimbun tanah tersebut kemudian akan muncul akar. Setelah perakaran kuat, lalu batang dipotong dan dipisahkan dengan induknya.
6. Kultur jaringan adalah menanam/mengkultur sel tumbuhan dalam medium buatan yang dilengkapi hormon. Dari sel tersebut akan tumbuh individu baru yang sama dengan induknya.

Keuntungan-keuntungan reproduksi secara vegetatif buatan antara lain, sifat-sifat tumbuhan hasil reproduksi sama dengan sifat-sifat tumbuhan induknya dan cepat menghasilkan buah. Kekurangan-kekurangannya antara lain system perakaran kurang kuat, terutama yang dilakukan dengan stek

atau cangkok; dan jika tanaman dipotong ranting-rantingnya maka dapat menyebabkan menurunnya pertumbuhan.

Reproduksi seksual/generatif pada tumbuhan merupakan cara reproduksi yang melibatkan proses peleburan gamet jantan dan gamet betina. Proses peleburan dua gamet induk ini biasa disebut pembuahan. Reproduksi generatif terjadi pada tumbuhan berbiji (Spermatophyta), baik gymnospermae (berbiji terbuka) maupun angiospermae (berbiji tertutup). Organ perkembangbiakan tumbuhan biji adalah putik (pistil) dan benang sari (stamen).

1. Putik. Putik adalah alat kelamin betina yang dapat menghasilkan sel kelamin betina dan di sebut sel telur (ovum). Bagian – bagian putik yaitu:
  - a. Kepala putik (stigma). Kepala putik berfungsi sebagai tempat berlangsungnya penyerbukan di atas kepala putik terdapat bulu-bulu yang sangat halus dan berlendir sehingga dapat membantu menangkap serbuk sari.
  - b. Tangkai putik.
  - c. Bakal buah. Bakal buah terdapat paling dekat dengan dasar bunga (Reseptakulum) bakal buah berisi satu atau lebih bakal biji (ovulum).
  - d. Benang Sari. Benang sari adalah alat kelamin jantan yang dapat menghasilkan sel kelamin jantan yang di sebut sel sperma (Spermatozoid).

## 2. Perhiasan Bunga

- a. Mahkota Bunga. Mahkota bunga berfungsi untuk menarik serangga penyerbuk, pelindung benang sari dari putik dan sebagai tempat hinggap serangga yang akan menghisap madu.
- b. Kelopak Bunga. Fungsinya melindungi bunga pada waktu masih menguncup untuk menarik perhatian serangga dan hewan agar dapat membantu proses penyerbukan.



Gambar 6. Organ pada bunga.

Sumber : <https://sel.co.id/organ-reproduksi-bunga-lengkap/>

## **C. Proses Reproduksi Pada Hewan Tingkat Tinggi**

*Reproduksi seksual pada vertebrata diawali dengan perkawinan yang diikuti dengan terjadinya fertilisasi. Fertilisasi menghasilkan zigot yang akan berkembang menjadi embrio. Fertilisasi pada vertebrata dapat terjadi secara eksternal atau secara internal. Fertilisasi eksternal merupakan penyatuan sperma dan ovum di luar tubuh hewan betina, yakni berlangsung dalam suatu media cair, misalnya air. Contohnya pada ikan (pisces) dan amfibi (katak) Fertilisasi internal merupakan penyatuan sperma dan ovum yang terjadi di dalam tubuh hewan betina. Hal ini terjadi karena adanya peristiwa kopulasi, yaitu masuknya alat kelamin jantan ke dalam alat kelamin betina. Contohnya pada reptil, aves dan mamalia.*

### **1. Ikan (Pisces)**

Ikan merupakan jenis hewan ovipar. Ikan jantan dan ikan betina tidak memiliki alat kelamin luar. Pembuahan ikan terjadi di luar tubuh. Sel telur dikeluarkan melewati oviduk dan kemudian dialirkan ke lubang urogenital. Setelah ikan betina mengeluarkan sel telur di sembarang tempat atau di tempat tertentu, maka akan diikuti oleh ikan jantan dengan mengeluarkan sperma. Sperma melewati vas efferentia dan menuju kloaka. Kloaka merupakan tempat keluarnya sperma, saluran urin, dan sisa pembuangan makanan.

### **2. Katak (Amphibia)**

Katak jantan dan katak betina tidak memiliki alat kelamin luar. Pembuahan katak terjadi di luar tubuh. Pada saat kawin,

katak jantan dan katak betina akan melakukan amplexus, yaitu katak jantan akan menempel pada punggungkatak betina dan menekan perut katak betina. Kemudian katak betina akan mengeluarkan ovum ke dalam air. Setiap ovum yang dikeluarkan diselaputi oleh selaput telur (membran vitelin). Sebelumnya, ovum katak yang telah matang dan berjumlah sepasang ditampung oleh suatu corong. Perjalanan ovum dilanjutkan melalui oviduk. Di dekat pangkal oviduk pada katak betina dewasa terdapat saluran yang menggembung yang disebut kantung telur (uterus). Oviduk katak betina terpisah dengan ureter. Oviduk nya berkelok-kelok dan bermuara di kloaka. Segera setelah katak betina mengeluarkan ovum, katak jantan juga akan menyusul mengeluarkan sperma. Sperma dihasilkan oleh testis yang berjumlah sepasang dan disalurkan ke dalam vas deferens. Vas deferens katak jantan bersatu dengan ureter. Dari vas deferens sperma lalu bermuara di kloaka. Setelah terjadi fertilisasi eksternal, ovum akan diselimuti cairan kental sehingga kelompok telur tersebut berbentuk gumpalan telur. Gumpalan telur yang telah dibuahi kemudian berkembang menjadi berudu. Berudu awal yang keluar dari gumpalan telur bernapas dengan insang dan melekat pada tumbuhan air dengan alat hisap. Berudu awal kemudian berkembang dari herbivor menjadi karnivora atau insektivora (pemakan serangga). Bersamaan dengan itu mulai terbentuk lubang hidung dan paru-paru, serta celah-celah insang mulai tertutup. Selanjutnya celah insang digantikan dengan anggota gerak depan.



### 3. Reptil (Reptilia)

Fertilisasinya terjadi di dalam tubuh (fertilisasi internal). Umumnya reptil bersifat ovipar, namun ada juga reptil yang bersifat ovovivipar, seperti ular garter dan kadal. Telur ular garter atau kadal akan menetas di dalam tubuh induk betina. Namun makanannya diperoleh dari cadangan makanan yang ada dalam telur. Reptil betina menghasilkan ovum di dalam ovarium. Ovum kemudian bergerak di sepanjang oviduk menuju kloaka. Reptil jantan menghasilkan sperma di dalam testis. Sperma bergerak disepanjang saluran yang langsung berhubungan dengan testis, yaitu epididimis. Dari epididimis sperma bergerak menuju vas deferens dan berakhir di hemipenis. Hemipenis merupakan dua penis yang dihubungkan oleh satu testis yang dapat dibolak-balik seperti jari-jari pada sarung tangan karet. Pada reptil mengadakan kopulasi, hanya satu hemipenis saja yang dimasukkan ke dalam saluran kelamin betina. Ovum reptil betina yang telah dibuahi sperma akan melalui oviduk dan pada saat melalui oviduk, ovum yang telah dibuahi akan dikelilingi oleh cangkang yang tahan air. Pada beberapa jenis reptil, telur ditanam dalam tempat yang hangat dan ditinggalkan oleh induknya. Di dalam telur terdapat persediaan kuning telur yang berlimpah. Hewan reptil seperti kadal, iguana laut, beberapa ular dan kura-kura serta berbagai jenis buaya melewati sebagian besar hidupnya di dalam air. Namun mereka akan kembali ke darat ketika meletakkan telurnya.

#### 4. Burung (*Aves*)

Fertilisasi terjadi di dalam tubuh. Hal ini dilakukan dengan cara saling menempelkan kloaka. Pada burung betina hanya ada satu ovarium, yaitu ovarium kiri. Ovarium kanan tidak tumbuh sempurna dan tetap kecil yang disebut rudimenter. Ovarium dilekati oleh suatu corong penerima ovum yang dilanjutkan oleh oviduk. Ujung oviduk membesar menjadi uterus yang bermuara pada kloaka. Pada burung jantan terdapat sepasang testis yang berhimpit dengan ureter dan bermuara di kloaka. Fertilisasi akan berlangsung di daerah ujung oviduk pada saat sperma masuk ke dalam oviduk. Ovum yang telah dibuahi akan bergerak mendekati kloaka. Saat perjalanan menuju kloaka di daerah oviduk, ovum yang telah dibuahi sperma akan dikelilingi oleh materi cangkang berupa zat kapur. Telur dapat menetas apabila dierami oleh induknya.

