

Erfan Dani Septia
Nur Izzatul Maulidah

AGROBIOLOGI

**PERSPEKTIF MOLEKULER
HINGGA EKOSISTEM**

AGROBIOLOGI

Perspektif Molekuler Hingga Ekosistem

**Erfan Dani Septia
Nur Izzatul Maulidah**



Penerbit KBM Indonesia

Adalah penerbit dengan misi memudahkan proses penerbitan buku-buku penulis di tanah air indonesia, serta menjadi media *sharing* proses penerbitan buku

AGROBIOLOGI

Perspektif Molekuler Hingga Ekosistem

Copyright @2026 by Erfan Dani Septia, dkk

All rights reserved

PENERBIT KARYA BAKTI MAKMUR (KBM) INDONESIA

Anggota IKAPI (Ikatan Penerbit Indonesia) **NO. IKAPI 279/JTI/2021**

Depok, Sleman-Jogjakarta (Kantor) **081357517526 (Tlpn/WA)**

Penulis

Erfan Dani Septia

Nur Izzatul Maulidah

Desain Sampul

Aswan Kreatif

Tata Letak

Lailatul Nur Ula

Editor Naskah

Dr. Muhamad Husein Maruapey, Drs., M.Sc.

ISBN

978-634-278-323-8

15,5 x 23 cm, x + 144 halaman

Cetakan ke-1, April 2026

Isi buku diluar tanggungjawab penerbit

Hak cipta merek KBM Indonesia sudah terdaftar di

DJKI-Kemenkumham dan isi buku dilindungi undang-undang

Dilarang keras menerjemahkan, memfotokopi, atau

Memperbanyak sebagian atau seluruh isi buku ini

Tanpa seizin penerbit karena beresiko sengketa hukum

Website

<https://penerbitkbm.com> | www.penerbitbukumurah.com

Instagram

@penerbit.kbmindonesia | @penerbitbukujogja

Email

naskah@penerbitkbm.com

Distributor

<https://penerbitkbm.com/toko-buku/>

Youtube

Penerbit KBM Sastrabook

Sanksi Pelanggaran Pasal 113

Undang-Undang No. 28 Tahun 2014 Tentang Hak Cipta

- (i) Setiap Orang yang dengan tanpa hak melakukan pelanggaran hak ekonomi sebagaimana dimaksud dalam Pasal 9 ayat (1) huruf i untuk Penggunaan Secara Komersial dipidana dengan pidana penjara paling lama 1 (satu) tahun dan/atau pidana denda paling banyak Rp 100.000.000 (seratus juta rupiah).
- (ii) Setiap Orang yang dengan tanpa hak dan/atau tanpa izin Pencipta atau pemegang Hak Cipta melakukan pelanggaran hak ekonomi Pencipta sebagaimana dimaksud dalam Pasal 9 ayat (1) huruf c, huruf d, huruf f, dan/atau huruf h untuk Penggunaan Secara Komersial dipidana dengan pidana penjara paling lama 3 (tiga) tahun dan/atau pidana denda paling banyak Rp 500.000.000,00 (lima ratus juta rupiah).
- (iii) Setiap Orang yang dengan tanpa hak dan/atau tanpa izin Pencipta atau pemegang Hak Cipta melakukan pelanggaran hak ekonomi Pencipta sebagaimana dimaksud dalam Pasal 9 ayat (1) huruf a, huruf b, huruf e, dan/atau huruf g untuk Penggunaan Secara Komersial dipidana dengan pidana penjara paling lama 4 (empat) tahun dan/atau pidana denda paling banyak Rp 1.000.000.000,00 (satu miliar rupiah).
- (iv) Setiap Orang yang memenuhi unsur sebagaimana dimaksud pada ayat (3) yang dilakukan dalam bentuk pembajakan, dipidana dengan pidana penjara paling lama 10 (sepuluh) tahun dan/atau pidana denda paling banyak Rp 4.000.000.000,00 (empat miliar rupiah).

KATA PENGANTAR

Puji syukur ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa atas segala rahmat dan karunia-Nya sehingga buku yang berjudul **Agrobiologi: Perspektif Molekuler hingga Ekosistem** ini dapat diselesaikan dengan baik. Buku ini disusun sebagai upaya untuk menghadirkan kajian komprehensif mengenai prinsip-prinsip biologi dalam konteks sistem pertanian, dengan mengintegrasikan berbagai konsep dari tingkat molekuler hingga ekosistem. Agrobiologi sebagai bidang ilmu memiliki peran penting dalam memahami dinamika kehidupan yang mendasari produktivitas dan keberlanjutan sistem pertanian. Perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi menuntut adanya pemahaman yang lebih mendalam mengenai interaksi antara organisme, lingkungan, serta proses biologis yang kompleks. Oleh karena itu, buku ini menyajikan pembahasan yang mencakup struktur dan fungsi sel, metabolisme, genetika, keanekaragaman hayati, hingga interaksi ekosistem, yang keseluruhannya dirangkum dalam suatu kerangka ilmiah yang terpadu.

Penyusunan buku ini didasarkan pada berbagai sumber ilmiah serta pengalaman akademik dan penelitian penulis di bidang bioteknologi dan fisiologi tanaman. Diharapkan, buku ini dapat memberikan kontribusi sebagai referensi ilmiah dalam memahami sistem kehidupan yang berkaitan dengan pertanian, sekaligus menjadi dasar dalam pengembangan ilmu dan inovasi yang berorientasi pada keberlanjutan. Penulis menyadari bahwa buku ini masih memiliki keterbatasan. Oleh karena itu, kritik dan saran yang membangun sangat diharapkan untuk penyempurnaan

di masa yang akan datang. Akhir kata, semoga buku ini dapat memberikan manfaat bagi pengembangan ilmu pengetahuan dan praktik pertanian yang lebih baik.

Penulis

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR.....	i
DAFTAR ISI.....	iii
DAFTAR TABEL	vii
DAFTAR GAMBAR	ix

BAB 1.

KONSEP DASAR MAKHLUK HIDUP	1
1.1. Pengenalan.....	1
1.2. Karakteristik Makhluk Hidup	3
1.3. Tingkatan Organisasi Biologis.....	13

BAB 2.

KEANEKARAGAMAN HAYATI	23
2.1. Definisi Keanekaragaman Hayati	23
2.2. Klasifikasi Makhluk Hidup.....	24
2.3. Keanekaragaman Genetik, Spesies, dan Ekosistem	26
2.4. Manfaat Keanekaragaman Hayati bagi Manusia dan Ekosistem	27

BAB 3.

SEL, STRUKTUR SEL, DAN FUNGSI DALAM KEHIDUPAN	31
3.1. Teori Sel dan Penemuan Sel	31
3.2. Struktur Sel Prokariotik dan Eukariotik.....	32
3.3. Fungsi Organel Sel	35
3.4. Hubungan antara Struktur Sel dan Fungsinya dalam Kehidupan.....	37

BAB 4.

PEMBELAHAN SEL (MITOSIS)	41
4.1. Proses Pembelahan Sel.....	41
4.2. Fungsi Mitosis dalam Pertumbuhan dan Perbaikan Sel Tanaman.....	47
4.3. Pembelahan Sel Somatik dan Peranan dalam Pertumbuhan Tanaman.....	47

BAB 5.

PEMBELAHAN SEL (MEIOSIS).....	49
5.1. Proses Pembelahan Sel Meiosis	49
5.2. Pembentukan Sel Kelamin (Spermatogenesis dan Oogenesis).....	54
5.3. Pentingnya Meiosis dalam Variasi Genetik dan Pewarisan Sifat.....	56

BAB 6.

FOTOSINTESIS.....	57
6.1. Definisi Fotosintesis	57
6.2. Proses Fotosintesis	58

BAB 7.

RESPIRASI.....	67
7.1. Konsep Dasar Perputaran Energi dalam Ekosistem.....	67
7.2. Respirasi Sel	68
7.3. Perbedaan Respirasi Aerob dan Anaerob	70

BAB 8.

STRUKTUR DAN REPLIKASI DNA.....	73
8.1. Pengantar: Apa itu DNA?.....	73
8.2. Replikasi DNA.....	75
8.3. Struktur DNA	78
8.4. Segmen Okazaki.....	79

8.5. RNA: Asam Ribonukleat	81
8.6. Sintesis Protein	85

BAB 9.

VARIASI DAN MUTASI DALAM PEWARISAN SIFAT 93

9.1. Variasi dalam Pewarisan Sifat.....	93
9.2. Mutasi sebagai Penyebab Variasi.....	94
9.3. Jenis Mutasi.....	95
9.4. Faktor Penyebab Mutasi (Mutagen).....	95
9.5. Dampak Mutasi	96
9.6. Mutagen: Faktor Pemicu Mutasi.....	96
9.7. Klasifikasi Mutagen Berdasarkan Sifatnya.....	96
9.8. Klasifikasi Mutagen Berdasarkan Sumbernya	97
9.9. Dampak Paparan Mutagen	98
9.10. Mutasi Gen: Frameshift Mutation.....	105
9.11. Mutasi Substitusi Pasangan Basa.....	107
9.12. Mutasi Kromosom: Perubahan Struktur.....	109
9.13. Mutasi Kromosom: Perubahan Jumlah.....	112
9.14. Kelainan Akibat Mutasi pada Manusia	115

BAB 10.

