

Nurlita Lestariani, M.Pd.

# EKOLOGI HEWAN

Pembelajaran Berbasis *Sustainable Learning*  
Bermuatan Etnoekologi



Nurlita Lestariani, M.Pd.

EKOLOGI HEWAN  
Pembelajaran Berbasis *Sustainable Learning*  
Bermuatan Etnoekologi



## EKOLOGI HEWAN

Pembelajaran Berbasis *Sustainable Learning*  
Bermuatan Etnoekologi

Buku ini konsep-konsep dasar dalam Ekologi Hewan dan contoh aplikasinya dalam kehidupan sehari-hari. Buku ini dilengkapi studi kasus mengenai aplikasi Ekologi Hewan dan pendekatan Etnoekologi untuk membangun kesadaran mahasiswa akan peran manusia terhadap hewan dan alam sekitar dalam kerangka *sustainable thinking and learning* (pemikiran dan pembelajaran yang berkelanjutan)



UIN MATARAM PRESS  
GEOSCIENCE RESEARCH CENTER LIT 1 KAMPUS II UIN MATARAM  
JIN SAWAH BUREDA NO. 100 JEMPONG BARU KOTA MATARAM



**Nurlita Lestariani, M.Pd.**

**BUKU AJAR**

# **EKOLOGI HEWAN**

Pembelajaran Berbasis Sustainable Learning  
Bermuatan Etnoekologi



**BUKU AJAR:  
EKOLOGI HEWAN  
PEMBELAJARAN BERBASIS SUISTANABLE LEARNING  
BERMUATAN ETNOEKOLOGI**

**Penulis:**

Nurlita Lestariani, M.Pd.

**ISBN 978-623-8497-05-8**

**Editor:**

Prof. Dr. Bahtiar, M.Pd.Si

**Layout:**

Tim UIN Mataram Press

**Desain Sampul:**

Tim Creative UIN Mataram Press

**Penerbit:**

UIN Mataram Press

**Redaksi:**

Kampus II UIN Mataram (Gedung Research Center Lt. 1)

Jl. Gajah Mada No. 100 Jempong Baru

Kota Mataram – NTB 83116

Fax. (0370) 625337 Telp. 087753236499

Email: [uinmatarampress@gmail.com](mailto:uinmatarampress@gmail.com)

**Distribusi:**

CV. Pustaka Egaliter (Penerbit & Percetakan)

Anggota IKAPI (No. 184/DIY/2023)

E-mail: [pustakaegaliter@gmail.com](mailto:pustakaegaliter@gmail.com)

<https://pustakaegaliter.com/>

Cetakan Pertama, Desember 2023

Hak cipta dilindungi undang-undang

Dilarang memperbanyak karya tulis ini dalam bentuk dan dengan cara apapun tanpa ijin tertulis dari penerbit.

## PRAKATA PENULIS

ألسلام عليكم ورحمة الله وبركاته

Segala puji dan syukur kami panjatkan kepada Allah SWT atas rahmat, taufiq, dan hidayah yang diberikan pada kami. Sholawat serta salam kepada Rasulullah SAW, semoga rahmat Allah selalu tertuju pada beliau. Alhamdulillah berkat rahmat dan berkah-Nya kami bisa menyelesaikan penulisan **Buku Ajar Ekologi Hewan: Pembelajaran Berbasis *Sustainable Learning* Bermuatan Etnoekologi**.

Buku ajar Ekologi Hewan ini adalah buku ajar yang disusun dengan mengacu pada kompetensi-kompetensi inti (capaian pembelajaran) yang diharapkan dapat dikuasai oleh mahasiswa pada matakuliah Ekologi Hewan, Jurusan Tadris IPA-Biologi, Perguruan Tinggi Keagamaan Islam Negeri. Buku ajar ini memuat konsep-konsep inti dalam Ekologi Hewan dan aplikasinya dalam kehidupan sehari-hari. Buku ajar ini telah dikemas secara ringkas dan padat, sehingga insyaAllah mudah dipahami dan diaplikasikan oleh mahasiswa. Dengan demikian kami berharap semoga buku ajar ini dapat menjadi panduan dan salah satu referensi dalam mempelajari Ekologi Hewan, serta membantu mahasiswa dalam memahami, mengaplikasikan konsep-konsep Ekologi Hewan dan meningkatkan literasi lingkungan melalui studi kasus etnoekologi. Besar harapan kami agar mahasiswa dapat mengembangkan kompetensinya sebagai peneliti dan calon guru di masa depan.