#### 5. Mamalia (*Mammalia*)

Semua jenis mamalia, misalnya sapi, kambing dan marmut merupakan hewan vivipar (kecuali Platypus). Mamalia jantan dan betina memiliki alat kelamin luar, sehingga pembuahannya bersifat internal. Sebelum terjadi pembuahan internal, mamalia jantan memasukkan alat kelamin jantan (penis) ke dalam alat kelamin betina (vagina). Pada betina terdapat organ ovarium yang menghasilkan ovum yang kemudian bergerak di sepanjang oviduk menuju uterus. Selain uterus, terdapat serviks (rahim) yang berakhir pada vagina. Pada mamalia jantan terdapat testis yang berisi sperma, berjumlah sepasang dan terletak dalam skrotum. Sperma yang dihasilkan testis

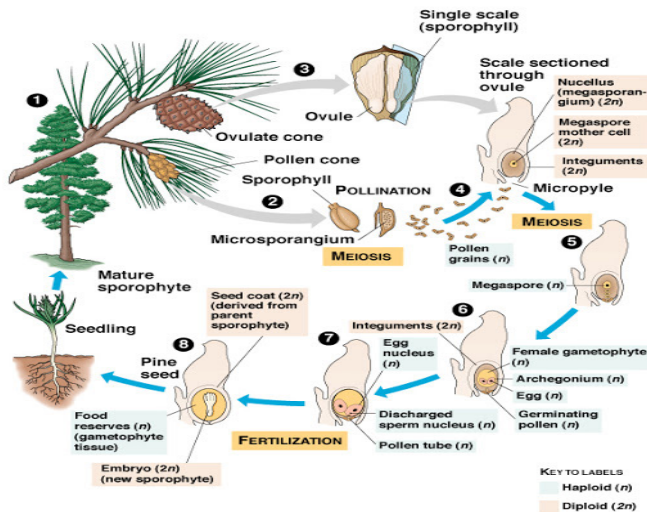
disalurkan melalui vas deferens yang bersatu dengan ureter. Pada pangkal ureter juga bermuara saluran prostat dari kelenjar prostat. Kelenjar prostat menghasilkan cairan yang merupakan media tempat hidup sperma. Sperma yang telah masuk ke dalam serviks akan bergerak menuju uterus dan oviduk untuk mencari ovum yang masak. Ovum yang telah dibuahi sperma akan membentuk zigot yang selanjutnya akan menempel pada dinding uterus. Zigot akan berkembang menjadi embrio dan fetus. Zigot membutuhkan banyak zat makanan dan oksigen yang diperoleh dari uterus induk dengan perantara plasenta (ari-ari).

#### **D. Proses Reproduksi Pada Tumbuhan**

Proses reproduksi seksual pada tumbuhan memerlukan gamet jantan dan betina. Proses tersebut diawali penyerbukan dan dilanjutkan dengan proses pembuahan. Pada tumbuhan biji terbuka (*gymnospermae*) belum memiliki bunga yang sesungguhnya. Alat reproduksi disebut konus atau runjung yang dilindungi oleh sisik. Runjung ada 2 macam yaitu runjung betina dan runjung jantan. Runjung jantan mempunyai beberapa mikrosporofil. Setiap mikrosporofil mempunyai dua mikrosporangium yang di dalamnya terbentuk sel induk mikrospora. Sel induk mikrospora akan mengalami meiosis menghasilkan empat mikrospora yang haploid. Runjung betina terdiri atas sumbu tengah yang dilekati sisik. Setiap sisik terdapat dua ovul (bakal biji). Setiap ovul dilapisi oleh integumen yang bersatu dengan megasporangium. Di dalam megasporangium terdapat satu sel induk megaspora yang

akan mengalami meiosis menghasilkan empat megaspora. Tiga diantara megaspora akan mereduksi diri sehingga tinggal satu megaspora yang fungsional. Proses penyerbukan dan pembuahan terjadi sebagai berikut:

1. Serbuk sari mulai berkecambah dan membentuk tabung sari serta masuk ke jaringan megasporangium. Sel generatif membelah menjadi sel tangkai dan sel tubuh. Sel tubuh membelah membentuk gamet jantan atau sperma. Tabung serbuk sari akan menembus sel leher dari arkegonium dan melepaskan isinya kedalam sel telur. Salah satu sel sperma akan bersatu dengan sel telur dan semua sisa dari inti gametofit jantan akan tereduksi.

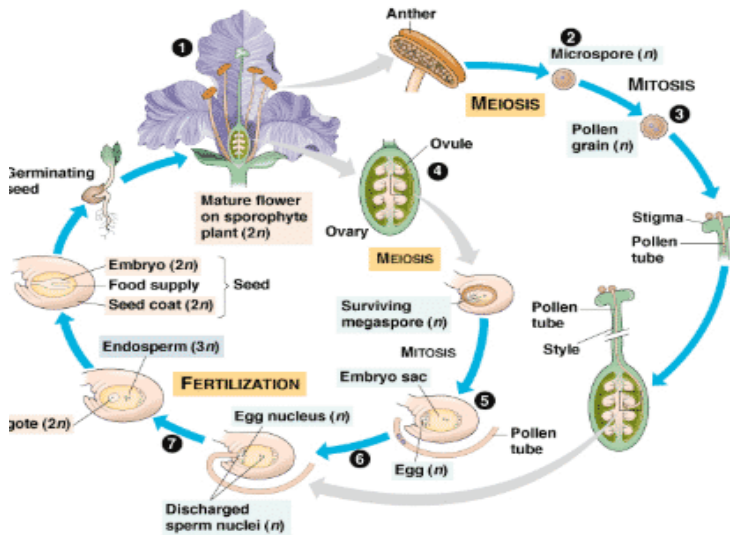


Gambar 7. Proses penyerbukan pada gymnospermae.

Sumber : (<http://hotmariaagustina.blogspot.com/2012/09/perbedaan-reproduksi-angiospermae.html>)

2. Penyerbukan pada tumbuhan biji tertutup (angiospermae)  
Pembentukan gametofit betina berasal dari hasil pembelahan inti kandung lembaga primer di dalam bakal biji. Proses pembentukannya adalah sebagai berikut : inti kandung lembaga primer membelah tiga kali berturut-turut sehingga terbentuk delapan inti, tiga inti di daerah mikrofil yang terdiri dari satu buah sel telur dan dua sel pengapit sel telur, yang disebut sel sinergid, tiga inti di daerah kalaza disebut antipoda, dan dua inti bergerak ke bagian tengah kandung lembaga melebur membentuk inti kandung lembaga sekunder. Jadi gametofit betina terdiri atas sel telur(n), sel sinergid (n) dan inti kandung lembaga sekunder (2n). Gametofit jantan dibentuk di dalam kantong sari. Selama Gametogenesis inti serbuk sari membelah menghasilkan inti vegetatif dan inti generatif, yang tidak sama besar. Sel vegetatif lebih besar dari sel generatif. Inti sel generatif membelah secara mitosis dan menghasilkan 2 sel sperma. Proses pembuahan berawal dari proses penyerbukan. Selisih antara penyerbukan dan proses pembuahan relatif pendek. Pada saat serbuk sari jatuh di kepala putik segera terbentuk buluh serbuk sari. Pada ujung buluh serbuk sari terdapat inti vegetatif bertindak sebagai penunjuk jalan bagi dua inti sperma. Selanjutnya buluh serbuk sari terus tumbuh memanjang mencapai bakal biji. Di dalam bakal biji inti sperma I (n) membuahi sel telur (n) sehingga terbentuk zigot (2n) dan inti sperma II (n) membuahi inti kandung lembaga

sekunder sehingga terbentuk endosperm ( $3n$ ). Peristiwa pembuahan ini disebut pembuahan ganda.



Gambar 8. Proses penyerbukan pada angiospermae.

Sumber : (<https://duniapendidikan.co.id/reproduksi-angiospermae/>)

## **BAB X**

# **SISTEM REPRODUKSI PADA MANUSIA**

Sistem reproduksi adalah kumpulan struktur terorganisir yang berperan dalam penciptaan (pembentukan) kehidupan baru bagi kelangsungan hidup makhluk hidup (manusia). Dalam proses reproduksi berperan dua individu yaitu jantan (pria) dan betina (wanita). Sistem reproduksi pria dan wanita memiliki struktur yang berbeda yang saling melengkapi. Penyatuan gamet pria dan wanita yang masing-masing membawa separuh set kromosom untuk membentuk individu baru dengan set kromosom lengkap. Sistem reproduksi pria dan wanita dirancang agar memungkinkan penyatuan bahan genetik dari dua pasangan seksual. Sistem reproduksi wanita dilengkapi untuk menampung dan memelihara keturunan sampai tahap perkembangan sehingga memungkinkan individu baru tersebut bertahan hidup secara independen di lingkungan eksternal.

Organ reproduksi primer (gonad) terdiri dari sepasang testis (pria) dan sepasang ovarium (wanita). Pada kedua jenis kelamin, gonad matur memiliki dua fungsi yaitu (1) menghasilkan gamet (gametogenesis) yaitu spermatozoa pada pria dan ovum (sel telur) pada wanita dan (2) menghasilkan hormon seks, testosteron (pria) dan estrogen serta progesteron (wanita).

Baik pria maupun wanita memiliki organ reproduksi eksternal (bagian luar) dan internal (bagian dalam). Organ reproduksi bagian luar pria terdiri dari penis dan scrotum, sedangkan organ reproduksi bagian dalam yaitu testis, epididimis, duktus deferens, vesikula seminalis, duktus ejakulator, serta kelenjar prostat. Pada wanita, organ reproduksi bagian luar terdiri dari mons pubis, labia mayora, labia minora, klitoris, glandula vestibularis mayor dan glandula vestibularis minor. Sedangkan organ reproduksi bagian dalam yaitu vagina, tuba uterine, uterus serta ovarium. Keseluruhan organ-organ tersebut baik organ dalam maupun organ luar memiliki peran dalam proses reproduksi manusia.