KONSEP EVOLUSI 119

10.1. Pengertian Evolusi	119
10.2. Teori-Teori Evolusi.....	121
10.3. Periode Evolusi Bumi.....	122
10.4. Evolusi Hewan.....	125
10.5. Evolusi Invertebrata.....	125
10.6. Evolusi Vertebrata.....	126
10.7. Evolusi Mamalia.....	126
10.8. Signifikansi Evolusi Hewan	126
10.9. Evolusi Manusia.....	126

REFERENSI	129
GLOSARIUM EVOLUSI	131
GLOSARIUM ISTILAH PENTING DALAM SINTESIS PROTEIN DAN DNA	135
GLOSARIUM ISTILAH PENTING DALAM VARIASI DAN MUTASI PADA PEWARISAN SIFAT	139
PROFIL PENULIS	143

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Perbedaan Respirasi Aerob dan Anaerob	71
Tabel 2. Perbedaan Pasangan Basa DNA dan RNA	84
Tabel 3. Perbedaan Utama Mutasi Somatis dan Mutasi Gametik	100
Tabel 4. Perbedaan Utama Jenis Mutasi Fenotipe	102
Tabel 5. Perbedaan Utama Mutasi Tingkat Gen dan Mutasi Tingkat Kromosom	104
Tabel 6. Perbedaan Euploidi dan Aneuploidi	114

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.	Memahami Metabolisme: Keseimbangan Energi Tubuh	8
Gambar 2.	Molekul: Blok Bangunan Dasar Kehidupan	14
Gambar 3.	Mengenal 3 Tingkat Keanekaragaman Hayati	27
Gambar 4.	Arsitektur Kehidupan: Organel pada Sel Tumbuhan dan Hewan	37
Gambar 5.	Profase	42
Gambar 6.	Metafase	43
Gambar 7.	Anafase	44
Gambar 8.	Telofase	45
Gambar 9.	Sitokenesis	46
Gambar 10.	Proses meiosis	50
Gambar 11.	Profase I	51
Gambar 12.	Fotosintesis: Jantung Kehidupan di Bumi	58
Gambar 13.	Mekanisme fotosintesis	59
Gambar 14.	Tahap Awal Fotosintesis	61
Gambar 15.	Siklus Calvin	62
Gambar 16.	Produk akhir siklus calvin	62
Gambar 17.	Perbedaan fotosintesis tanaman C ₃ , C ₄ dan CAM	64
Gambar 18.	Siklus fotointesis dan respirasi selular	68
Gambar 19.	Tahapan respirasi selular	69

Gambar 20. Dari DNA Menjadi Kehidupan	74
Gambar 21. Variasi genetik	94
Gambar 22. Transformasi Kehidupan dan Bumi	120



Bab 1.

KONSEP DASAR MAKHLUK HIDUP

1.1. Pengenalan

1.1.1 Definisi Makhluk Hidup

Makhluk hidup adalah organisme yang memiliki kemampuan untuk melakukan fungsi-fungsi biologis dasar yang memungkinkan mereka untuk tumbuh, berkembang, dan beradaptasi dengan lingkungannya. Ciri-ciri utama makhluk hidup meliputi pertumbuhan, dapat bergerak, bereproduksi, dapat merespon dan merangsang lingkungan, mengeluarkan zat sisa, menyerap nutrisi, bernafas dan berseluler. Makhluk hidup dapat berupa tanaman, hewan, mikroorganisme, atau organisme lainnya yang memiliki struktur dan fungsi yang kompleks serta kemampuan untuk mempertahankan kehidupan melalui proses-proses biologis.

Berbeda dengan benda mati, makhluk hidup memiliki sistem internal yang memungkinkan mereka untuk melakukan proses biologis seperti pembentukan energi, pertumbuhan, dan pemeliharaan struktur internal. Sementara benda mati tidak memiliki kemampuan tersebut dan tidak menunjukkan aktivitas biologis, seperti batu atau air. Makhluk hidup juga dapat beradaptasi dan bereaksi terhadap perubahan dalam lingkungan mereka, sebuah kemampuan yang tidak dimiliki oleh benda mati. Didalam ekosistem, makhluk hidup saling berinteraksi dengan lingkungan mereka, membentuk jaringan kehidupan yang saling bergantung satu sama lain.

1.1.2 Pentingnya Studi Makhluk Hidup

Mempelajari makhluk hidup dan peranannya dalam kehidupan sehari-hari menjadi sangat penting untuk memberikan pemahaman bagaimana kehidupan dapat berfungsi dan berkembang. Pengetahuan ini sangat kompleks, meliputi struktur dan fungsi sel, interaksi antar sel, bagaimana mekanisme genetika dilakukan hingga interaksi antara berbagai spesies dalam ruang lingkup ekosistem. Berkat pemahaman tentang makhluk hidup, para ilmuwan telah berhasil mengidentifikasi dan menganalisis pola-pola penting dalam pengembangan teori ilmiah dan penerapan praktis seperti pada bidang kedokteran, bioteknologi dan ekologi. Tidak hanya itu, berbagai penelitian tentang makhluk hidup telah berkontribusi banyak terhadap penemuan obat-obatan dan segala masalah yang berhubungan dengan kesehatan manusia, hewan dan tumbuhan.

Dalam kehidupan sehari-hari, pemahaman tentang bagaimana makhluk hidup saling berinteraksi dan bagaimana siklus makhluk hidup bertumbuh memiliki dampak yang signifikan terhadap kesehatan dan kesejahteraan manusia. Sebagai contoh, ilmu dan pengetahuan tentang bakteri dan virus dalam pengembangan vaksin dan antibiotik menjadi sebuah temuan

yang berguna untuk melawan berbagai penyakit berbahaya untuk manusia. Selain itu, dengan mendalami pengetahuan tentang makhluk hidup dapat memberikan informasi menyeluruh terhadap bagaimana nutrisi dan proses metabolisme yang terjadi didalam tubuh manusia sehingga dapat mendukung gaya hidup yang lebih baik.

Studi tentang makhluk hidup juga penting untuk pelestarian lingkungan dan keberlanjutan. Hal ini berhubungan dengan bagaimana kita dapat mengidentifikasi dan melindungi ekosistem yang rentan serta menjaga keanekaragaman hayati. Hal ini penting untuk menjaga keseimbangan ekosistem yang mendukung kehidupan di bumi, termasuk kehidupan manusia. Kesadaran tentang hubungan antara manusia dan lingkungan juga mendorong praktik-praktik yang lebih ramah lingkungan dan berkelanjutan, sehingga pada akhirnya berkontribusi besar terhadap kondisi kesehatan bumi secara global.

1.2. Karakteristik Makhluk Hidup

1.2.1 Pertumbuhan

Definisi Pertumbuhan

Pertumbuhan pada makhluk merupakan proses bertambahnya ukuran pada suatu organisme. Dalam konteks biologi, pertumbuhan dikaitkan dengan perubahan fisik dan struktural yang dapat diukur seperti penambahan tinggi, berat dan volume. Seluruh proses ini tidak lepas dari pengaruh faktor-faktor genetik dan lingkungan meliputi nutrisi, cahaya, dan kelembaban. Selain aspek fisik, pertumbuhan juga dapat mencakup perkembangan fungsional, dimana seiring bertambahnya usia terdapat perubahan perilaku dan kemampuan yang dimiliki.

Contoh Pertumbuhan

Pertumbuhan pada tanaman, hewan dan mikroorganisme memiliki proses yang berbeda. Pada tanaman, pertumbuhan dapat diamati melalui beberapa parameter seperti tinggi tanaman, luas daun, diameter batang, jumlah daun dan sebagainya. Tanaman akan terus tumbuh selama fase vegetatif dimulai dari pertumbuhan batang, akar dan daun yang selanjutnya dapat melakukan fotosintesis secara efisien. Akar tanaman akan terus tumbuh untuk mencari air dan nutrisi dalam tanah yang dibutuhkan oleh tanaman untuk proses pertumbuhan dan perkembangan.

Pada hewan, proses pertumbuhan dapat dilihat dari perubahan ukuran dan perkembangan fisik yang terjadi. Sebagai contoh, anak ayam akan tumbuh menjadi ayam dewasa melalui berbagai tahap seperti fase peneasan dan fase pergantian bulu. Pada kasus lain, pertumbuhan hewan juga mencakup bertambahnya kemampuan keterampilan pada hewan tersebut seperti keterampilan berburu, interaksi sosial dan sebagainya. Keseluruhan proses tersebut sangat penting untuk kelangsungan hidup spesies.