Terimakasih yang sebesar-besarnya kami ucapkan pada atasan dan rekan-rekan pengajar kami di Tadris IPA-Biologi khususnya dan Perguruan Tinggi Keagamaan Islam Negeri pada umumnya, atas doa, dukungan dan sharing informasi yang tiada putusnya. Semoga kebaikan bapak/ibu seluruhnya mendapatkan pahala dan keberkahan dari Allah SWT.

Kami menyadari bahwa buku ajar yang kami susun masih jauh dari sempurna. Maka dari itu, kami meminta dukungan dan masukan dari para pembaca, agar kedepannya kami dapat lebih baik lagi dalam menulis sebuah buku. Agar kelak buku ini dapat dimanfaatkan sebanyak-banyaknya bagi masyarakat luas.

Mataram, 23 Agustus 2023

Penulis

## ABSTRAK

Buku ajar berjudul Ekologi Hewan: **Pembelajaran Berbasis *Sustainable Learning* Bermuatan Etnoekologi** ini adalah buku ajar yang bertujuan untuk membantu proses pembelajaran mahasiswa dalam menempuh matakuliah Ekologi Hewan. Buku ajar ini disusun sesuai dengan tuntutan kurikulum, capaian pembelajaran matakuliah, kebutuhan mahasiswa sebagai calon peneliti dan guru di masa depan. Tak luput pula buku ajar ini memuat perhatian dan keprihatian kami sebagai pengajar ekologi terhadap kebutuhan dan tuntutan mahasiswa Tadris IPA-Biologi sebagai salah satu bagian dari ekosistem dan komunitas masyarakat.

Tujuan penulisan buku ajar ini adalah untuk membantu komunikasi antara dosen dan mahasiswa, memperkaya referensi atau bahan rujukan yang dijadikan pegangan oleh mahasiswa untuk memahami konsep-konsep penting, sebagai bahan evaluasi yang baku, dan alat bantu dosen dalam melaksanakan kurikulum yang diterapkan dalam proses perkuliahan baik di dalam kelas maupun di luar kelas.

Buku ajar Ekologi Hewan ini tersusun atas beberapa empat belas bab yang terdiri dari bab Pembelajaran Ekologi Bermuatan Etnoekologi, Lingkungan, Mekanisme Adaptasi Fisiologis Hewan, Behavior (Perilaku) Hewan, Variasi populasi dan Seleksi Alam, Spesiasi, Ekologi Populasi, Konsep Komunitas dan Ekosistem, Struktur Komunitas, Dinamika Spasial dan Musiman, Suksesi,

Homeostatis Ekosistem dan Kestabilan Komunitas, Konservasi, dan Kesimpulan. Selain itu buku ajar ini dilengkapi dengan studi kasus berbasis etnoekologi dan latihan-latihan yang melatih daya analisa dan *problem solving* mahasiswa. Demikian, semoga buku ajar Ekologi Hewan dapat bermanfaat seluas-luasnya.

# DAFTAR ISI

<b>PRAKATA PENULIS .....</b>	<b>iii</b>
<b>ABSTRAK .....</b>	<b>v</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>vii</b>
<b>RPS .....</b>	<b>xi</b>
<b>BAB I. PEMBELAJARAN EKOLOGI BERMUATAN ETNOEKOLOGI.....</b>	<b>1</b>
A. Etnoekologi	1
B. Peran Etnoekologi Dalam Pembelajaran Ekologi Hewan .....	4
C. Pendekatan <i>Sustainable Learning</i> .....	8
Studi Kasus .....	16
Latihan .....	17
<b>BAB II. LINGKUNGAN .....</b>	<b>19</b>
A. Lingkungan Darat .....	19
B. Lingkungan Perairan.....	31
C. Faktor Biotik dan Abiotik Lingkungan.....	35
Studi Kasus .....	46
Latihan .....	47
<b>BAB III. MEKANISME ADAPTASI FISIOLOGIS HEWAN TERHADAP LINGKUNGAN.....</b>	<b>49</b>
A. Bentuk-Bentuk Adaptasi.....	49
B. Mekanisme Adaptasi Fisiologis Hewan Terhadap Suhu .....	55
C. Mekanisme Adaptasi Fisiologis Hewan Terhadap Air .....	62
Studi Kasus .....	68
Latihan .....	69