#### **A. Organ Reproduksi Pada Pria**

Sistem reproduksi pria terjadi dalam tiga bagian yaitu pertama spermatogenesis merupakan tahap pembentukan sperma, kedua kinerja kegiatan seksual pria dan ketiga pengaturan fungsi reproduksi pria oleh berbagai hormon. Tugas utama sistem reproduksi pria adalah untuk menghasilkan sel sperma dan menyalurkan sperma ke organ reproduksi wanita. Sperma dihasilkan oleh testis tepatnya di tubulus seminiferus. Penyaluran sperma ke organ reproduksi wanita melewati beberapa tahapan yaitu (1) adanya peran testis yang menghasilkan sel spermatozoa dan hormon testosterone, (2) kelenjar tambahan menyediakan cairan (semen) serta (3) saluran tambahan yang menyimpan dan membawa sperma dari testis dan kelenjar tambahan ke penis.



Spermatogenesis terjadi di dalam tubulus seminiferus selama kehidupan seksual aktif, yang disebabkan oleh rangsangan hormon gonadotropin hipofisis anterior. Spermatogenesis merupakan suatu proses kompleks yang melibatkan tahap proliferasi mitotik, miosis dan pengemasan. Pertama-tama sel germinativum primordial yang belum berdiferensiasi (spermatogonia) yang masing-masing mengandung komplemen diploid 46 kromosom, berproliferasi. Proliferasi ini menghasilkan dua sel anakan, satu sel anak tetap berada di batas luar tubulus seminiferous untuk mempertahankan sel germinativum dan yang lainnya bergerak ke arah lumen untuk menghasilkan sperma. Pada manusia, sel anak penghasil sperma membelah secara mitosis dua kali lagi untuk menghasilkan empat spermatosit primer identik. Selama miosis, setiap spermatosit primer (jumlah diploid 46 kromosom rangkap) membentuk dua spermatosit sekunder (masing-masing haploid 23 kromosom rangkap) selama pembelahan miosis pertama, kemudian menghasilkan empat spermatid (masing-masing 23 kromosom tunggal) pada pembelahan miosis kedua. Pada tahap terakhir, spermatid mengalami pengemasan menjadi spermatozoa.

Aktivitas seksual pria terjadi melalui beberapa tahapan yaitu ereksi, lubrikasi, emisi dan ejakulasi. Ereksi adalah mengerasnya penis yang normalnya lunak agar dapat masuk ke dalam vagina, yang disebabkan oleh impuls saraf parasimpatis yang menjalar dari bagian sacral medula spinalis melalui nervus pelvikus ke penis. Lubrikasi yaitu sekresi lendir oleh kelenjar uretra dan kelenjar bulbouretralis selama

koitus. Kebanyakan rubrikasi selama koitus lebih disebabkan oleh kelamin wanita dari pada pria. Sedangkan emisi dan ejakulasi merupakan puncak dari aksi seksual pria. Pada saat rangsangan seksual menjadi kuat, pusat refleks pada medulla spinalis mulai melepas impuls simpatis yang meninggalkan medula pada L-1 dan L-2 dan menyebrang ke organ genital melalui pleksus hipogastrik dan pleksus simpatis pelvikus untuk mengawali emisi dan selanjutnya ejakulasi.

Pengaturan fungsi seksual pada pria dimulai dengan sekresi hormon pelepasan gonadotropin (GnRH) oleh hipotalamus, selanjutnya hormon ini merangsang kelenjar hipofisis anterior untuk menyekresikan dua hormon lainnya yaitu hormon gonadotropin (1) hormon lutein (LH) dan hormon perangsang folikel (FSH). LH merangsang testis mengeluarkan hormon testosterone dan FSH merangsang spermatogenesis.

## **B. Organ Reproduksi Bagian Luar dan Dalam**

Organ reproduksi bagian luar pria terdiri dari penis dan scrotum, sedangkan organ reproduksi bagian dalam yaitu testis, epididimis, duktus deferens, vesikula seminalis, duktus ejakulator, serta kelenjar prostat.

Penis terletak menggantung di depan skrotum, bagian ujung disebut glans penis, bagian tengah disebut korpus penis, bagian pangkal disebut radiks penis. Kulit ini berhubungan dengan pelvis, skrotum, dan perineum. Kulit pembungkus sangat tipis dan tidak berhubungan dengan bagian permukaan dalam dari organ dan tidak mempunyai jaringan adiposa.

Secara anatomis, organ penis terdiri dari dua bagian, yaitu : pars occulta dan pars libera. Pars occulta disebut juga radiks penis atau pars fiksa, yang terdiri atas dua krura penis dan satu bulbus penis. Sementara itu, pars libera terdiri atas korpus penis dan glans penis. Pars occulta adalah bagian penis yang tidak bergerak, terletak dalam spatium parineei superfisialis. Pars occulta merupakan jaringan erektil. Krura penis melekat pada bagian kaudal sebelah dalam dari rumus inferior ossis ischia ventral dari tuber iskiadikum. Sementara itu, bulbus penis terletak antara kedua krura penis dalam spatium perinei superfisialis. Glans penis merupakan bagian yang dipisahkan dari korpus oleh suatu penyempitan yang dinamakan kollum, sedangkan peninggian dibagian distal yang membatasinya dinamakan korona glandis. Preputium penis adalah lipatan kulit yang menutupi glans penis mulai dari kollum glandis sampai orifisium uretrae eksternum. Preputium penis terdiri atas dua lapis kulit (luar dan dalam). Lapisan dalam tidak ada rambut sama sekali, hanya mengandung kelenjar-kelenjar lemak yang dinamakan glandula praeputialis dari Tyson, yang menghasilkan smegma praeputii. Praeputium penis merupakan bagian yang dipotong saat sirkumsisi atau sunat.

Penis terdiri atas jaringan-jaringan otot, jaringan spons yang lembut, pembuluh darah, dan pembuluh saraf. Fungsinya yaitu untuk kopulasi (hubungan antara alat kelamin jantan dan betina untuk memudahkan semen masuk ke dalam organ reproduksi betina). Badan penis terdiri atas tiga rongga silindris (sinus) jaringan erektil yaitu (1) dua rongga yang berukuran lebih besar disebut korpus kavernosus, terletak

bersebelahan dan (2) rongga yang ketiga disebut korpus spongiosum, mengelilingi uretra. Jika rongga tersebut terisi darah, maka penis tersebut menjadi lebih besar, kaku dan tegak (mengalami ereksi).

Secara anatomi, skrotum merupakan suatu kantong yang terdiri atas jaringan kutis dan subkutis yang terletak dorsal dari penis dan kaudal dari simfisis pubis. Di depan skrotum terdapat penis dan dibelakang terdapat anus. Selain itu, skrotum juga terbagi atas dua bagian dari luar oleh raphe scroti, dan dari dalam oleh septum skrotum scroti. Masing-masing kantong skrotum ruangan berisi testis, epidermis, dan sebagai funikulus spermatikus. Bentuk dari skrotum tergantung dari kontraksi dan relaksasi tunika dartos. Lapisan otot tunika dartos akan berkontraksi pada keadaan lingkungan yang dingin. Ketika berolahraga atau saat ada rangsangan seksual, maka kulit skrotum akan mengerut dan skrotum mengecil. Sebaliknya, lapisan otot tunika dartos akan relaksasi saat cuaca panas, maka kulit skrotum lebih halus atau rata sehingga skrotum akan memanjang atau mengendor. Skrotum sinistra lebih rendah daripada dekstra. Lapisan skrotum terdiri atas lapisan kutis dan subkutis.

Lapisan kutis merupakan lapisan kulit yang sangat tipis mengandung pigmen lebih banyak daripada kulit sekitarnya sehingga lebih gelap warnanya. Terdapat sedikit rambut, tetapi memiliki kelenjar sebacea dan kelenjar keringat yang lebih banyak. Lapisan subkutis disebut juga tunika dartos. Lapisan subkutis terdiri atas serabut-serabut otot polos dan tidak didapatkan jaringan lemak. Lapisan subkutis melekat

erat pada jaringan kutis suprafisialnya dan merupakan lanjutan dari fascia superfisial dan fascia penis superfisial.

Testis merupakan kelenjar kelamin berjumlah sepasang yang menghasilkan sel sperma dan hormon testosteron. Berat testis berkisar 10-14 g, panjangnya 4 cm, diameter antero-posteriorinya kurang lebih 3 cm, dan memiliki ketebalan (dari medial ke lateral) kurang lebih 2,5 cm. testis merupakan kelenjar eksokrin (sitogenik) dan endokrin. Disebut kelenjar eksokrin karena menghasilkan hormon untuk pertumbuhan genitalia eksterna. Testis berbentuk oval terdapat di dalam skrotum dimana skrotum ini dapat menjaga suhu testis. Jika suhu terlalu panas, skrotum mengembang, jika suhu dingin skrotum mengerut sehingga testis lebih hangat. Testis kiri dan kanan dibatasi oleh suatu sekat yang terdiri atas serat jaringan ikat dan otot polos. Pada janin, testis terdapat dalam kavum abdominalis dibelakang peritoneum. Sebelum kelahiram akan turun ke kanalis inguinalis bersama dengan fenikulus spermatikus kemudian masuk ke dalam skrotum.