Berbeda dengan pertumbuhan pada tanaman dan hewan, pertumbuhan pada mikroorganisme seperti bakteri terjadi melalui pembelahan biner. Pembelahan biner merupakan pembelahan dimana satu sel membelah menjadi 2 sel baru. Proses ini berlangsung sangat cepat, dan dalam kondisi ideal, satu bakteri dapat berkembang biak menjadi jutaan dalam waktu singkat. Pertumbuhan ini sering dipengaruhi oleh faktor lingkungan seperti suhu, pH, dan ketersediaan nutrisi, yang dapat mempercepat atau memperlambat laju pertumbuhannya.

Perbedaan Pertumbuhan dan Perkembangan

Pertumbuhan dan perkembangan merupakan dua konsep yang sering digunakan dalam berbagai studi khususnya dalam studi biologi. Namun pada dasarnya kedua konsep tersebut

memiliki makna yang berbeda meskipun saling terkait. Pertumbuhan merujuk pada peningkatan ukuran dan massa suatu organisme. Proses ini dapat diamati dan diukur secara kuantitatif. Parameter yang dapat diamati yaitu terjadinya perubahan tinggi, berat, atau volume. Pada tanaman, pertumbuhan terlihat dalam penambahan daun dan batang, sedangkan pada hewan, pertumbuhan dapat diukur melalui peningkatan berat badan dan ukuran tubuh. Secara umum, pertumbuhan biasanya dipengaruhi oleh faktor-faktor seperti nutrisi, cahaya, dan kondisi lingkungan.

Sedangkan perkembangan mencakup perubahan yang lebih kompleks yang melibatkan transformasi fungsional dan struktural selama siklus hidup organisme. Perkembangan mencakup tahapan dari embrio hingga dewasa, dan melibatkan proses seperti diferensiasi sel, pembentukan organ, dan perubahan perilaku. Sebagai contoh, pada proses perkecambahan benih, dimulai saat dimana biji berkecambah. Kemudian biji akan menyerap air, mengembang dan memecahkan kulitnya. Akar akan muncul dan tumbuh ke bawah, daun dan batang menembus tanah dan tumbuh ke atas. Pada kupu-kupu, perkembangan meliputi fase telur, larva (ulat), pupa (kepompong), dan akhirnya menjadi kupu-kupu dewasa. Proses ini tidak hanya berfokus pada ukuran, tetapi juga pada kemampuan dan fungsi organisme dalam konteks ekosistem. Selain itu, perkembangan juga dikaitkan dengan reproduksi makhluk hidup yang erat kaitannya dengan perkembangbiakan.

1.2.2 Reproduksi

Definisi Reproduksi

Proses reproduksi pada makhluk hidup merupakan mekanisme penting untuk memastikan kelangsungan spesies. Terdapat dua jenis reproduksi utama: seksual dan aseksual. Reproduksi seksual melibatkan penggabungan gamet dari dua individu, yaitu sel sperma dan sel telur, yang menghasilkan zigot dengan kombinasi genetik unik. Setelah proses fertilisasi, zigot

berkembang menjadi embrio melalui serangkaian tahap yang melibatkan diferensiasi sel dan pembentukan organ, sebelum akhirnya dilahirkan atau menetas. Proses ini menciptakan variasi genetik yang memungkinkan spesies beradaptasi dengan perubahan lingkungan.

Di sisi lain, reproduksi aseksual terjadi tanpa melibatkan gamet, memungkinkan satu individu untuk menghasilkan keturunan yang identik secara genetik. Metode ini termasuk pembelahan biner pada bakteri, budding pada hewan, dan perkembangbiakan vegetatif pada tanaman. Meskipun reproduksi aseksual berlangsung lebih cepat dan lebih sederhana, keturunan yang dihasilkan kurang bervariasi dibandingkan dengan yang dihasilkan melalui reproduksi seksual. Kedua jenis reproduksi ini memiliki keuntungan dan kerugian masing-masing, tetapi keduanya sama-sama penting untuk mempertahankan kehidupan dan evolusi makhluk hidup di bumi.

Jenis-Jenis Reproduksi

Reproduksi pada makhluk hidup dapat dibedakan menjadi dua jenis utama: seksual dan aseksual. Reproduksi seksual melibatkan penggabungan gamet dari dua individu yang berbeda jenis kelamin, yaitu sel sperma dan sel telur, menghasilkan keturunan dengan kombinasi genetik unik. Contoh organisme yang melakukan reproduksi seksual antara lain manusia, tanaman berbunga seperti anggrek dan mawar, serta hewan seperti ikan dan burung, di mana fertilisasi dapat terjadi di dalam atau di luar tubuh.

Di sisi lain, reproduksi aseksual tidak melibatkan gamet, sehingga satu individu dapat menghasilkan keturunan tanpa penggabungan sel dari individu lain. Keturunan yang dihasilkan umumnya identik secara genetik dengan induknya. Contoh organisme yang melakukan reproduksi aseksual meliputi bakteri, yang memproduksi keturunan melalui pembelahan biner; tanaman

seperti stroberi yang berkembang biak secara vegetatif melalui stolon; dan hewan seperti ubur-ubur yang bereproduksi melalui budding. Dengan demikian, kedua jenis reproduksi ini menawarkan strategi yang berbeda untuk kelangsungan hidup spesies, masing-masing dengan keuntungan dan kerugian tersendiri.

Pentingnya Reproduksi

Reproduksi adalah proses vital bagi kelangsungan hidup spesies karena memastikan adanya generasi penerus yang dapat menggantikan individu-individu yang sudah mati. Tanpa reproduksi, populasi suatu spesies akan berkurang dan akhirnya punah. Proses ini tidak hanya menciptakan keturunan, tetapi juga memungkinkan terjadinya variasi genetik. Variasi ini penting untuk adaptasi terhadap perubahan lingkungan, sehingga spesies dapat bertahan dalam menghadapi tantangan, seperti perubahan iklim, predator baru, atau penyakit.

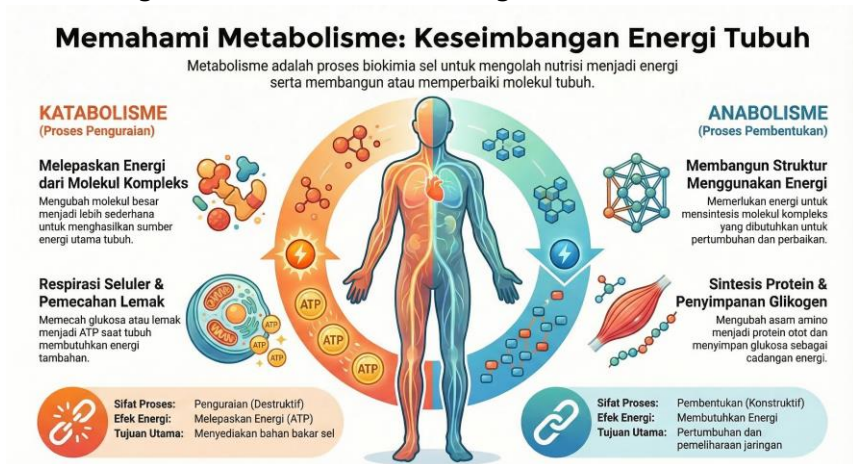
Selain itu, reproduksi juga berperan dalam menjaga keseimbangan ekosistem. Setiap spesies memiliki peran tertentu dalam rantai makanan dan interaksi ekologis lainnya. Ketika suatu spesies dapat bereproduksi dengan baik, mereka dapat mempertahankan jumlah populasi yang sehat, yang penting untuk stabilitas ekosistem secara keseluruhan. Dengan demikian, reproduksi tidak hanya penting untuk individu dan spesies itu sendiri, tetapi juga untuk kelangsungan kehidupan di bumi secara keseluruhan.

1.2.3 Metabolisme

Definisi Metabolisme

Metabolisme adalah serangkaian proses biokimia yang terjadi dalam sel-sel makhluk hidup untuk mempertahankan kehidupan. Proses ini mencakup semua reaksi kimia yang terlibat dalam pengolahan nutrisi menjadi energi, serta sintesis dan degradasi molekul yang diperlukan untuk pertumbuhan,

pemeliharaan, dan reproduksi. Metabolisme terbagi menjadi dua kategori utama: katabolisme dan anabolisme. Katabolisme melibatkan penguraian molekul kompleks menjadi molekul yang lebih sederhana, biasanya disertai dengan pelepasan energi, seperti dalam proses respirasi seluler di mana glukosa dipecah untuk menghasilkan ATP, sumber energi utama sel.