<b>BAB IV. BEHAVIOR (PERILAKU) HEWAN.....</b>	<b>71</b>
A. Perilaku Disebabkan Gen dan Faktor Lingkungan .....	71
B. Pola-pola Perilaku Hewan.....	76
C. Predasi	84
D. Mekanisme Pertahanan dan Perlindungan Pada Hewan .....	88
Studi Kasus .....	93
Latihan .....	94
<b>BAB V. VARIASI POPULASI DAN SELEKSI ALAM .....</b>	<b>95</b>
A. Variasi Populasi .....	95
B. Seleksi Alam	98
Studi Kasus .....	103
Latihan .....	104
<b>BAB VI. SPESIASI.....</b>	<b>105</b>
A. Syarat Terjadinya Spesiasi.....	106
B. Mekanisme Spesiasi.....	107
Studi Kasus .....	113
Latihan .....	114
<b>BAB VII. EKOLOGI POPULASI.....</b>	<b>115</b>
A. Densitas .....	115
B. Distribusi	116
C. Laju Pertumbuhan.....	119
D. Pola dan Mekanisme Migrasi.....	123
Studi Kasus .....	128
Latihan .....	129

**BAB VIII. KONSEP KOMUNITAS DAN EKOSISTEM... 131**

A. Habitat dan Mikrohabitat ..... 131

B. *Niche* (Relung)..... 134

C. Interaksi Spesies..... 138

D. Spesies Kunci dan Spesies Dominan Dalam Komunitas... 146

E. Tingkatan Trofik ..... 148

F. Transfer Energi dan Nutrien ..... 151

G. Produktivitas Hewan..... 165

Studi Kasus ..... 168

Latihan ..... 169

**BAB IX. STRUKTUR KOMUNITAS..... 171**

A. Kualitatif 172

B. Kuantitatif 176

Studi Kasus ..... 180

Latihan ..... 181

**BAB X. DINAMIKA SPASIAL DAN MUSIMAN ..... 183**

A. Dinamika Spasial ..... 184

B. Dinamika Musiman..... 185

Studi Kasus ..... 187

Latihan ..... 187

**BAB XI. SUKSESI ..... 189**

A. Tipe Sukseksi 189

B. Model-model suksesi ..... 190

C. Tahapan Sukseksi..... 193

Studi Kasus ..... 196

Latihan ..... 197

<b>BAB XII. HOMEOSTATIS EKOSISTEM DAN KESTABILAN KOMUNITAS .....</b>	<b>199</b>
A. Homeostatis Ekosistem .....	199
B. Kestabilan Komunitas .....	204
Studi Kasus .....	211
Latihan .....	211
<b>BAB XIII. KONSERVASI .....</b>	<b>213</b>
A. Konservasi Lingkungan .....	213
B. Konservasi Hewan .....	215
Studi Kasus .....	218
Latihan .....	219
<b>BAB XIV. KESIMPULAN .....</b>	<b>221</b>
A. Simpulan	221
B. Saran dan Rekomendasi .....	227
<b>DAFTAR ISTILAH .....</b>	<b>229</b>
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>237</b>



**KEMENTERIAN AGAMA RI**  
**UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MATARAM**  
**FAKULTAS TARBIAH DAN KEGURUAN**  
 Jln Gajah Mada No.100 Jempong Baru, Mataram. Telp. (0370) 620783/620784 Fax.  
 (0370)620784.

<http://www.ftk.uinmataram.ac.id/> email: [ftk@uinmataram.ac.id](mailto:ftk@uinmataram.ac.id)

**RENCANA PEMBELAJARAN SEMESTER (RPS)**  
 (Permen Ristekdikti Nomor 44 Tahun 2015 Pasal 12)

<b>No.</b>	:	<b>No. Revisi:</b> 4	<b>Tanggal Penyusunan:</b> 14 Januari 2023
<b>Matakuliah :</b> Ekologi Hewan		<b>Semester :</b> VI	<b>Bobot (SKS) :</b> 2 SKS <b>Kode MK :</b> BIO 3625
<b>Program Studi :</b> Tadris IPA Biologi			
<b>Capaian Pembelajaran Lulusan (CPL)</b>		<b>Dosen Pengampu :</b> Nurlita Lestariani, M. Pd.	
1. Rana Sikap		1.1 Bertaqwa kepada Tuhan Yang Maha Esa dan mampu menunjukkan sikap religius.	
		1.2 Bekerjasama dan memiliki kepekaan sosial serta kepedulian terhadap masyarakat dan lingkungan.	
		1.3 Menginternalisasi nilai, norma dan etika akademik.	