Secara anatomis, Epididimis merupakan organ yang berbentuk huruf c, terletak pada fascies posterior testis dan sedikit menutupi fascies lateralis. Epididimis adalah saluran halus yang panjangnya kira-kira 6 cm, terletak disepanjang atas tepi dan belakang testis dan terdiri dari (1) kaput epididimis, berhubungan erat dengan bagian atas testis sebagai duktus eferens dan testis (2) kaput epididimis, badan ditutupi oleh membran sersa serikalis sepanjang tepi posterior (3) kauda epididmis, ekor disebut juga globulus minor ditutupi oleh membran serosa dan berhubungan dengan duktus deferens (4)

ekstremitas superior, bagian yang besar dan (5) ekstremitas inferior, seperti titik.

Secara fisiologis fungsi dari epididimis adalah untuk menyimpan spermatozoa sampai penuh, kemudian dialirkan ke dalam duktus epididimis. Epididimis mengumpulkan sperma dari testis dan menyediakan ruang, serta lingkungan untuk proses pematangan sperma.

Secara fisiologis fungsi duktus deferens adalah membawa spermatozoa dari epididimis ke duktus ejakulatorius. Duktus deferens adalah duktus ekskretorius dari testis, merupakan lanjutan dari kanalis epididimis, panjangnya 50-60 cm. mulai dari bagian bawah kauda, epididymis berbelit-belit, secara berangsur-angsur naik sepanjang tepi posterior testis dan sisi medialis bagian fenikulus spermatika, membelok sepanjang sisi lateral arteri epigastrika kemudian menjurus ke belakang agak turun ke fosa iliaka eksterna dan mencapai kavum pelvis.

Vesikula seminalis adalah organ berbentuk kantong bergelembung-gelembung yang menghasikan cairan seminal. Posisinya tergantung isi vesika urinaria. Bila vesika urinaria penuh maka posisinya lebih vertikal, sedangkan bila kosong posisinya horizontal. Vesika seminalis terbungkus oleh jaringan ikat fibrosa dan muscular pada dinding dorsal vesika urinaria. Vesika seminalis merupakan dua ruangan diantara fundus vesika urinaria dan rectum, masing-masing ruangan berbentuk piramid. Permukaan anterior berhubungan dengan fundus vesika urinaria. Permukaan posterior terletak di atas rektum yang dipisahkan oleh fascia rektovesikalis. Panjang kelenjar ini 5-10 cm, merupakan kelenjar sekresi yang menghasilkan

zat mukoid. Zat ini banyak mengandung fruktosa dan zat gizi yang merupakan sumber energi bagi spermatozoa. Vesika seminalis bergabung dengan duktus deferens, penggabungan ini disebut duktus ejakulatorius.

Secara anatomi, Duktus ejakulatorius merupakan gabungan dari duktus deferens dan duktus ekskretorius vesikula seminalis, menuju basis prostat, yang akhirnya bermuara ke dalam kolikulus pada dinding posterior lumen uretra. Panjangnya 2 cm mulai dari lobus medialis basis glandula prostat berjalan ke depan bawah di antara lateralis dari utrikulus prostatikus berakhir ke dalam pinggir urtikulus.

Kelenjar prostat terdiri dari sisi apeks, basis, fascies infero lateral, fascies anterior, dan fascies posterior. Apeks merupakan bagian paling kaudal dari glandula prostat, letaknya kurang lebih 10 cm dorsal dari simfisis pubis. Basis merupakan bagian proksimal dari glandula prostat, terletak setinggi pertengahan simfisis pubis. Kelenjar prostat ini terletak di bawah kandung kemih, mengelilingi bagian pertama uretra. Fungsinya adalah menghasilkan cairan encer keputihan saat ejakulasi.

Kelenjar bulbo uretra berbentuk bundar, kecil, dan warnanya kuning. Kelenjar ini memiliki panjang 2,5 cm dan fungsinya hampir sama dengan kelenjar prostat. Kelenjar bulbo uretralis dibungkus oleh simpai jaringan ikat tipis yang luarnya terdapat serat-serat otot rangka. Jaringan ikatnya banyak mengandung serat elastin, serat otot rangka, dan serat otot polos. Kelenjar bulbo uretra terdapat tepat dibawah prostat. Kelenjar ini adalah kelenjar tubulo-alveolar kompleks dan menghasilkan sekret kental, bersifat alkali dan terang.

## Organ Reproduksi Pada Wanita

Reproduksi dimulai dengan perkembangan ovum di dalam ovarium. Satu ovum dikeluarkan dari folikel ovarium masuk ke dalam rongga abdomen pada pertengahan daur seksual setiap bulan. Ovum ini kemudian berjalan melewati salah satu tuba fallopi menuju uterus, dan jika sudah dibuahi oleh sperma, akan tertanam dalam uterus, tempat di mana ovum akan berkembang menjadi janin, plasenta, dan membran janin.

Peran wanita dalam reproduksi lebih rumit dari pada peran pria. Fungsi esensial sistem reproduksi wanita mencakup hal-hal berikut yaitu (1) membentuk ovum (*oogenesis*) (2) menerima sperma (3) mengangkut sperma dan ovum ke tempat penyatuan (*fertilisasi*, atau *konsepsi* atau pembuahan) (4) memelihara janin yang sedang tumbuh sampai janin dapat bertahan hidup di dunia luar (*gestasi*, atau *kehamilan*), mencakup pembentukan *plasenta*, organ pertukaran antara ibu dan janinnya (5) melahirkan bayi (persalinan, *partus*) serta memberi makan bayi setelah lahir dengan menghasilkan susu (*laktasi*).

Oogenesis berlangsung melalui proses replikasi dan pembelahan kromosom. Sel germinativum primordial yang belum berdiferensiasi di ovarium janin (oogonia) membelah secara mitosis untuk menghasilkan 6 juta sampai 7 juta oogonia. Proses ini dimulai dengan pembentukan oosit primer dan folikel primer yang mengandung jumlah diploid 46 kromosom replikasi. Selama ini oosit primer berada dalam keadaan *meiotic arrest* (penghentian proses miosis)



selama bertahun-tahun sampai sel ini dipersiapkan untuk ovulasi. Tepat sebelum ovulasi, oosit primer yang nukleusnya mengalami *meiotic arrest* selama bertahun-tahun segera menyelesaikan pembelahan miosis pertamanya. Pembelahan ini menghasilkan dua sel anak, masing-masing menerima set haploid 23 kromosom ganda. Tahap ini dinamakan tahap pembentukan oosit sekunder dan folikel sekunder. Setelah terbentuk oosit sekunder maka terbetuklah ovum matang yang diovulasikan dan dibuahi. Ovum yang berhasil dibuahi oleh sperma dan berkembang menjadi janin sampai menjadi individu baru (bayi). Kesemua proses ini merupakan peran dari organ reproduksi wanita.

### **C. Organ Reproduksi Bagian Luar dan Dalam**

Alat reproduksi wanita terdiri dari traktus genitalis yang terletak dalam rongga panggul kecil. Alat kelamin luar terdiri dari mons pubis, labio mayora (bibir besar), labio minora (bibir kecil), klitoris, vestibulum vagina, himen (selaput darah), orifisium vagina, bulbovestibularis (bulbus vaginalis), dan glandula vestibularis (Bartolini). Alat kelamin internal terdiri dari vagina, uterus, tuba falopi (uterin) dan ovarium.

Mons pubis atau mons veneris adalah lapisan lemak di bagian anterior simfisis os pubis. Jumlah jaringan lemak bertambah pada masa pubertas dan berkurang setelah menopause. Setelah dewasa, yaitu masa pubertas daerah ini mulai ditumbuhi rambut pubis yang kasar.

Labia mayora merupakan organ yang terdiri atas dua lipatan yang memanjang berjalan ke kaudal dan dorsal dari

mons pubis dan keduanya menutup rima pudendi (pudendal cleft). Permukaan dalamnya licin dan tidak mengandung rambut. Kedua labio mayora dibagian ventral menyatu dan terbentuk komisura anterior. Tampak luar labio mayora terlihat dilapisi oleh kulit yang mengandung banyak kelenjar lemak dan tertutup oleh rambut setelah pubertas, bagian dalam yang permukaanya licin karena dikelilingi oleh folikel sebaseae. Labia mayora juga mengandung akhir dari ligamen teres uteri, beberapa berkas otot polos, saraf-saraf, pembuluh-pembuluh darah, dan pembuluh limfa.

Berbeda dengan labio mayora, labio minora tidak mengandung lemak dan kulit yang menutupnya, memiliki karakteristik licin/halus, basah, dan agak kemerahan. Labia minora tertutup oleh labia mayora, kecuali pada anak-anak dan pada wanita setelah menopause, dimana pada labia mayora berisi lebih sedikit lemak dan lebih kecil.

Labia minora merupakan organ yang terdiri atas dua lipatan kulit kecil terletak diantara kedua labia mayora pada kedua sisi ostium vaginae. Kedua labium minus membatasi sebuah celah yang disebut sebagai vestibulum vaginae. Labio minora ke arah dorsal berakhir dengan bergabung pada aspectus medialis labia mayora dan biasanya berhubungan satu sama lain berupa suatu lipatan transversal yang disebut frenulum labii. Sementara itu, ke depan, masing-masing labium minus terbagi menjadi bagian lateral dan medial. Pars lateralis kiri dan kanan bertemu membentuk sebuah lipatan diatas (menutup) glans klitoridis. Kedua pars medialis kiri

dan kanan bergabung dibagian kaudal klitoris membentuk frenulum klitoris.