Gambar 1. Memahami Metabolisme: Keseimbangan Energi Tubuh

Di sisi lain, anabolisme adalah proses sintesis molekul yang lebih kompleks dari molekul yang lebih sederhana, memerlukan energi untuk membangun struktur seluler dan biomolekul, seperti sintesis protein dari asam amino. Secara keseluruhan, metabolisme sangat penting untuk mempertahankan homeostasis dalam organisme, memungkinkan mereka untuk tumbuh, beradaptasi, dan bertahan hidup di lingkungan yang berubah.

Jenis-jenis Metabolisme

Anabolisme dan katabolisme adalah dua proses utama dalam metabolisme yang saling berhubungan dalam pengelolaan energi dan bahan di dalam sel. Anabolisme adalah proses sintesis molekul kompleks dari molekul yang lebih sederhana, memerlukan energi, dan contohnya dapat dilihat dalam sintesis protein di tubuh

manusia, di mana asam amino diubah menjadi protein untuk pertumbuhan otot dan pemulihan jaringan setelah berolahraga. Selain itu, glukosa dari makanan yang kita konsumsi disimpan dalam bentuk glikogen di hati dan otot sebagai cadangan energi. Di sisi lain, katabolisme melibatkan penguraian molekul kompleks menjadi molekul yang lebih sederhana, biasanya disertai pelepasan energi.

Contoh katabolisme yang umum adalah respirasi seluler, di mana sel-sel memecah glukosa untuk menghasilkan ATP sebagai sumber energi, serta pemecahan lemak yang terjadi saat tubuh membutuhkan energi tambahan, terutama saat berpuasa atau berolahraga. Dengan demikian, anabolisme dan katabolisme memainkan peran penting dalam mendukung pertumbuhan, pemeliharaan, dan penyediaan energi bagi makhluk hidup dalam kehidupan sehari-hari.

Peran Metabolisme dalam Kehidupan

Metabolisme memiliki peran yang sangat penting dalam mendukung fungsi dan kesehatan makhluk hidup, karena ia mengatur seluruh reaksi biokimia yang diperlukan untuk mempertahankan kehidupan. Pertama, metabolisme menyediakan energi yang diperlukan untuk berbagai proses fisiologis, seperti pertumbuhan, reproduksi, dan pemeliharaan sel. Energi ini dihasilkan melalui katabolisme, di mana molekul kompleks seperti glukosa dipecah untuk menghasilkan ATP, yang menjadi sumber energi utama bagi sel. Tanpa metabolisme yang efisien, organisme tidak akan mampu menjalankan aktivitas dasar yang diperlukan untuk bertahan hidup.

Selain itu, metabolisme juga berkontribusi pada keseimbangan homeostasis dalam tubuh. Proses anabolisme memastikan bahwa molekul penting, seperti protein dan lipid, diproduksi sesuai kebutuhan tubuh, mendukung pembentukan jaringan baru dan perbaikan sel yang rusak. Keseimbangan antara

anabolisme dan katabolisme sangat penting untuk kesehatan; ketidakseimbangan dapat menyebabkan masalah kesehatan, seperti obesitas atau malnutrisi. Oleh karena itu, metabolisme tidak hanya mendukung fungsi-fungsi dasar kehidupan, tetapi juga memainkan peran kunci dalam menjaga kesehatan secara keseluruhan, memungkinkan organisme untuk beradaptasi dan berfungsi dengan baik dalam lingkungan yang berubah.

1.2.4 Respons Terhadap Lingkungan

Definisi Respons Terhadap Lingkungan

Makhluk hidup berinteraksi dengan lingkungan mereka melalui berbagai cara yang kompleks dan saling mempengaruhi. Interaksi ini mencakup hubungan dengan elemen biotik, seperti organisme lain, serta elemen abiotik, seperti air, udara, tanah, dan suhu.

1. Interaksi Biotik

Makhluk hidup sering kali berinteraksi dengan spesies lain dalam ekosistem mereka, baik melalui simbiosis, kompetisi, maupun *predator-prey*. Misalnya, dalam hubungan simbiotik, seperti mutualisme, kedua spesies mendapatkan manfaat, seperti burung yang membersihkan parasit dari tubuh hewan besar. Di sisi lain, dalam hubungan kompetitif, spesies berjuang untuk sumber daya yang sama, seperti makanan atau ruang hidup, yang dapat mempengaruhi populasi dan distribusi mereka. Selain itu, predator dan mangsa juga menciptakan dinamika yang penting dalam ekosistem, di mana keberadaan predator dapat mengontrol populasi mangsa dan menjaga keseimbangan ekosistem.

2. Interaksi Abiotik

Makhluk hidup juga beradaptasi dengan kondisi abiotik di lingkungan mereka. Misalnya, tanaman beradaptasi dengan iklim lokal melalui perubahan fisiologis, seperti penyesuaian ukuran daun untuk mengurangi kehilangan air di daerah

kering. Hewan, seperti beruang kutub, memiliki lapisan lemak tebal dan bulu untuk bertahan hidup di suhu dingin. Selain itu, faktor-faktor seperti kualitas tanah, ketersediaan air, dan cahaya matahari juga memengaruhi pertumbuhan dan perkembangan makhluk hidup.

Contoh Respons Terhadap Lingkungan

Beberapa contoh respons organisme terhadap lingkungan meliputi respon fisiologis dan respon perilaku.

1. Respons Fisiologis

Respon fisiologis pada hewan dan tumbuhan memiliki proses yang berbeda. Pada hewan, respons fisiologis terhadap suhu dingin dapat dilihat pada beruang kutub yang mengembangkan lapisan lemak tebal dan bulu untuk menjaga suhu tubuhnya. Selain itu, saat menghadapi dehidrasi, banyak hewan, seperti kanguru, akan mengurangi aktivitas fisik dan memproduksi urine yang sangat pekat untuk menghemat air. Pada tanaman, respons fisiologis ditunjukkan pada proses fotosintesis. Misalnya, tanaman seperti bunga matahari mengubah arah daun mereka untuk mengikuti cahaya matahari sepanjang hari, sebuah fenomena yang dikenal sebagai heliotropisme.

2. Respons Perilaku

Respon perilaku pada hewan yaitu sebagai contoh burung migrasi melakukan perjalanan ribuan kilometer untuk mencari tempat yang lebih hangat selama musim dingin. Selain itu, banyak hewan, seperti rusa, mengubah pola makan dan tempat berlindung mereka sebagai respons terhadap perubahan musim. Selain itu, pada lebah, menunjukkan perilaku sosial yang kompleks dengan melakukan tarian untuk memberi tahu anggota koloni lainnya tentang lokasi sumber makanan. Ini

adalah bentuk komunikasi yang vital untuk kelangsungan hidup koloni.

Adaptasi dan Evolusi

Makhluk hidup beradaptasi dan berkembang melalui proses evolusi sebagai respons terhadap perubahan lingkungan dengan cara yang kompleks dan beragam. Adaptasi dapat terjadi secara morfologis, fisiologis, atau perilaku. Misalnya, dalam lingkungan yang kering, beberapa spesies tanaman mengembangkan akar yang lebih dalam untuk mencari air atau menghasilkan daun yang kecil untuk mengurangi kehilangan air melalui evaporasi. Hewan, seperti kaktus dan iguana, menunjukkan adaptasi fisiologis, seperti kemampuan untuk menyimpan air dalam tubuh atau mengubah warna kulit untuk mengatur suhu tubuh. Proses ini memungkinkan spesies untuk bertahan dan berkembang dalam kondisi lingkungan yang sulit.

Evolusi berperan penting dalam proses adaptasi ini melalui mekanisme seleksi alam, di mana individu dengan sifat yang lebih sesuai dengan lingkungan mereka memiliki peluang lebih tinggi untuk bertahan hidup dan bereproduksi. Misalnya, dalam populasi kupu-kupu, variasi warna sayap dapat mempengaruhi kemampuan mereka untuk bersembunyi dari predator. Kupu-kupu yang memiliki warna sayap yang lebih sesuai dengan lingkungan mereka cenderung selamat dan menghasilkan keturunan, sehingga sifat tersebut menjadi lebih umum dalam generasi berikutnya. Dengan cara ini, evolusi tidak hanya memungkinkan spesies untuk beradaptasi dengan perubahan lingkungan, tetapi juga memfasilitasi kemunculan spesies baru seiring waktu, memastikan kelangsungan hidup dan diversifikasi kehidupan di bumi.

1.3. Tingkatan Organisasi Biologis

1.3.1 Molekul

Definisi Molekul dalam Konteks Biologis

Molekul adalah struktur dasar yang terdiri dari dua atau lebih atom yang terikat bersama, membentuk substansi dengan sifat tertentu. Dalam konteks biologis, molekul sangat penting karena merupakan komponen dasar yang membentuk struktur dan fungsi semua makhluk hidup. Beberapa molekul kunci dalam kehidupan adalah DNA, protein, dan lipid.