	<p>1.4 Menunjukkan sikap bertanggungjawab atas pekerjaan di bidang keahliannya secara mandiri.</p> <p>1.5 Menjunjung tinggi nilai-nilai etika akademik yang meliputi kejujuran dan kebebasan akademik dan otonomi akademik.</p> <p>1.8 Memiliki sikap kreatif, inovatif, dan literatif Biologi dalam kehidupan bermasyarakat.</p> <p>2. Ranah Pengetahuan</p> <p>2.1 Menguasai konsep, metode keilmuan, substansi materi, struktur, dan pola pikir keilmuan Biologi, khususnya Ekologi Hewan.</p> <p>2.2 Menguasai integrasi teknologi, pedagogi, muatan keilmuan dan/atau keahlian, serta komunikasi dalam pembelajaran Biologi, khususnya Ekologi Hewan.</p> <p>3. Ranah Keterampilan</p> <p>3.1 Mampu menerapkan pemikiran logis, kritis, sistematis, dan inovatif dalam konteks pengembangan atau implementasi ilmu pengetahuan dan teknologi yang memperhatikan dan menerapkan nilai humaniora yang sesuai dengan bidang keahliannya.</p> <p>3.2 Mampu mendokumentasikan, menyimpan, mengamankan, dan menemukan kembali data untuk menjamin kesahihan dan mencegah plagiasi.</p> <p>3.3 Menunjukkan kemampuan literasi informasi, media dan memanfaatkan teknologi informasi dan komunikasi untuk pengembangan dan kemampuan kerja.</p> <p>3.4 Mampu menunjukkan kinerja mandiri, bermutu, dan terukur.</p>
--	--

	<p>3.5 Mampu berkolaborasi dalam team, menunjukkan kemampuan kreatif (<i>creativity skill</i>), inovatif (<i>innovation skill</i>), berpikir kritis (<i>critical thinking</i>) dan pemecahan masalah (<i>problem solving skill</i>) dalam pengembangan keilmuan biologi dan pelaksanaan tugas di dunia kerja.</p> <p>3.6 Mampu melakukan tindakan reflektif dan pemanfaatan teknologi informasi dan komunikasi untuk peningkatan kualitas pembelajaran biologi.</p>
<p><b>Capaian Pembelajaran Matakuliah (CPMK)</b></p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Mahasiswa mampu memahami konsep-konsep dasar Ekologi Hewan dan aplikasinya dalam kehidupan sehari-hari.</li> <li>2. Secara kolaboratif, mahasiswa mampu mengaplikasikan metode-metode riset Ekologi Hewan, melalui kegiatan praktikum dan mini-project.</li> <li>3. Secara kolaboratif, mahasiswa mampu memiliki kepekaan dalam menemukan dan menganalisis permasalahan terkait ekologi hewan melalui dengan pendekatan riset dan studi kasus.</li> <li>4. Secara kolaboratif, mahasiswa mampu menemukan, mencari alternatif pemecahan masalah, memberikan rekomendasi, dan melakukan refleksi tentang permasalahan dalam ekologi hewan berdasarkan kajian etnoekologi.</li> <li>5. Secara kolaboratif, mahasiswa mampu memanfaatkan media digital untuk menghasilkan konten (karya) yang berkaitan dengan Ekologi Hewan.</li> </ol>
<p><b>Deskripsi Matakuliah</b></p>	<p>Ekologi hewan mempelajari hubungan antara hewan dengan lingkungan biotik dan abiotiknya. Ilmu ini juga menjelaskan bagaimana interaksi dan pengaruh yang terjadi secara signifikan, antara lingkungan non hayati, produsen, hewan dan manusia sebagai suatu kesatuan, dalam perspektif komunitas dan ekosistem ekologi.</p>