Klitoris homolog dengan penis pada pria. Klitoris adalah tonjolan kecil yang melingkar berisi jaringan erektil yang sangat sensitif, terdapat dibawah komisura labia anterior dan sebagian tersembunyi diantara ujung anterior labio minora. Banyak mengandung saraf dan mempunyai kemampuan membesar jika dipenuhi darah. Klitoris terletak dorsal dari komissura anterior labia mayora dan hampir keseluruhanya tertutup oleh labia minora. Klitoris terdiri atas (1) korpus kaverosus: mengandung jaringan erktil yang ditutupi oleh lapisan padat dan (2) membran fibrosa: bergabung sepanjang permukaan medial oleh septum pektini formis.

Glandula vestibularis mayor sering disebut juga sebagai kelenjar bartholini, merupakan kelenjar yang bentuknya bulat/ovaid yang ada sepanjang dan terletak dorsal dari bulbus vestibuli atau tertutup oleh bagian posterior bulbus vestibuli. Organ ini homolog dengan glandulu bulbouretralis. Duktus dari masing-masing glandulu bermuara pada cekungan antara labio minora dengan batas perlekatan hymen. Selain itu, organ ini mengeluarkan lendir ke dalam vestibulum vagina untuk melembapkan labia minora dan mayora, serta vestibulum vagina. Sebagian besar terisi oleh lemak. Setelah pubertas, kulit di atasnya tertutup rambut kasar.

Secara anatomi, uterus merupakan organ berongga dengan dinding muscular tebal, terletak di dalam kavum pelvis minor (true pelvis) antara veksika urinaria dan rectum. Ke arah kaudal, kavum uteri berhubungan dengan vagina. Uterus

merupakan organ dimana ovum yang telah dibuahi (fertilized ovum) secara normal tertanam (nidasi) dan tempat normal di mana organisme selanjutnya tumbuh dan mendapat makanan sampai ia lahir.

Uterus terdiri dari: (1) fundus uteri (dasar rahim), ditutupi oleh peritonium, berhubungan dengan fescies vesikalis dan permukaan internalis. (2) korpus uteri yaitu tempat berkembangnya janin. (3) serviks uteri merupakan bagian uterus yang menyempit, berbentuk kerucut dengan apeks yang menjurus ke bawah dan ke belakang dan sedikit melebar ke pertengahan.

Secara fisiologis, posisi uterus mengarah ke ventro kranial yang disebut anteversi dan antefleksi. Anteversi berarti sumbu panjang vagina membentuk sudut kurang lebih 90 derajat menghadap ke ventral, sedangkan arah sebaliknya disebut retroversi. Posisi antefleksi bila sumbu panjang korpus dan sumbu panjang serviks membentuk sudut kurang lebih 170 derajat dan korpus menghadap ke arah ventral, arah sebaliknya disebut retrofleksi. Posisi ini mudah sekali berubah terutama bila vesika urinaria ataupun intestinum distensi (karena berisi penuh) posisinya retroversi meskipun vesika urinaria kosong dan korpusnya menghadap ke dorsal. Pada wanita yang belum pernah hamil/melahirkan (nullipara) dinding uterusnya tebal bentuk pipih antero posterior (dinding anterior berimpit dengan dinding posterior).

Secara anatomi, vagina merupakan organ yang berbentuk tebung dan membentuk sudut kurang lebih 60 derajat dengan bidang horizontal. Namun, posisi ini berubah sesuai dengan

isi vesika urinaria. Dinding ventral vagina yang ditembus serviks panjangnya 7,5 cm, sedangkan panjang dinding posterior kurang lebih 9 cm. dinding anterior dan posterior ini tebal dan dapat renggang (distensibile). Dinding lateralnya di bagian kranial melekat pada ligamen cardinal, dan dibagian kaudal melekat pada diafragma pelvis sehingga lebih rigid dan terviksasi.

Secara fisiologis vagina merupakan organ kopulasi wanita, juga merupakan jalan lahir dan menjadi duktus ekskretorius dari hasil menstruasi. Dilapisi epitel berlapis gepeng, tidak terdapat kelenjar, namun permukaanya tetap basah oleh sekret dari serviks. Vagina bagian atas berhubungan dengan uterus, sedangkan bagian kaudal membuka pada vestibulum vaginae pada lubang yang disebut introitus vaginae.

Vagina memiliki dinding ventral dan dinding dorsal yang elastis. Dilapisi epitel skuamosa berlapis, yang berubah mengikuti siklus haid. Pada anak kecil, epitel ini amat tipis sehingga mudah terkena infeksi. Fungsi vagina untuk mengeluarkan ekskresi uterus pada haid, untuk jalan lahir dan untuk kopulasi (persetubuhan). Bagian atas vagina terbentuk dari duktus mulleri, bawah dari sinus urogenitalis. Batas dalam secara klinis yaitu forniks anterior, posterior, dan lateralis di sekitar serviks uteri. Titik grayenberg merupakan titik daerah sensorik di sekitar anterior dinding vagina, sangat sensitif terhadap stimulasi orgasmus vagina.

Secara anatomis tuba uterine atau sering disebut tuba fallopi, memiliki panjang masing-masing tuba kurang lebih 10 cm, dapat dibagi atas 4 bagian (dari uterus ke arah ovarium).

Secara fisiologis tuba fallopi yang terdiri atas dua buah, di kiri dan kanan yang berfungsi membawa ovum dari ovarium ke kavum uteri dan mengalirkan spermatozoa dalam arah berlawanan. Fertilisasi biasanya terjadi di dalam tuba uterine terutama pada ampulla.

Empat bagian tuba fallopi dapat diuraikan yaitu terdiri dari: (1) pars interstitialis, bagian tuba yang terdapat di uterus, (2) pars isthmica/isthmus yaitu bagian yang sempit pada sudut antara uterus dan tuba, (3) pars ampullaris/ampulla, bagian yang membentuk saluran yang lebar meliputi ovarium dan (4) infundibulum yaitu bagian ujung tuba yang terbuka mempunyai umbul yang disebut fimbriae, melekat pada ovarium untuk menangkap telur yang dilepas oleh ovarium menuju tuba.

Bagian luar tuba diliputi oleh peritoneum viserale, merupakan bagian dari ligamentum latum. Otot dinding tuba terdiri dari muskulus longitudinal dan muskulus sirkuler. Bagian dalam terdapat mukosa berlipat-lipat ke arah longitudinal terutama pada bagian ampulla. Mukosa mempunyai serabut yang mengeluarkan sekresi (getah) yang menimbulkan arus ke arah kavum uteri. Tuba uterin mengarah ke lateral sejauh ekstremitas inferior, dari ovarium naik sepanjang tepi mesovarium, akhirnya turun dan berhubungan dengan margo posterior dan fasis medialis dari ovarium, serta berhubungan dengan fimbriae tuba uterina.

Secara anatomi ukuran dan bentuk ovarium tergantung umur dan stadium dari siklus menstruasi. Bentuk ovarium sebelum ovulasi adalah ovoid dengan permukaan licin dan

berwarna merah muda keabu-abuan. Setelah berkali-kali mengalami ovulasi, maka permukaan ovarium tidak rata atau tidak licin lagi karena banyaknya jaringan perut (cicatrix) dan warnanya berubah jadi abu-abu. Pada dewasa muda ovarium berbentuk ovoid pipih dengan panjang kurang lebih 4 cm, lebar kurang lebih 2 cm, tebal kurang lebih 1 cm, dan beratnya kurang lebih 7 gram.

Secara fisiologis, ovarium merupakan organ eksokrin (sitogenik) dan endokrin. Ovarium disebut dengan eksokrin karena mampu menghasilkan ovum pada saat pubertas, sedangkan disebut organ kelenjar endokrin karena menghasilkan hormon estrogen dan progesteron yang mempengaruhi pertumbuhan genitalia eksternal dan siklus menstruasi. Posisi ovarium pada wanita yang belum pernah hamil terletak pada dinding lateral pelvis setinggi SIAS (pada fossa ovarika). Posisi ovarium tergantung pada posisi uterus karena keduanya dihubungkan oleh ligament-ligamen. Bila uterus membesar misalnya pada waktu hamil, ovarium juga ikut terangkat ke atas dan akan kembali ke posisi semula setelah melahirkan.

Ovarium terletak pada daerah pinggang sebelah kiri dan kanan. Di dalam ovarium terdapat kelenjar endokrin penghasil hormon dan sel tubuh sebagai penghasil ovum (sel telur). Kelenjar yang terletak di kanan kiri uterus terikat oleh ligamentum uterus. Ovarium berhubungan dengan uterus melalui ligamentum ovarii proprium yang terletak pada lapisan belakang ligamentum latum. Sebagian besar ovarium terletak pada intra peritoneal dan tidak dilapisi oleh peritoneum.

Bagian ovarium yang berada di dalam kavum peritoneal (cavum peritonei) dilapisi oleh epitel kubik silinder yang disebut juga epitelium germinativum. Pada bagian bawah epitel ini terdapat tunika albuginea dan dibawah tunika albuginea ditemukan lapisan yang banyak terdapat folikel.

Setiap bulan folikel berkembang menjadi folikel de graaf. Folikel ini merupakan bagian ovarium yang terpenting, dapat di temukan di korteks ovarii. Folikel yang matang terisi dengan liquor folikuli yang mengandung estrogen dan siap berovulasi. Saat pebertas terdapat lebih kurang 400 ribu folikel primordial dalam ovarium. Bila setiap bulan ada satu ovum yang matang, maka selama masa produktif seorang wanita dapat mengeluarkan atau menghabiskan 400-450 folikel, sisanya akan mengalami atresia.