1. DNA (Asam Deoksiribonukleat)

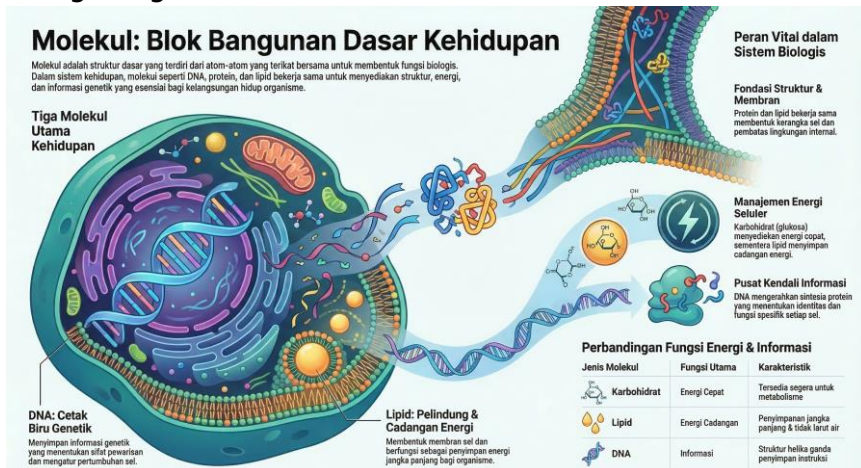
DNA adalah molekul yang menyimpan informasi genetik dalam sel. Terdiri dari dua untai yang membentuk struktur heliks ganda, DNA berfungsi sebagai cetak biru untuk sintesis protein dan pengaturan berbagai proses biologis. Gen-gen yang terdapat dalam DNA menentukan sifat-sifat yang diwariskan dan berperan dalam pertumbuhan, perkembangan, dan fungsi sel. Mutasi atau perubahan dalam urutan DNA dapat mempengaruhi sifat individu dan berkontribusi pada evolusi spesies.

2. Protein

Protein adalah molekul yang terdiri dari rantai panjang asam amino yang terlipat menjadi struktur tiga dimensi. Mereka berfungsi dalam berbagai peran biologis, termasuk sebagai enzim yang mempercepat reaksi kimia, hormon yang mengatur proses fisiologis, dan bagian dari struktur sel. Protein juga terlibat dalam sistem kekebalan tubuh dan transportasi molekul, seperti hemoglobin yang mengangkut oksigen dalam darah. Struktur dan fungsi protein sangat dipengaruhi oleh urutan asam amino yang membentuknya.

3. Lipid

Lipid adalah molekul yang tidak larut dalam air dan termasuk lemak, minyak, fosfolipid, dan sterol. Lipid berfungsi sebagai sumber energi, penyimpanan cadangan energi, dan komponen struktural dalam membran sel. Fosfolipid, misalnya, membentuk lapisan ganda yang menyusun membran sel, memberikan batasan yang memungkinkan sel mempertahankan lingkungan internal yang stabil. Selain itu, lipid juga berperan dalam pengaturan hormon dan proses signaling sel.



Gambar 2. Molekul: Blok Bangunan Dasar Kehidupan

Peran Molekul dalam Makhluk Hidup

Molekul berfungsi sebagai blok bangunan dasar kehidupan dengan memberikan struktur, energi, dan informasi genetik yang diperlukan untuk semua proses biologis. Protein dan lipid membentuk struktur utama dalam sel, di mana protein bertindak sebagai enzim dan komponen struktural, sementara lipid membentuk membran sel yang mengatur interaksi dengan lingkungan. Molekul karbohidrat, seperti glukosa, menyediakan energi cepat, sedangkan lipid menyimpan energi jangka panjang.

Selain itu, DNA berperan sebagai penyimpan informasi genetik yang mengarahkan sintesis protein dan menentukan sifat serta fungsi sel. Dengan beragam peran ini, molekul mendukung integritas, metabolisme, dan interaksi seluler, sehingga esensial bagi kelangsungan hidup organisme.

1.3.2 Sel

Definisi Sel dan Struktur Dasar

Sel adalah unit struktural dan fungsional dasar kehidupan, yang berarti bahwa semua makhluk hidup terdiri dari sel, dan semua proses kehidupan berlangsung di dalam sel. Sebagai unit struktural, sel memberikan bentuk dan organisasi bagi organisme. Mereka dapat bervariasi dalam ukuran, bentuk, dan fungsi, tergantung pada jenis organisme dan perannya dalam tubuh. Sel-sel dapat dibedakan menjadi sel prokariotik, seperti bakteri, yang tidak memiliki inti yang terorganisir, dan sel eukariotik, seperti sel hewan dan tumbuhan, yang memiliki inti dan organel-organel yang terpisah.

Sebagai unit fungsional, sel menjalankan berbagai proses yang mendukung kehidupan, termasuk metabolisme, pertumbuhan, reproduksi, dan respon terhadap lingkungan. Di dalam sel, reaksi biokimia yang kompleks terjadi untuk menghasilkan energi, memproduksi molekul penting, dan mendukung fungsi biologis lainnya. Selain itu, sel juga berkomunikasi dengan sel-sel lain melalui sinyal kimia dan mekanisme pengaturan yang kompleks, memungkinkan koordinasi fungsi di dalam organisme. Dengan demikian, sel tidak hanya membentuk struktur kehidupan tetapi juga menjalankan fungsi vital yang diperlukan untuk kelangsungan hidup.

Jenis-Jenis Sel

Sel prokariotik dan eukariotik memiliki perbedaan mendasar dalam struktur dan organisasi. Sel prokariotik, yang ditemukan pada organisme bersel tunggal seperti bakteri dan archaea, tidak memiliki inti terorganisir. Materi genetik mereka berupa DNA sirkular yang terletak di dalam sitoplasma di area yang disebut nukleoid. Selain itu, sel prokariotik umumnya lebih kecil, berkisar antara 0,1 hingga 5 mikrometer, dan tidak memiliki organel yang terikat membran, seperti mitokondria atau retikulum endoplasma.

Sebaliknya, sel eukariotik, yang terdapat pada organisme bersel tunggal dan multiseluler seperti hewan, tumbuhan, dan jamur, memiliki inti yang terpisah dari sitoplasma, di mana DNA terorganisir dalam kromosom. Sel eukariotik juga lebih besar, biasanya berkisar antara 10 hingga 100 mikrometer, dan memiliki berbagai organel yang terikat membran yang mendukung fungsi sel yang kompleks, seperti mitokondria untuk respirasi seluler dan aparatus Golgi untuk pengolahan protein. Selain itu, reproduksi sel eukariotik dapat terjadi secara seksual maupun aseksual melalui proses yang lebih kompleks seperti mitosis dan meiosis, sedangkan sel prokariotik bereproduksi secara aseksual melalui pembelahan biner.

1.3.3 Jaringan

Definisi Jaringan dan Tipe-Tipe Jaringan

Jaringan adalah kumpulan sel dengan struktur dan fungsi yang sama. Mereka bekerja sama untuk menjalankan tugas tertentu. Dalam organisme multiseluler, jaringan dapat dibedakan menjadi beberapa jenis utama, masing-masing dengan fungsi dan struktur yang khas. Jaringan epitel adalah lapisan sel yang menutupi permukaan tubuh, baik internal maupun eksternal, dan berfungsi sebagai pelindung, pengatur sekresi, serta penyerapan. Jaringan ini dapat ditemukan di kulit, saluran pencernaan, dan organ-organ lainnya, serta memiliki kemampuan untuk regenerasi

dengan cepat. Terdapat beberapa jenis jaringan epitel, seperti epitel skuamosa, kuboid, dan silindris, yang berbeda dalam bentuk dan fungsi tergantung pada lokasi dan kebutuhan spesifik tubuh.

Selain jaringan epitel, jaringan ikat juga merupakan komponen penting dalam struktur organisme. Jaringan ini berfungsi untuk mendukung, menghubungkan, dan memisahkan berbagai jenis jaringan dan organ. Terdapat berbagai jenis jaringan ikat, termasuk jaringan ikat longgar, jaringan ikat padat, dan jaringan adiposa, masing-masing dengan karakteristik dan peran yang berbeda. Di samping itu, jaringan saraf memainkan peran krusial dalam pengolahan dan pengiriman sinyal di seluruh tubuh. Jaringan ini terdiri dari neuron yang bertanggung jawab untuk menghantarkan impuls saraf dan sel glia yang memberikan dukungan dan perlindungan bagi neuron. Kombinasi berbagai jenis jaringan ini memungkinkan organisme multiseluler berfungsi secara efisien dan terkoordinasi.