<b>(1) Minggu Ke-</b>	<b>(2) Kemampuan Akhir Tiap Tahap Pembelajaran (Kompetensi Dasar)</b>	<b>(3) Bahan Kajian (Materi)</b>	<b>(4) Metode Pembelajaran</b>	<b>(5) Alokasi Waktu</b>	<b>(6) Pengalaman Belajar Mahasiswa (Deskripsi Tugas)</b>	<b>(7) Kriteria Penilaian (Indikator)</b>
1	Mahasiswa memahami tata tertib perkuliahan, rencana aktivitas perkuliahan, dan kriteria penilaian.  Pengantar statistik dan hubungannya dengan penelitian.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- RPS, kontrak perkuliahan, dan rencana tugas mahasiswa.</li> <li>- Pengantar Ekologi Hewan.</li> </ul>	Diskusi Informasi	2x50 menit	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Menganalisis dokumen RPS, kontrak perkuliahan, dan rencana tugas mahasiswa.</li> <li>- Mendengarkan penjelasan dosen, dan bertanya.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Mahasiswa memahami rencana perkuliahan selama 1 semester.</li> <li>- Mahasiswa mengikuti proses yang direncanakan minimal 80%.</li> </ul>
2	Mahasiswa mendeskripsikan berbagai tipe lingkungan yang ada di darat dan perairan,	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Lingkungan darat</li> <li>2. Lingkungan perairan</li> </ol>	Diskusi Informasi, analisis studi kasus, dan	2x50 menit	Menyimak presentasi, berdiskusi interaktif, menganalisis	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Menganalisis pengaruh faktor abiotik dan biotik terhadap kehidupan hewan.</li> </ul>

<b>(1) Minggu Ke-</b>	<b>(2) Kemampuan Akhir Tiap Tahap Pembelajaran (Kompetensi Dasar)</b>	<b>(3) Bahan Kajian (Materi)</b>	<b>(4) Metode Pembelajaran</b>	<b>(5) Alokasi Waktu</b>	<b>(6) Pengalaman Belajar Mahasiswa (Deskripsi Tugas)</b>	<b>(7) Kriteria Penilaian (Indikator)</b>
	serta faktor-faktor yang mempengaruhinya.	3. Faktor biotik dan abiotik lingkungan.	latihan/ penugasan.		studi kasus, dan mengerjakan latihan.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Mengidentifikasi peran suatu spesies dalam sebuah ekosistem.</li> <li>- Menganalisis permasalahan yang terdapat pada habitat/ekosistem sungai di lingkungan sekitar, melalui pendekatan etnoekologi.</li> </ul>
3	Mahasiswa memahami dan menguraikan bentuk-bentuk adaptasi	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bentuk-bentuk adaptasi pada hewan.</li> </ul>	Diskusi Informasi, analisis studi kasus, dan	2x50 menit	Menyimak presentasi, berdiskusi interaktif,	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Mendeskripsikan mekanisme adaptasi hewan terhadap air</li> </ul>

<b>(1) Minggu Ke-</b>	<b>(2) Kemampuan Akhir Tiap Tahap Pembelajaran (Kompetensi Dasar)</b>	<b>(3) Bahan Kajian (Materi)</b>	<b>(4) Metode Pembelajaran</b>	<b>(5) Alokasi Waktu</b>	<b>(6) Pengalaman Belajar Mahasiswa (Deskripsi Tugas)</b>	<b>(7) Kriteria Penilaian (Indikator)</b>
	hewan dan mekanisme adaptasi fisiologi pada hewan.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mekanisme adaptasi fisiologi hewan terhadap suhu</li> <li>• Mekanisme adaptasi fisiologi hewan terhadap air.</li> </ul>	latihan/ penugasan.		menganalisis studi kasus, dan mengerjakan latihan.	<p>dan suhu lingkungan.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Menganalisis adaptasi hewan tertentu (lokal) berdasarkan kekhasan habitatnya.</li> </ul>
4	Mahasiswa mengidentifikasi dan menganalisis pola perilaku hewan untuk <i>survive</i> dan melestarikan spesiesnya, dalam	Behavior (perilaku) hewan: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Perilaku yang disebabkan gen dan lingkungan</li> </ul>	Diskusi Informasi, analisis studi kasus, dan latihan/ penugasan.	2x50 menit	Menyimak presentasi, berdiskusi interaktif, menganalisis studi kasus, dan	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Mengobservasi dan mengidentifikasi pola perilaku hewan yang ada di lingkungan sekitar.</li> </ul>