Folikel tumbuh atas rangsangan FSH (follicle stimulating hormone) dari hipofisis anterior. Umumnya belasan folikel tumbuh setiap bulanya, namun hanya satu yang mencapai kematangan sempurna (folikel graaf) dan dilepaskan (ovulasi). Bersamaan waktu hipofisis juga mengeluarkan LH (luteinizing hormone) yang membantu FSH pada tahap akhir pertumbuhan dan ovulasi. Ovum yang dilepaskan dari permukaan ovarium ditangkap oleh fimbriae dan dimasukkan ke dalam lumen tuba uterine. Ovulasi terjadi 14 hari sebelum menstruasi berikutnya.



## DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. ANALISIS VEGETASI.pdf (kemdikbud.go.id)  
(Diakses tanggal 30 April 2021)
- Anonim. BAB II (uin-malang.ac.id) (Diakses tanggal 30 april 2021)
- Anonim. II3 KOMUNITAS Secara genetika individu individu adalah anggota dari suatu | Course Hero (Diakses pada tanggal 29 april 2021)
- Anonim. BIOLOGI TOPI BIRU: EKOLOGI TUMBUHAN.  
(Diakses tanggal 26 April 2021).
- Anonim. PERPUSTAKAAN MAKALAH ONLINE: Makalah Interaksi Antar Komunitas (simba-corp.blogspot.com)  
(Diakses pada 26 April 2021).
- Anonim. Penjelasan Aspek Persebaran Komunitas Tumbuhan di Dunia – Pelajaran Sekolah Online (Diakses 26 April 2021)
- Arsal, A.F. (2018). *Genetika I Arif Memahami Kehidupan*. Makassar: Badan Penerbit UNM.
- Asriyana, Yuliana. 2012. Produktivitas Perairan. Bumi Aksara. Jakarta.
- Bellinger, E.G., & Sigeo, D.C. (2010). *Freshwater algae: Identification and Use as Bioindicators*. Oxford: John Wiley & Sons, Ltd.
- Benonisdottir, S., Oddsson, U., Gudbjartsson, A., Kristjansson, R. P., Sveinbjornsson, G., Oskarsdottir, A., Thorleifsson, G., Davidsson, O. B., Arnadottir, G. A., Sulem, G., Jensson,

- B. O., Holm, H., Alexandersson, K. F., Tryggvadottir, A., Helgason, L., Walters, G. B., Gudjonsson, S. A., Ward, L. D., Sigurdsson, J. K., ... Stefansson, K. (2016). Epigenetic and Genetic Components of Height Regulation. *Nature Communications*, 7, 1–10. <https://doi.org/10.1038/ncomms13490>.
- Bishop, C. D., Erezyilmaz, D. F., Flatt, T., Georgiou, C. D., Hadfield, M. G., Heyland, A., Hodin, J., Jacobs, M. W., Maslakova, S. A., Pires, A., Reitzel, A. M., Santagata, S., Tanaka, K., & Youson, J. H. (2006). What is metamorphosis? *Integrative and Comparative Biology*, 46(6), 655–661. <https://doi.org/10.1093/icb/icl004>.
- Brukhin, V., & Morozova, N. (2011). Plant growth and development - Basic knowledge and current views. *Mathematical Modelling of Natural Phenomena*, 6(2), 1–53. <https://doi.org/10.1051/mmnp/20116201>.
- Bybee, S. M., Hansen, Q., Büsse, S., Cahill Wightman, H. M., & Branham, M. A. (2015). For consistency's sake: The precise use of larva, nymph and naiad within Insecta. *Systematic Entomology*, 40(4), 667–670. <https://doi.org/10.1111/syen.12136>.
- Campbell, N. A., & Reece, J. B. (2010). *Biologi*. Edisi 8, Jilid II. Jakarta: Erlangga.
- Campbell, Reece-Mitchell. 2010. *Biologi Umum*. Penerbit Erlangga. Jakarta.
- Candrawati, D. P. M. A. (2016). *Bahan Ajar*. Prodi Peternakan Fakultas Peternakan UNUD.
- Clapham, W.B. (1973). *Natural Ecosystem*. McMillan.
- Corebima, A.D. (2004). *Genetika Kelamin*. Surabaya: Airlangga University Press.

- Dahl, G. E., & Thompson, I. M. (2012). Effects of Photoperiod on Domestic Animals. *Environmental Physiology of Livestock*, 229–242. <https://doi.org/10.1002/9781119949091.ch13>.
- Dewi, N. N. A., Suksmarini, N. M. P. W., & Sumadi, I. W. J. (2018). Metilasi DNA dalam Perkembangan Kanker Kolorektal. *Intisari Sains Medis*, 9(2), 124–130. <https://doi.org/10.15562/ism.v9i2.176>.
- Djohar, M. (2017). *Ekologi: Populasi, Komunitas, Ekosistem: Mewujudkan Kampus Hijau, Asri, Islami dan Ilmiah*. Cirebon: Nurjati Press.
- Duncan, J. (2016). Entomology : introduction to Entomology /. *Entomology : Introduction to Entomology* /. <https://doi.org/10.5962/bhl.title.122843>.
- Dwidjoseputro. (1998). *Dasar-dasar Mikrobiologi*. Jakarta : Djambatan.
- Effendi, Y. (2020). *Buku Ajar Genetika Dasar*. Magelang Jawa Tengah: Penerbit Pustaka Rumah Cinta.
- ESTD. (2011). *Principles of Genetics and Cytogenetics*. Bharsar: VCSG Uttarakhand University of Horticulture and Forestry.
- Episod, P. M. (2017). *MODUL : Ekosistem*. 1(2), 1–10.
- Finlay, B.J. (2004). Protist Taxonomy: An Ecological Perspective. *Phil. Trans. R. Soc. Lond. B*, 359, pp. 599–610, DOI 10.1098/rstb.2003.1450.
- Goriely, A. (2017). Basic Aspects of Growth. *Interdisciplinary Applied Mathematics*, 45, 3–26. [https://doi.org/10.1007/978-0-387-87710-5\\_1](https://doi.org/10.1007/978-0-387-87710-5_1).
- Gürbilek, N. (2013). Ekosistem, Ekosistem Mangrove, dan Keanekaragaman. *Journal of Chemical Information and Modeling*, 53(9), 1689–1699.

- Guyton & Hall. (1997). Buku Ajar: Fisiologi Kedokteran. Jakarta: Penerbit Buku Kedokteran EGC.
- Hariyani, D., Slamet, A., & Santri, D.J. (2017). Jenis-Jenis Protista di Danau Teluk Gelam Kabupaten OKI Provinsi Sumatera Selatan. *Jurnal Pembelajaran Biologi*, 5(2): 126-136.
- Harminto, Sundowo. (2016). Modul 1. Konsep Dasar Biologi. Jakarta : Universitas Terbuka.
- Hartwell LH, Goldberg ML, Fischer JA, Hood L. (2018). *Genetics from Gene to Genomes*. Sixth Edition. New York: McGraw-Hill Education.
- Hermawan, Hendra. *Buku Ajar Biologi Kelas X Semester 1*. Surakarta: Citra Pustaka.
- Hidayat, Muhammad Luthfi dan Dewi Retnaningati. 2012. *Biologi Kelas X Semester 2*. Klaten: PT Intan Pariwara.
- Hollar, S. (2012). *A Closer Look at Bacteria, Algae, and Protozoa*. New York: Britannica Educational Publishing.
- <https://www.kompas.com/skola/read/2021/02/26/120400769/predasi-dan-kompetisi-beserta-contohnya>
- Irawan, B. (2012). *Genetika Molekuler*. Surabaya: Airlangga University Press.
- Irwan, Z.D. (2003). Prinsip-prinsip Ekologi dan Organisasi, Ekosistem, Komunitas, dan Lingkungan. Jakarta: Bumi Aksara.
- Irwan. (2014). Prinsip-prinsip Ekosistem, Lingkungan dan Pelestariannya. Jakarta: Bumi Aksara.
- IUCN, UNEP, WPF. (1991). *Caring for the Earth A Strategy Sustainable Living*. New York: The World Conservation Union United Nations Environment Programme World Wide Fund For Nature. New York.

- Jayadi, EM. 2015. Ekologi Tumbuhan. IAIN MATARAM.
- Juyal, P., H. B. Paliwal., S. Rawaat, A.B Bhatt.,N. Sijwali. Plant Ecology and Biostatistics. Uttarkhand Open Univerty. India.
- Jorde, L.B., Carey, J.C., Bamshad. (2016). *Medical Genetics*. 5<sup>th</sup> Ed. Canada: Elsevier.
- Kartawinata, K., R. Abdulhadi. 2016. Ekologi Vegetasi Tujuan dan Metode. LIPI Press dan yayasan Pustaka obor Indonesia.
- Kasiyati, K. (2018). Peran Cahaya bagi Kehidupan Unggas: Respons Pertumbuhan dan Reproduksi. *Buletin Anatomi Dan Fisiologi*, 3(1), 116. <https://doi.org/10.14710/baf.3.1.2018.116-125>.
- Klug, W.S., Cummings, M.R., Spencer, C.A., Palladino, M.A. (2009). 9<sup>th</sup> Ed. *Concepts of Genetics*. San Fransisco: Pearson Education, Inc., Publishing.
- Kusnadi. (2016). *Ekologi dan konsep ekosistem*. 24–26. Publishing Co., Inc. New York.
- Leksono, S. (2007). Ekologi: Pendekatan Deskriptif dan Kualitatif. Malang: Bayumedia Publishing.
- Luczak, M. W. (2006). The role of DNA methylation in cancer development. *Folia Histochemica et Cytobiologica*, 44(3), 143–154.
- Maknun, D. 2017. Ekologi, Populasi, Komunitas, Ekositem Mewujudkan Kampus Hijau, Asri, Islami dan Ilmiah. Nurjati Press. Cirebon.
- Marlina, A. 2018. Anatomi Dan Biometri Sistem Reproduksi Ikan Air Tawar Famili *Cyprinidae* Di Telaga Ngebel Ponorogo. Prosiding Seminar Nasional SIMBIOSIS III, Madiun, 15 September 2018 p-ISSN: 9772599121008 e-ISSN: 9772613950003. Hal 332-336.