Fungsi Jaringan dalam Tubuh

Jaringan bekerja sama untuk menjalankan fungsi biologis melalui interaksi dan kolaborasi antara berbagai jenis sel yang membentuknya. Misalnya, dalam sistem pencernaan, jaringan epitel menyusun permukaan saluran pencernaan untuk menyerap nutrisi, sementara jaringan otot berkontraksi untuk mendorong makanan melalui sistem tersebut. Jaringan ikat mendukung dan menghubungkan berbagai bagian, seperti pembuluh darah yang membawa oksigen dan nutrisi. Dengan demikian, setiap jenis jaringan berkontribusi pada fungsi keseluruhan sistem organ, memastikan bahwa organisme dapat mempertahankan homeostasis dan memenuhi kebutuhan biologisnya.

1.3.4 Organ

Definisi Organ dan Contoh-Contohnya

Organ adalah struktur yang terdiri dari berbagai jenis jaringan yang bekerja sama untuk melaksanakan fungsi tertentu dalam tubuh organisme. Setiap organ memiliki bentuk dan ukuran yang spesifik, serta peran yang vital dalam sistem organ yang lebih besar, seperti sistem pencernaan, pernapasan, atau peredaran darah.

Organ berfungsi sebagai unit fungsional yang kompleks, di mana jaringan-jaringan yang berbeda saling berinteraksi untuk mencapai tujuan bersama. Misalnya, jantung sebagai organ terdiri dari jaringan otot jantung yang bertugas memompa darah, jaringan ikat yang memberikan struktur, serta jaringan saraf yang mengatur detak jantung. Kerjasama antar jaringan ini memungkinkan organ untuk beroperasi secara efektif, memastikan bahwa fungsi vital, seperti sirkulasi darah, dapat berjalan dengan baik dan mendukung kehidupan organisme secara keseluruhan.

Sistem Organ

Organ-organ berkelompok membentuk sistem organ melalui kolaborasi dan interaksi yang terkoordinasi untuk menjalankan fungsi kompleks yang diperlukan bagi kelangsungan hidup organisme. Setiap sistem organ terdiri dari beberapa organ yang memiliki peran spesifik, tetapi bekerja sama untuk mencapai tujuan yang sama. Sebagai contoh, dalam sistem pencernaan, organ seperti mulut, lambung, usus halus, dan usus besar masing-masing memiliki fungsi tertentu, seperti mencerna makanan, menyerap nutrisi, dan mengeluarkan sisa. Organ-organ ini saling berhubungan dan berinteraksi melalui jaringan saraf dan sistem peredaran darah, memastikan bahwa proses pencernaan berlangsung secara efisien. Begitu pula dalam sistem pernapasan, organ seperti hidung, trakea, dan paru-paru bekerja sama untuk mengambil oksigen dari udara dan mengeluarkan karbon dioksida.

Kolaborasi antar organ dalam sistem organ ini sangat penting untuk menjaga homeostasis dan mendukung berbagai proses biologis dalam tubuh.

1.3.5 Organisme

Definisi Organisme dan Jenis-Jenisnya

Organisme adalah makhluk hidup yang dapat menjalankan semua fungsi kehidupan, termasuk pertumbuhan, reproduksi, respons terhadap rangsangan, dan metabolisme. Organisme dapat terdiri dari satu sel (uniseluler) atau banyak sel (multiseluler) dan mencakup berbagai bentuk kehidupan.

Jenis-jenis Organisme:

1. Uniseluler: Organisme yang terdiri dari satu sel, seperti bakteri dan protozoa.
2. Multiseluler: Organisme yang terdiri dari banyak sel, seperti hewan, tumbuhan, dan jamur.
 - a. Tumbuhan: Mengandung klorofil dan melakukan fotosintesis, seperti pohon dan bunga.
 - b. Hewan: Organisme yang tidak memiliki klorofil dan bergerak, seperti mamalia, burung, dan ikan.
 - c. Jamur: Organisme yang biasanya tidak melakukan fotosintesis dan memperoleh nutrisi dengan cara menguraikan bahan organik, seperti jamur dan ragi.

Organisme dapat dibedakan lebih lanjut berdasarkan karakteristik dan lingkungan hidupnya, seperti organisme autotrof (yang memproduksi makanan sendiri) dan heterotrof (yang memperoleh makanan dari organisme lain).

Interaksi antara Organisme dan Lingkungan

Organisme berinteraksi dengan lingkungan mereka melalui adaptasi dan respons terhadap kondisi sekitar, seperti suhu, cahaya, dan ketersediaan air. Misalnya, tumbuhan memanfaatkan

cahaya matahari untuk fotosintesis, sementara hewan mencari makanan dan tempat berlindung sesuai dengan kondisi lingkungan yang mereka hadapi. Interaksi ini penting untuk kelangsungan hidup dan pertumbuhan organisme, membantu mereka menyesuaikan diri dengan perubahan lingkungan.

Selain itu, organisme juga berinteraksi satu sama lain melalui berbagai hubungan, seperti simbiosis, kompetisi, dan predator-prey. Dalam hubungan simbiosis, seperti antara lebah dan bunga, kedua organisme saling menguntungkan. Sementara itu, dalam kompetisi, organisme bersaing untuk sumber daya terbatas, dan dalam hubungan predator-prey, predator bergantung pada mangsanya untuk memperoleh makanan. Interaksi ini membentuk ekosistem yang kompleks, di mana setiap spesies memiliki peran penting dalam menjaga keseimbangan dan kesehatan lingkungan.

1.3.6. Populasi dan Komunitas

Populasi adalah kelompok individu dari spesies yang sama yang tinggal di area tertentu dan berinteraksi satu sama lain. Populasi dapat bervariasi dalam ukuran, kepadatan, dan distribusi, serta dapat dipengaruhi oleh faktor-faktor lingkungan, sumber daya, dan interaksi dengan populasi lain. Sedangkan komunitas adalah kumpulan berbagai populasi dari berbagai spesies yang hidup dan berinteraksi di suatu lokasi tertentu. Dalam komunitas, individu dari spesies yang berbeda saling berinteraksi melalui hubungan seperti predasi, kompetisi, dan simbiosis, membentuk ekosistem yang kompleks. Komunitas dapat bervariasi dalam komposisi dan struktur, tergantung pada faktor lingkungan dan spesies yang ada di dalamnya.

Populasi dan komunitas berinteraksi dan beradaptasi melalui berbagai mekanisme yang saling memengaruhi. Pertama, interaksi antar populasi dalam komunitas dapat terjadi melalui kompetisi, predasi, dan simbiosis. Misalnya, dalam suatu komunitas, populasi predator akan memengaruhi ukuran populasi mangsa, dan

sebaliknya, perubahan dalam populasi mangsa dapat memengaruhi keberhasilan predator. Kedua, adaptasi terjadi ketika populasi menghadapi tekanan lingkungan dan interaksi sosial. Misalnya, jika suatu populasi tumbuhan menghadapi kekurangan air, mereka mungkin mengembangkan akar yang lebih dalam untuk mencari sumber air. Adaptasi ini tidak hanya memengaruhi populasi itu sendiri, tetapi juga komunitas secara keseluruhan, karena perubahan dalam satu spesies dapat mengubah dinamika interaksi dengan spesies lain. Dengan cara ini, populasi dan komunitas terus-menerus beradaptasi dan berinteraksi, membentuk keseimbangan yang kompleks dalam ekosistem.

1.3.7. Ekosistem

Ekosistem merupakan suatu sistem yang terdiri dari komunitas makhluk hidup (biotik) dan lingkungan fisik (abiotik) yang saling berinteraksi di suatu area tertentu. Dalam ekosistem, berbagai komponen—seperti tumbuhan, hewan, mikroorganisme, tanah, air, dan udara—bekerja sama untuk mendukung kehidupan dan mempertahankan keseimbangan ekologis. Interaksi ini menciptakan jaring-jaring makanan dan siklus nutrisi yang penting untuk kelangsungan hidup setiap organisme.

Ekosistem memiliki berbagai fungsi penting, antara lain menyediakan habitat bagi berbagai spesies, menghasilkan oksigen melalui fotosintesis, dan mengatur siklus air dan nutrisi. Selain itu, ekosistem juga berperan dalam menjaga kualitas lingkungan, seperti menyaring polutan dan mengendalikan iklim. Fungsi-fungsi ini sangat penting untuk mendukung kehidupan di Bumi dan menjaga keseimbangan ekologis.

Contoh ekosistem yang umum termasuk ekosistem hutan, padang rumput, dan ekosistem perairan seperti sungai dan laut. Dalam ekosistem hutan, pohon-pohon dan tanaman menyediakan tempat tinggal bagi berbagai hewan dan mikroorganisme, sementara tanah yang kaya nutrisi mendukung pertumbuhan

tanaman. Di ekosistem perairan, interaksi antara ikan, plankton, dan tumbuhan air menciptakan jaring makanan yang kompleks. Setiap ekosistem memiliki karakteristik unik yang mendukung keanekaragaman hayati dan keseimbangan ekologis di planet ini.