<b>(1) Minggu Ke-</b>	<b>(2) Kemampuan Akhir Tiap Tahap Pembelajaran (Kompetensi Dasar)</b>	<b>(3) Bahan Kajian (Materi)</b>	<b>(4) Metode Pembelajaran</b>	<b>(5) Alokasi Waktu</b>	<b>(6) Pengalaman Belajar Mahasiswa (Deskripsi Tugas)</b>	<b>(7) Kriteria Penilaian (Indikator)</b>
	menghadapi perubahan lingkungan.	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Pola-pola perilaku hewan.</li> <li>● Predasi</li> <li>● Mekanisme pertahanan hewan.</li> </ul>			mengerjakan latihan.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Menganalisis peran manusia dalam mempengaruhi perilaku hewan, berdasarkan analisis artikel dan/ studi kasus etnoekologi.</li> </ul>
5	<p>Menganalisis variasi populasi dan seleksi alam dalam kehidupan sehari-hari.</p> <p>Memprediksi dan menyimpulkan variasi genetik yang</p>	<p>Variasi Populasi dan Seleksi Alam.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● Variasi populasi</li> <li>● Seleksi alam</li> </ul>	Diskusi Informasi, analisis studi kasus, dan latihan/ penugasan.	2x50 menit	Menyimak presentasi, berdiskusi interaktif, menganalisis studi kasus, dan mengerjakan latihan.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Menghitung frekuensi alel pada suatu populasi.</li> <li>- Menganalisis fenomena variasi populasi yang ada di lingkungan sekitar melalui studi kasus etnoekologi.</li> </ul>

<b>(1) Minggu Ke-</b>	<b>(2) Kemampuan Akhir Tiap Tahap Pembelajaran (Kompetensi Dasar)</b>	<b>(3) Bahan Kajian (Materi)</b>	<b>(4) Metode Pembelajaran</b>	<b>(5) Alokasi Waktu</b>	<b>(6) Pengalaman Belajar Mahasiswa (Deskripsi Tugas)</b>	<b>(7) Kriteria Penilaian (Indikator)</b>
	terdapat dalam suatu populasi.					
6-7	Memprediksi dan menyimpulkan peran manusia dan lingkungan terhadap spesiasi hewan.	Spesiasi: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Syarat terjadinya spesiasi</li> <li>• Mekanisme spesiasi</li> </ul>	Diskusi Informasi, analisis studi kasus, dan latihan/penugasan.	2x50 menit	Menyusun dan menyimak presentasi, berdiskusi interaktif, menganalisis studi kasus, dan mengerjakan latihan.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Membedakan beberapa jenis spesiasi.</li> <li>- Menguraikan peranan spesiasi bagi ekosistem.</li> <li>- Memprediksi dan menyimpulkan peran manusia terhadap distribusi dan spesiasi hewan berdasarkan studi kasus etnoekologi.</li> </ul>

(1) Minggu Ke-	(2) Kemampuan Akhir Tiap Tahap Pembelajaran (Kompetensi Dasar)	(3) Bahan Kajian (Materi)	(4) Metode Pembelajaran	(5) Alokasi Waktu	(6) Pengalaman Belajar Mahasiswa (Deskripsi Tugas)	(7) Kriteria Penilaian (Indikator)
8	Mid semester	-	-	2x50 menit	-	-
9	Menganalisis fenomena-fenomena yang terjadi dalam ekologi populasi hewan.	Ekologi Populasi <ul style="list-style-type: none"> <li>● Densitas</li> <li>● Distribusi</li> <li>● Laju pertumbuhan</li> <li>● Pola dan mekanisme migrasi</li> </ul>	Diskusi Informasi, analisis studi kasus, dan latihan/penugasan.	2x50 menit	Menyusun dan menyimak presentasi, berdiskusi interaktif, menganalisis studi kasus, dan mengerjakan latihan.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Menganalisis fenomena migrasi pada hewan yang terdapat di lingkungan sekitar, melalui studi kasus.</li> <li>- Mengidentifikasi faktor-faktor yang mempengaruhi densitas, distribusi, pertumbuhan dan migrasi hewan.</li> </ul>