- Marmi. (2015). Kesehatan Reproduksi. Yogyakarta: Penerbit Pustaka Pelajar.
- Mashudi, S. (2011). Buku Ajar: Anatomi dan Fisiologi Dasar. Jakarta: Penerbit Salemba Medika.
- National Council of Educational Research & Training / NCERT. (2019a). *Biological Classification*. Chapter 2. New Delhi: NCERT Campus. Retrieved from <https://ncert.nic.in/textbook.php?kebo1=0-22>.
- National Council of Educational Research & Training / NCERT. (2019b). *Kingdom Animalia*. Chapter 4. New Delhi: NCERT Campus. Retrieved from <https://ncert.nic.in/textbook.php?kebo1=0-22>.
- Nugroho, L.H., & Sumardi, I. (2004). *Biologi Dasar*. Jakarta: Penebar Swadaya.
- Nuraeny, N., Hakim, D. D., Susilaningsih, F. S., Herawati, D. M., & Gurnida, D. A. (2019). J Ournal of S Ports S Cience & M Edicine. *Sriwijaya Journal of Medicine*, 2, 99–105.
- Odum, E.P. (1993). Dasar-dasar Ekologi. [Terjemahan] Yogyakarta : Gadjah Mada University Press.
- Panawala, L. (2017). *Difference Between Archaeobacteria and Eubacteria*. Retrieved from: <https://www.researchgate.net/publication/316617126>.
- Paulsen, F. & Waschke, J. (2013). Sobotta: Atlas Anatomi Manusia “Organ-Organ Dalam”. Jilid 2, Edisi 23. Jakarta. Penerbit Buku Kedokteran EGC.
- Petersen, J.H. (2013). *The Kingdom of Fungi*. New Jersey: Princeton University Press.
- Pierce, B.A. (2011). *Genetics a Conceptual Approach*. 5<sup>th</sup> Ed. New York: WH Freeman and Company.
- Pierce, B.A. (2016). *Genetics Essentials Concepts and Connections*. 3<sup>rd</sup> Ed. New York: WH Freeman & Company.

- Postlethwait, John H. Janet L. Hopson & Ruth C. Veres. (1991). *Biology*. New York: Mc Graw Hill Inc.
- Putri, M.H., Sukini., & Yodong. (2017). Mikrobiologi. *Bahan Ajar Keperawatan Gigi*. Jakarta: Kementerian Kesehatan Republik Indonesia.
- Rakhmawati, A. (2013). Reproduksi Jamur. *Disampaikan dalam Pembimbingan OSN SMA 9 Yogyakarta pada tanggal 18 Desember 2013*. Yogyakarta: FMIPA UNY.
- Redha, A. R., Raharjo, E. I., & Hasan, H. (2017). Pengaruh Suhu Yang Berbeda Terhadap Perkembangan Embrio Dan Daya Tetas Telur Ikan Kelabau (*Osteochilus melanopleura*). *Jurnal Ruaya : Jurnal Penelitian Dan Kajian Ilmu Perikanan Dan Kelautan*, 4(2), 1–8. <https://doi.org/10.29406/rya.v4i2.481>.
- Rolff, J., Johnston, P. R., & Reynolds, S. (2019). Complete metamorphosis of insects. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 374(1783). <https://doi.org/10.1098/rstb.2019.0063>.
- Rothschild, L.J. (1999). Protozoa, Protista, Protoctista: What's in a Name? *Journal of the History of Biology*, 22(2):277-305.
- Rusyana, Adun. 2014. Zoologi Invertebrata. Penerbit Alfabeta. Bandung.
- Saifuddin. (2011). Anatomi Fisiologi. Jakarta: Penerbit Buku Kedokteran EGC.
- Saifuddin. (2011). Anatomi Tubuh Manusia untuk Mahasiswa Keperawatan. Jakarta. Salemba Medika.
- Salisbury, F. B., & Ross, C. W. (1995). *Fisiologi Tumbuhan*. Penerbit ITB.
- Saryo.S & Roni Koneri. (2016). Ekologi Hewan. Bandung: PT.Patra Media Grafindo.

- Sastrapradja, Didin S., S. Adisoemarto, K. Kartawinata, Setijadi Sastrapradja & Mien A. Rifai. (1989). *Keanekaragaman Hayati untuk Kelangsungan Hidup Bangsa*. Bogor: Pusat Penelitian dan Pengembangan Bioteknologi - LIPI.
- Sherwood, Lauralee. (2012). *Fisiologi Manusia*. Jakarta: Penerbit Buku Kedokteran EGC.
- Simeone, P., & Alberti, S. (2014). Epigenetic heredity of human height. *Physiological Reports*, 2(6), 1–20. <https://doi.org/10.14814/phy2.12047>.
- Sharma, O.P. (2014). *Bryophyta*. New Delhi: McGraw-Hill Education.
- Sharma, O.P. (2016). *Pteridophyta*. New Delhi: McGraw-Hill Education.
- Snustad, D.P., Simmons, M.J. (2012). *Principles of Genetics*. 6<sup>th</sup> Ed. New York: John Wiley & Sons, Inc.
- Solomon, P., E., Berg, R., L., and Martin, W., D. (2008). *Biology*. Edisi 8. USA. Thomson.
- Susan, L., et al. (2007). *Genetika*. Edisi Keempat. Jakarta: Penerbit Erlangga.
- Stajich, J.E., Berbee, M.L., Blackwell, M., Hibbett, D.S., James, T.Y., Spatafora, J.W., & Taylor, J.W. (2009). The Fungi. *Current Biology: CB*, 19(18):840-845, September, DOI: 10.1016/j.cub.2009.07.004.
- Standing Commite on Country Study on Indonesian Biological Diversity. (1992). *Country Study on Indonesian Biological Diversity for United Nations Conference on Enviroment and Development*. Jakarta: Kompasindo.
- Stephenson, S.L. (2010). *The Kingdom Fungi: The Biology of Mushrooms, Molds, and Lichens*. Oregon: Timber Press.
- Sugiarto, Teguh dan Ismawati, Eny. 2008. *Ilmu Pengetahuan Alam kelas VII*. Jakarta: Pusat Perbukuan.



- Sugiyono. (2019). *Metode Penelitian Pendidikan (Kuantitatif, Kualitatif, Kombinasi, R&D dan Penelitian Pendidikan)*. Bandung : penerbit Alfabeta.
- Sujarwanta, Agus, Agil Lepiyanto, dan Suharno Zen. 2014. Biologi umum : bahan pembelajaran berbasis saintific approach. Penerbit Lembaga Penelitian UM Metro. ISBN: 978-602-70106-3-5.
- Sumardi, Yosaphat dkk. 2009. *Konsep Dasar IPA di SD*. Jakarta: Universitas Terbuka.
- Suryanata, N. (2019). Tahukah Anda, Apa Itu Fungi? *Tugas Mikrobiologi*, Retrieved from <https://majalah.stfi.ac.id/tugas-mikrobiologi-tahukah-anda-apa-itu-fungi/>.
- Suryanto, adi. (2020). Modul 1. Biologi dan Metode Ilmiah. Jakarta : Universitas Terbuka.
- Syamsuri, Istamar dkk. 2002. *IPA Biologi untuk SLTP kelas I*. Malang: Erlangga.
- Tambayong, J. (2001). *Anatomi dan Fisiologi untuk Keperawatan*. Jakarta: Penerbit Buku Kedokteran EGC.
- Titlyanov, E.A., Titlyanova, T.V., Li, X., & Huang, H. (2017). *Coral Reef Marine Plants of Hainan Island*. London: Elsevier Inc.
- Tjitrosoepomo, G. 1994. *Taksonomi Tumbuhan Umum*. UGM Press. Yogyakarta.
- Tjitrosoepomo, G. (2009.) *Taksonomi Tumbuhan*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Truman, J. W., & Riddiford, L. M. (1999). The origins of insect metamorphosis. *Nature*, 401(6752), 447–452. <https://doi.org/10.1038/46737>.
- Utomo, Suyud., Sutriyono, Reda (2015). *Ekologi*. Buku materi Pokok. Pusat Penerbitan Universitas Terbuka.