REFERENSI

- Burnie, D. (2005). *Bengkel Ilmu: Evolusi*. Jakarta: Erlangga.
- Darwin, C. (1859). *On the Origin of Species*. London: John Murray.
- Fadillah, A. M., Assyifa, N. N., Insani, N., Taufik, R. A., & Nurrochmah, R. (2017). *Evolusi Invertebrata hingga Protovertebrata*. Academia Edu.
- Ishizaki, K. (2016). Evolution of Land Plants: Insights from Molecular Studies. *Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry*, 81(1), 73–80.
- Klein, R. G. (2009). *The Human Career: Human Biological and Cultural Origins*. University of Chicago Press.
- Lamarck, J. B. (1809). *Philosophie Zoologique*. Paris: Dentu.
- Leksono, A. S., & Hakim, L. (2021). *Sistematika Hewan Vertebrata*. Malang: Universitas Brawijaya Press.
- Lewin, R. (2005). *The Human Evolution Coloring Book*. HarperCollins.
- Nicholas Panchy, M., Lehti-Shiu, S., & Shiu, H. (2016). Evolution of Gene Duplication in Plants. *Plant Physiology*, 171(4), 2294–2316.
- Pääbo, S., & Prüfer, K. (2013). *The Complete Genome of an Extinct Hominin*. *Nature*, 505(7485), 96–104.
- Tattersall, I. (2009). *The Origin of Our Species*. St. Martin's Press.
- Weismann, A. (1896). *Über Germinal-Selection*. Jena: Gustav Fischer.

GLOSARIUM EVOLUSI

1. **Adaptasi**

Proses di mana organisme menyesuaikan diri dengan lingkungannya untuk meningkatkan peluang bertahan hidup dan reproduksi.

2. **Alel**

Bentuk alternatif dari gen yang terletak pada lokasi yang sama di kromosom homolog dan memengaruhi sifat tertentu.

3. **Angiospermae**

Kelompok tumbuhan berbiji tertutup yang memiliki bunga dan menghasilkan buah sebagai alat reproduksi.

4. **Bryophyta**

Kelompok tumbuhan darat pertama yang tidak memiliki jaringan vaskuler, seperti lumut.

5. **Evolusi**

Perubahan sifat terwariskan suatu populasi organisme dari generasi ke generasi melalui mekanisme seperti seleksi alam, mutasi, dan rekombinasi genetik.

6. **Fosil**

Sisa-sisa atau jejak organisme yang terawetkan di dalam batuan, yang memberikan informasi tentang kehidupan masa lalu.

7. **Ganggang Hijau**

Organisme fotosintetik air yang merupakan nenek moyang dari tumbuhan darat.

8. **Gymnospermae**

Tumbuhan berbiji telanjang, seperti konifer, yang tidak memiliki buah untuk melindungi bijinya.

9. **Homo Sapiens**

Spesies manusia modern yang pertama kali muncul sekitar 300.000 tahun yang lalu di Afrika.

10. **Lamarckisme**

Teori evolusi yang menyatakan bahwa sifat yang diperoleh individu selama hidupnya dapat diwariskan kepada keturunannya.

11. **Neodarwinisme**

Pendekatan modern terhadap teori evolusi Darwin yang mengintegrasikan seleksi alam dengan genetika populasi.

12. **Notokord**

Batang fleksibel yang memberikan dukungan struktural pada embrio hewan kordata, termasuk vertebrata.

13. **Rekombinasi Genetika**

Proses penggabungan materi genetik dari kedua orang tua selama reproduksi seksual, yang menghasilkan variasi genetik.

14. **Seleksi Alam**

Mekanisme evolusi di mana individu dengan sifat yang lebih sesuai dengan lingkungan memiliki peluang lebih besar untuk bertahan hidup dan bereproduksi.

15. **Synapsida**

Kelompok hewan bertulang belakang yang menjadi nenek moyang mamalia.

16. **Teori Out of Africa**

Teori yang menjelaskan bahwa Homo sapiens modern berasal dari satu kelompok manusia purba di Afrika sebelum menyebar ke seluruh dunia.

17. **Tumbuhan Vaskuler**

Tumbuhan yang memiliki jaringan xilem dan floem untuk transportasi air dan nutrisi.

18. **Vertebrata**

Kelompok hewan bertulang belakang, termasuk ikan, amfibi, reptil, burung, dan mamalia.

GLOSARIUM ISTILAH PENTING DALAM SINTESIS PROTEIN DAN DNA

1. **DNA (Deoxyribo Nucleic Acid):** Molekul asam nukleat yang membawa informasi genetik dalam bentuk urutan basa nitrogen.
2. **RNA (Ribonucleic Acid):** Molekul asam nukleat rantai tunggal yang membantu dalam ekspresi genetik dan sintesis protein.
3. **Nukleotida:** Unit dasar pembentuk DNA dan RNA, terdiri dari gula, fosfat, dan basa nitrogen.
4. **Basa Nitrogen:**
 - a. **Adenin (A):** Basa purin yang berpasangan dengan Timin (T) dalam DNA dan dengan Urasil (U) dalam RNA.
 - b. **Timin (T):** Basa pirimidin yang hanya ditemukan pada DNA.
 - c. **Urasil (U):** Basa pirimidin yang hanya ditemukan pada RNA.
 - d. **Guanin (G):** Basa purin yang berpasangan dengan Sitosin (C).
 - e. **Sitosin (C):** Basa pirimidin yang berpasangan dengan Guanin (G).
5. **Heliks Ganda (Double Helix):** Struktur spiral ganda yang merupakan bentuk khas DNA.
6. **Rantai Sense:** Rantai DNA yang tidak digunakan sebagai cetakan selama transkripsi, tetapi memiliki urutan basa yang sama dengan mRNA (kecuali Timin digantikan oleh Urasil).

7. **Rantai Antisense:** Rantai DNA yang berfungsi sebagai cetakan untuk sintesis RNA.
8. **Kodon:** Kombinasi tiga nukleotida pada mRNA yang menentukan asam amino tertentu.
9. **Antikodon:** Urutan tiga basa pada tRNA yang melengkapi kodon pada mRNA.
10. **mRNA (Messenger RNA):** RNA pembawa pesan genetik dari DNA ke ribosom untuk diterjemahkan menjadi protein.
11. **tRNA (Transfer RNA):** RNA yang membawa asam amino ke ribosom selama translasi, dilengkapi dengan antikodon.
12. **rRNA (Ribosomal RNA):** RNA yang membentuk struktur ribosom dan membantu proses translasi.
13. **Primer RNA:** Segmen pendek RNA yang disintesis oleh Primase untuk memulai replikasi DNA.
14. **Segmen Okazaki:** Fragmen DNA pendek yang disintesis pada untai lambat selama replikasi DNA.
15. **DNA Polimerase:** Enzim yang mensintesis rantai DNA baru dengan menambahkan nukleotida ke primer.
16. **RNA Polimerase:** Enzim yang membantu sintesis RNA dengan membuka rantai DNA dan menyusun nukleotida RNA.
17. **DNA Ligase:** Enzim yang menghubungkan Segmen Okazaki untuk membentuk untai DNA kontinu.
18. **Helikase:** Enzim yang membuka heliks ganda DNA dengan memutus ikatan hidrogen antar basa nitrogen.
19. **Transkripsi:** Proses pembentukan RNA dari cetakan DNA di dalam inti sel.
20. **Translasi:** Proses penerjemahan informasi genetik pada mRNA menjadi urutan asam amino di ribosom.
21. **Asam Amino:** Unit dasar pembentuk protein yang disusun berdasarkan urutan kodon pada mRNA.

22. **Ribosom:** Organel sel tempat translasi berlangsung, yang terdiri dari rRNA dan protein.
23. **Tabel Kodon:** Panduan yang menunjukkan hubungan antara kodon pada mRNA dan asam amino yang sesuai.
24. **Garpu Replikasi (Replication Fork):** Struktur berbentuk Y yang terbentuk saat DNA Helikase membuka heliks ganda DNA.
25. **Informasi Genetik:** Kode yang tersimpan dalam urutan nukleotida DNA atau RNA yang menentukan sifat dan fungsi organisme.
26. **Polipeptida:** Rantai panjang asam amino yang merupakan produk awal dari sintesis protein sebelum dilipat menjadi protein fungsional.
27. **Ikatan Hidrogen:** Ikatan lemah antar basa nitrogen yang menjaga heliks ganda DNA tetap stabil.
28. **Ujung 5' dan 3':** Penanda orientasi rantai DNA atau RNA, di mana 5' merujuk pada gugus fosfat bebas, dan 3' merujuk pada gugus hidroksil bebas.
29. **Stop Kodon:** Kodon pada mRNA (UAA, UAG, UGA) yang menandai akhir sintesis protein.
30. **Start Kodon:** Kodon pertama pada mRNA (biasanya AUG) yang mengawali translasi dan mengkodekan asam amino Metionin.