<b>(1) Minggu Ke-</b>	<b>(2) Kemampuan Akhir Tiap Tahap Pembelajaran (Kompetensi Dasar)</b>	<b>(3) Bahan Kajian (Materi)</b>	<b>(4) Metode Pembelajaran</b>	<b>(5) Alokasi Waktu</b>	<b>(6) Pengalaman Belajar Mahasiswa (Deskripsi Tugas)</b>	<b>(7) Kriteria Penilaian (Indikator)</b>
10	Menganalisis peran dan interaksi spesies dalam suatu komunitas dan ekosistem.	<p>Konsep Komunitas dan Ekosistem</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Habitat dan mikrohabitat</li> <li>• Niche</li> <li>• Interaksi spesies</li> <li>• Spesies kunci dan spesies dominan</li> <li>• Tingkatan trofik</li> <li>• Transfer energi dan nutrien</li> <li>• Produktivitas hewan</li> </ul>	Diskusi Informasi, analisis studi kasus, dan latihan/penugasan.	2x50 menit	Menyusun dan menyimak presentasi, berdiskusi interaktif, menganalisis studi kasus, dan mengerjakan latihan.	<p>- Menganalisis fenomena alam (global warming) yang terjadi di lingkungan dan pengaruhnya terhadap komunitas hewan, melalui studi kasus etnoekologi.</p> <p>- Mengobservasi dan mengidentifikasi spesies kunci dan dominan dalam suatu ekosistem</p> <p>- Mengidentifikasi peran dan tingkatan</p>

<b>(1) Minggu Ke-</b>	<b>(2) Kemampuan Akhir Tiap Tahap Pembelajaran (Kompetensi Dasar)</b>	<b>(3) Bahan Kajian (Materi)</b>	<b>(4) Metode Pembelajaran</b>	<b>(5) Alokasi Waktu</b>	<b>(6) Pengalaman Belajar Mahasiswa (Deskripsi Tugas)</b>	<b>(7) Kriteria Penilaian (Indikator)</b>
11-12	Mengaplikasikan konsep-konsep dan rumus dalam menganalisis struktur komunitas, menafsirkan, dan membuat simpulan	Struktur Komunitas hewan <ul style="list-style-type: none"> <li>• Kualitatif</li> <li>• Kuantitatif</li> </ul>	Diskusi Informasi, analisis studi kasus, dan latihan/penugasan.	2x50 menit	Menyusun dan menyimak presentasi, berdiskusi interaktif, menganalisis studi kasus, dan	<p>trofik suatu spesies yang terdapat dalam suatu ekosistem dan komunitas</p> <p>- Menganalisis dan menggambarkan pola interaksi hewan dalam suatu komunitas.</p> <p>- Mengidentifikasi faktor-faktor biotik dan abiotik spesifik yang mempengaruhi komunitas hewan tertentu, melalui</p>

<b>(1)</b> Minggu Ke-	<b>(2)</b> Kemampuan Akhir Tiap Tahap Pembelajaran (Kompetensi Dasar)	<b>(3)</b> Bahan Kajian (Materi)	<b>(4)</b> Metode Pembelajaran	<b>(5)</b> Alokasi Waktu	<b>(6)</b> Pengalaman Belajar Mahasiswa (Deskripsi Tugas)	<b>(7)</b> Kriteria Penilaian (Indikator)
	berdasarkan analisis data struktur komunitas hewan.				mengerjakan latihan.	<p>studi kasus dan/atau artikel.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Menganalisis, menafsirkan, dan menyimpulkan struktur komunitas suatu hewan berdasarkan kepadatan, keanekaragaman, dominansi, pemerataan, simularitas, dan INP.</li> <li>- Menganalisis metode-metode riset dalam kajian</li> </ul>

<b>(1) Minggu Ke-</b>	<b>(2) Kemampuan Akhir Tiap Tahap Pembelajaran (Kompetensi Dasar)</b>	<b>(3) Bahan Kajian (Materi)</b>	<b>(4) Metode Pembelajaran</b>	<b>(5) Alokasi Waktu</b>	<b>(6) Pengalaman Belajar Mahasiswa (Deskripsi Tugas)</b>	<b>(7) Kriteria Penilaian (Indikator)</b>
13	Menganalisis dan memprediksi peran manusia dan lingkungan dalam mempengaruhi dinamika spasial dan musiman hewan.	Dinamika spasial dan musiman	Diskusi informasi, analisis studi kasus, dan latihan/penugasan.	2x50 menit	Menyusun dan menyimak presentasi, berdiskusi interaktif, menganalisis studi kasus, dan mengerjakan latihan.	struktur komunitas hewan, melalui review artikel.  - Membedakan dinamika spasial dan musiman pada hewan.  - Menganalisis dinamika spasial dan/atau musiman yang terjadi pada hewan tertentu, melalui studi kasus.