- Van Lavieren, L.P. (1983). *Wildlife Management in Tropics. School of Environmental Conservation Management*. Bogor.
- Webster, J., & Weber, R.W.S. (2007). *Introduction to Fungi*. New York: Cambridge University Press.
- William, Andrews A., Brenda J. Andrews. David A. Balconi & Nancy J. Purcell. (1989). *Discovering Biological Science*. Scarborough – Ontario: Prentice Hall Canada Inc.
- William, Andrews A., Nancy J. Purcell, David A. Balconi, Nancy D. Davies & Donna K Moore. (1989). *Biologi Science. Discovering Biological Science*. Scarborough – Ontario: Prentice Hall Canada Inc.
- Wiraatmaja, I W. (2017). Suhu, Energi Matahari, dan Air Dalam Hubungan Dengan Tanaman. *Modul Fakultas Pertanian Universitas Udayana*, 10–13.
- Wiraatmaja, I Wayan. (2017). Defisiensi dan Toksisitas Hara Mineral serta Responnya terhadap Hasil. In *Bahan ajar*. Program Studi Agroekoteknologi Fakultas Pertanian UNUD.
- Wirakusumah, S. 2003. *Dasar-dasar Ekologi Bagi Populasi dan Komunitas*. Jakarta: UI Press.
- Wulanda, F, A. (2012). *Biologi Reproduksi*. Jakarta: Penerbit Salemba Medika.
- Zen, Suharno dan Triana Asih. 2017. *Zoologi Avertebrata*. Penerbit Laduny Alifatama. ISBN: 978-602-6539-48-9.
- Zoer'aini. (2003). *Prinsip-prinsip Ekologi, Ekosistem, Lingkungan dan Pelestariannya*. Bandung: Bumi Aksara.

## BIOGRAFI PENULIS



Penulis bernama **Ira Nurmawati** lahir di Malang pada tanggal 11 Juli 1988. Penulis menempuh pendidikan S1 Pendidikan Biologi di FMIPA Universitas Negeri Malang pada tahun 2007 dan lulus pada tahun 2011. Pada tahun 2012 penulis melanjutkan studi S2 Pendidikan Biologi di Pascasarjana Universitas Negeri Malang dan lulus pada tahun 2014. Pada tahun 2016-sekarang penulis tercatat sebagai Dosen Tetap Non PNS di Tadris Biologi, Fakultas Tarbiyah dan Ilmu Keguruan IAIN Jember.



**Rosita Fitrah Dewi** lahir di Bondowoso-Jawa Timur pada tahun 1987. Lulus sebagai sarjana dari Pendidikan Biologi, Universitas Jember pada bulan Maret 2011, penulis melanjutkan pendidikan magister Biologi pada universitas yang sama pada bulan September 2011. Sejak tahun 2016, penulis diangkat sebagai dosen pada Tadris Biologi FTIK IAIN Jember.



**Sulis Anjarwati, S.Pd., M.Pd.** Lahir di Sumber Mulyo, 21 Agustus 1991. Telah menyelesaikan studi S1 Pendidikan Biologi di Universitas Muhammadiyah Metro pada tahun 2013, kemudian menyelesaikan studi S2 Pendidikan Biologi di kampus yang sama pada bulan Juni tahun 2015. Bulan September tahun 2015 diterima dan diangkat sebagai dosen tetap di Universitas Nahdlatul Ulama Lampung atau dikenal dengan sebutan UNU Lampung pada Program Studi Pemanfaatan Sumber Daya Perikanan (PSDP). Sejak tahun 2020 hingga saat ini masih menjabat sebagai Kepala Gugus Mutu Fakultas (GMF) di Fakultas Ilmu Sosial dan Humaniora (FISH) dan masih menjabat juga sebagai Pengelola Jurnal Ilmiah E-Journal UNU Lampung yaitu RETEL Journal (Journal on Publication of The Research on Teaching and Language).



**Dr. Dian Aswita, S.Pd., M.Pd.,** lahir di Banda Aceh, pada tanggal 14 Oktober 1988. Pendidikan S1 ditempuh pada prodi Pendidikan Biologi FKIP Universitas Syiah Kuala (2006-2010), jenjang S2 pada Magister Pendidikan Biologi Universitas Syiah Kuala (2012-2014) dan jenjang S3 ditempuh pada Program Doktor Ilmu Pendidikan Konsentrasi Pendidikan Biologi Universitas Negeri Yogyakarta (2015-2019). Saat ini, Penulis bertugas pada FKIP Universitas Serambi Mekkah Aceh. Buku yang pernah diterbitkan diantaranya: “Materi Narit Maja Mengenai

Lingkungan dan Kebersihan” (2016); “Ekowisata Pesisir dan Laut: Biodiversitas SDA, Pemanfaatan dan Pengelolaannya” (2018); dan “Model Pendidikan Ekologi Berbasis Ekowisata Bahari (Laôt Edu-Ecotourism Model)” (2020).



**Eufrasia Jeramat, M.Pd.** Lahir di Ruteng-Manggarai-Flores-NTT pada tahun 1992. Penulis menyelesaikan Sarjana Pendidikan Biologi pada kampus IKIP Budi Utomo Malang pada Tahun 2013, selanjutnya menyelesaikan Magister Pendidikan Biologi di Universitas Negeri Malang pada Tahun 2015. Sejak Tahun 2015 sampai sekarang menjadi dosen tetap di Universitas Katolik Indonesia Santu Paulus Ruteng-Flores-NTT.



**Dr. Hastuti, M.Sc.**, lahir di Sukoharjo, Jawa Tengah pada Tanggal 19 November 1984. Penulis Menempuh Pendidikan S1 pada Jurusan Biologi di Universitas Hasanuddin, S2-S3 ditempuh di Universitas Gadjah Mada. Saat ini penulis mengajar di Sekolah Tinggi Keguruan dan Ilmu Pendidikan (STKIP) Pembangunan Indonesia Makassar dan mengampu mata kuliah Ekologi Tumbuhan dan Filsafat Ilmu.



**Erfitra Rezqi Prasmala, S.Pd., M.Pd** lahir di Malang, Jawa Timur pada Tanggal 11 Mei 1989. Lulus S1 Pendidikan Biologi Universitas Negeri Malang dan Melanjutkan S2 di Program Pascasarjana Pendidikan Biologi Universitas Negeri Malang melalui Program Beasiswa Unggulan Tahun 2012. Saat ini mengajar di Fakultas Pendidikan Ilmu Eksakta dan Keolahragaan IKIP Budi Utomo Malang. Mengampuh matakuliah Evaluasi Pendidikan, Botani, Pengetahuan Lingkungan, Morfologi Tumbuhan, dan hortikultura. Buku yang sudah diterbitkan: Evaluasi Pendidikan Berbasis MOLE (2020).



**Dr. Dra. Rina Priastini Susilowati, MKes** lahir di Surabaya pada tanggal 22 April 1967. Menyelesaikan pendidikan S1 di Jurusan Biologi FMIPA Universitas Pakuan Bogor, kemudian melanjutkan jenjang S2 di Program Pascasarjana Peminatan Anatomi dan Histologi Universitas Airlangga Surabaya pada tahun 1998. Jenjang pendidikan S3 diselesaikan di Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Airlangga dengan predikat *summa cum laude* pada tahun 2016. Dari tahun 1998 hingga saat ini mengajar mata kuliah Biologi Sel, Biologi Molekuler dan Genetika Mendel di Fakultas Kedokteran Universitas Kristen Krida Wacana, serta menjabat sebagai Kepala Departemen Biologi. Sejak tahun 1998 banyak melakukan penelitian di bidang sel, histologi dan bahan alam (*natural*

*product*). Pada tahun 2017 mendapatkan paten obat nyamuk berbahan herbal MORIZENA yang merupakan hasil pengembangan disertasi, serta mendapatkan sertifikasi merk dagang aromaterapi anti nyamuk MORIZENA pada tahun 2020. Hasil-hasil penelitian telah dipresentasikan di seminar nasional maupun seminar internasional, dan menghasilkan beberapa penghargaan sebagai presentan terbaik. Salah satunya di Seminar Internasional ICBEK yang diselenggarakan di Busan, Korea Selatan pada tahun 2017. Selain itu, berdasarkan penelitian yang panjang dan konsisten, hasil-hasil penelitian yang telah dilakukan di publikasi di jurnal nasional yang terakreditasi maupun jurnal internasional bereputasi.



**Suharno Zen, M.Sc** lahir di Margorejo, Kota Metro, Lampung, 23 Februari 1982. Mengajar di Universitas Muhammadiyah Metro pada mata kuliah Zoologi Avertebrata, Zoologi Vertebrata dan Parasitologi. Buku ajar yang sudah diterbitkan: Biologi umum: bahan pembelajaran berbasis saintific approach dan Zoologi Avertebrata.



**Eti Sumiati, M.Sc** lahir di Dompu, NTB, 06 September 1985. Menyelesaikan Program Magister di Fakultas Biologi UGM tahun 2012. Mengabdikan pada Sekolah Tinggi Ilmu Kesehatan (STIKES) Mataram tahun 2012 sampai sekarang. Mengajar mata kuliah Biologi Reproduksi dan Mikrobiologi Kesehatan serta Anatomi dan Fisiologi pada Prodi DIV Kebidanan dan SI Keperawatan STIKES Mataram serta Mata Kuliah Mikrobiologi pada Prodi DIII Farmasi Fakultas Ilmu Kesehatan Universitas Muhamadiyah Mataram. Aktif melakukan Penelitian dan Publikasi Karya Ilmiah di Bidang Kesehatan dan Mikrobiologi. Buku yang sudah diterbitkan: Penulisan Kolaborasi Buku “Teori dan Aplikasi Biologi Umum” (2021) merupakan Buku Pertama bagi Penulis.