GLOSARIUM ISTILAH PENTING DALAM VARIASI DAN MUTASI PADA PEWARISAN SIFAT

A

Adenin (A): Salah satu basa nitrogen dalam DNA dan RNA, termasuk jenis purin, berpasangan dengan timin (T) dalam DNA dan urasil (U) dalam RNA.

Aneuploidi: Perubahan jumlah kromosom pada pasangan tertentu, seperti trisomi (penambahan satu kromosom) atau monosomi (kehilangan satu kromosom).

B

Basa Nitrogen: Komponen utama DNA dan RNA yang menyimpan informasi genetik. Terdiri dari adenin (A), timin (T), guanin (G), sitosin (C), dan urasil (U) dalam RNA.

Biologi Molekuler: Cabang biologi yang mempelajari struktur, fungsi, dan interaksi molekul seperti DNA, RNA, dan protein.

C

Citosin (C): Salah satu basa nitrogen dalam DNA dan RNA, termasuk jenis pirimidin, berpasangan dengan guanin (G).

Crossing Over: Proses pertukaran segmen kromosom homolog selama meiosis yang meningkatkan variasi genetik.

D

Delesi: Mutasi genetik berupa kehilangan segmen DNA atau kromosom.

DNA (Deoxyribonucleic Acid): Molekul pembawa informasi genetik yang menentukan sifat organisme.

E

Euploidi: Perubahan jumlah set kromosom secara keseluruhan dalam genom, seperti monoploid (n) atau triploid (3n).

F

Fenotipe: Ekspresi fisik atau karakteristik yang terlihat dari genotipe suatu organisme.

Frameshift Mutation: Mutasi yang menyebabkan pergeseran kerangka baca kodon akibat delesi atau insersi basa nitrogen.

G

Guanin (G): Salah satu basa nitrogen dalam DNA dan RNA, termasuk jenis purin, berpasangan dengan sitosin (C).

Gen: Unit hereditas dalam DNA yang mengkodekan informasi untuk sintesis protein.

I

Insersi: Penyisipan basa nitrogen tambahan ke dalam DNA yang dapat mengubah kerangka baca gen.

Inversi: Mutasi struktur kromosom di mana segmen kromosom terbalik dari urutan normalnya.

K

Kariotype: Susunan kromosom dalam sel organisme, digunakan untuk mendeteksi kelainan genetik.

Kolkisin: Zat kimia yang digunakan untuk menginduksi mutasi, terutama pada tanaman.

M

Missense Mutation: Mutasi genetik yang mengubah kodon sehingga menghasilkan asam amino yang berbeda dalam protein.

Monosomi: Aneuploidi di mana satu kromosom hilang dalam pasangan kromosom.

N

Nonsense Mutation: Mutasi genetik yang mengubah kodon menjadi kodon stop, menghentikan sintesis protein lebih awal.

Nondisjunction: Kegagalan kromosom untuk berpisah dengan benar selama meiosis atau mitosis.

P

Pirimidin: Jenis basa nitrogen dengan satu cincin karbon-nitrogen, termasuk sitosin, timin, dan urasil.

Purin: Jenis basa nitrogen dengan dua cincin karbon-nitrogen, termasuk adenin dan guanin.

R

Rekombinasi Genetik: Proses pengacakan materi genetik selama meiosis yang menciptakan variasi genetik.

RNA (Ribonucleic Acid): Molekul yang berperan dalam sintesis protein, berbeda dari DNA karena memiliki urasil (U) dan gula ribosa.

S

Silent Mutation: Mutasi yang tidak mengubah asam amino yang dihasilkan, sehingga tidak memengaruhi fenotipe.

Substitusi: Mutasi yang melibatkan penggantian satu basa nitrogen dengan basa nitrogen lain.

T

Tetrasomi: Aneuploidi di mana dua kromosom ekstra ditambahkan ke pasangan kromosom tertentu.

Translokasi: Perpindahan segmen kromosom ke kromosom lain yang tidak homolog.

U

Urasil (U): Basa nitrogen dalam RNA yang berpasangan dengan adenin (A), menggantikan timin dalam DNA.

V

Variasi Genetik: Perbedaan dalam susunan genetik individu dalam populasi, yang menjadi dasar evolusi dan adaptasi.

Z

Zigot: Sel hasil pembuahan yang mengandung kombinasi genetik dari kedua induk.

Glosarium ini mencakup istilah utama dalam pembahasan variasi dan mutasi, membantu memahami konsep pewarisan sifat lebih mendalam.

PROFIL PENULIS



Erfan Dani Septia. merupakan akademisi dan peneliti di bidang bioteknologi pertanian, dengan fokus pada hama dan penyakit tumbuhan serta pendekatan pengendalian yang berkelanjutan. Ia menyelesaikan pendidikan Sarjana di Universitas Brawijaya dan melanjutkan studi Magister melalui program *fast-track joint degree* antara Universitas Brawijaya dan Miyazaki University, Jepang. Saat ini, ia sedang menempuh studi doktoral (Ph.D.) di National Chung Hsing University, Taiwan, pada College of Agriculture and Natural Resources, dalam *International Doctoral Program in Agriculture*. Bidang penelitiannya berfokus pada *plant parasitical mycology* serta diagnostik molekuler untuk resistensi fungisida (*molecular diagnostic of fungicide resistance*), yang menjadi isu penting dalam pengelolaan penyakit tanaman modern.

Dalam aktivitas risetnya, Erfan Dani Septia telah terlibat dalam berbagai penelitian terkait interaksi mikroorganisme dengan hama dan tanaman, serta pengembangan produk berbasis hayati seperti biofertilizer, bioprotektan, dan biostimulan. Karyanya juga tercermin dalam kontribusinya sebagai penulis buku Biovermiwash, yang mengangkat inovasi pemanfaatan limbah organik dalam mendukung pertanian berkelanjutan. Dengan latar belakang keilmuan dan pengalaman penelitian yang luas, ia berkomitmen

untuk mengembangkan solusi berbasis biologi yang ramah lingkungan dan aplikatif dalam sistem pertanian modern.



Nur Izzatul Maulidah. merupakan akademisi dan peneliti di bidang fisiologi tanaman dengan fokus pada peningkatan kualitas dan ketahanan tanaman terhadap berbagai kondisi stres lingkungan. Ia menyelesaikan pendidikan Sarjana di bidang Agroekoteknologi di Universitas Brawijaya, kemudian melanjutkan studi Magister dan Doktor di bidang Ilmu Pertanian di National Chiayi University, Taiwan. Dalam aktivitas akademik dan penelitiannya, Nur Izzatul Maulidah telah terlibat dalam berbagai riset yang berorientasi pada pemahaman mekanisme fisiologis dan molekuler tanaman. Keahliannya mencakup analisis molekuler tanaman, kultur jaringan, serta berbagai teknik laboratorium seperti elektroforesis gel dan pendekatan bioteknologi lainnya.

Dengan latar belakang keilmuan yang kuat, ia berkontribusi dalam pengembangan ilmu pertanian modern, khususnya dalam upaya meningkatkan produktivitas dan ketahanan tanaman melalui pendekatan berbasis sains dan teknologi.

AGROBIOLOGI

PERSPEKTIF MOLEKULER HINGGA EKOSISTEM

Agrobiologi: Perspektif Molekuler hingga Ekosistem menyajikan kajian komprehensif mengenai prinsip-prinsip biologis yang mendasari sistem pertanian, dengan menelusuri keterkaitan kehidupan dari tingkat molekuler hingga skala ekosistem. Buku ini mengintegrasikan konsep-konsep inti biologi, meliputi struktur dan fungsi sel, metabolisme, genetika, serta dinamika keanekaragaman hayati, dalam konteks proses-proses yang mendukung keberlangsungan organisme dan interaksinya dengan lingkungan. Pembahasan disusun secara sistematis, mencakup organisasi kehidupan, mekanisme pewarisan sifat, serta peran variasi dan evolusi dalam membentuk adaptasi organisme terhadap kondisi lingkungan yang terus berubah. Selain itu, buku ini juga menyoroti hubungan timbal balik antara komponen biotik dan abiotik dalam ekosistem pertanian, yang menjadi dasar dalam memahami keseimbangan dan keberlanjutan sistem hayati. Dengan pendekatan ilmiah yang terintegrasi, buku ini memberikan landasan konseptual yang kuat bagi pembaca untuk memahami kompleksitas kehidupan dalam konteks pertanian modern, sekaligus menjadi referensi bagi pengembangan ilmu dan praktik yang berorientasi pada keberlanjutan.



PENERBIT KBM INDONESIA
Anggota IkAPI
0813 5751 7526 / 0353 3234 874
Kantor : Maguwoharjo, Depok, Sleman-Yogyakarta

@penerbitbukujogja
@penerbit.kbm

ISBN 978-634-278-323-8



9

786342

783238