<b>(1)</b> Minggu Ke-	<b>(2)</b> Kemampuan Akhir Tiap Tahap Pembelajaran (Kompetensi Dasar)	<b>(3)</b> Bahan Kajian (Materi)	<b>(4)</b> Metode Pembelajaran	<b>(5)</b> Alokasi Waktu	<b>(6)</b> Pengalaman Belajar Mahasiswa (Deskripsi Tugas)	<b>(7)</b> Kriteria Penilaian (Indikator)
14	Menganalisis dan memprediksi suksesi yang pernah terjadi maupun yang diperkirakan akan terjadi di lingkungan sekitar (bumi), serta dampaknya bagi komunitas hewan dan manusia.	Suksesi <ul style="list-style-type: none"> <li>• Tipe-tipe suksesi</li> <li>• Model-model suksesi</li> <li>• Tahapan suksesi</li> </ul>	Diskusi Informasi, analisis studi kasus, dan latihan/ penugasan.	2x50 menit	Menyusun dan menyimak presentasi, berdiskusi interaktif, menganalisis studi kasus, dan mengerjakan latihan.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Mengidentifikasi dana mengelompokkan beberapa contoh suksesi yang ada di lingkungan sekitar.</li> <li>- Menjelaskan mekanisme suksesi dan dampaknya berdasarkan contoh yang ada di lingkungan sekitar.</li> <li>- Memprediksi kemungkinan suksesi yang ada di masa depan</li> </ul>

<b>(1) Minggu Ke-</b>	<b>(2) Kemampuan Akhir Tiap Tahap Pembelajaran (Kompetensi Dasar)</b>	<b>(3) Bahan Kajian (Materi)</b>	<b>(4) Metode Pembelajaran</b>	<b>(5) Alokasi Waktu</b>	<b>(6) Pengalaman Belajar Mahasiswa (Deskripsi Tugas)</b>	<b>(7) Kriteria Penilaian (Indikator)</b>
15	Menganalisis dan menggambarkan kondisi kestabilan ekosistem dan komunitas yang ada lingkungan masing-masing.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Homeostatis Ekosistem dan Kestabilan Komunitas.</li> <li>• Konservasi</li> </ul>	Diskusi Informasi, analisis studi kasus, dan latihan/penugasan.	2x50 menit	Menyusun dan menyimak presentasi, berdiskusi interaktif, menganalisis studi kasus, dan mengerjakan latihan.	<p>berdasarkan fenomena yang ada saat ini, melalui studi kasus.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Menganalisis dan menyimpulkan stabilitas suatu ekosistem dan komunitas, berdasarkan studi kasus etnoekologi.</li> <li>- Menganalisis fenomena-fenomena global yang berkaitan dengan homeostatis</li> </ul>

<b>(1) Minggu Ke-</b>	<b>(2) Kemampuan Akhir Tiap Tahap Pembelajaran (Kompetensi Dasar)</b>	<b>(3) Bahan Kajian (Materi)</b>	<b>(4) Metode Pembelajaran</b>	<b>(5) Alokasi Waktu</b>	<b>(6) Pengalaman Belajar Mahasiswa (Deskripsi Tugas)</b>	<b>(7) Kriteria Penilaian (Indikator)</b>
						<p>lingkungan dan kestabilan komunitas.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Menganalisis persepsi dan peran masyarakat terhadap stabilitas suatu ekosistem dan komunitas.</li> <li>- Mengidentifikasi beberapa spesies khas/endemik NTB atau Lombok, beserta ciri dan karakteristik habitatnya.</li> </ul>

<b>(1) Minggu Ke-</b>	<b>(2) Kemampuan Akhir Tiap Tahap Pembelajaran (Kompetensi Dasar)</b>	<b>(3) Bahan Kajian (Materi)</b>	<b>(4) Metode Pembelajaran</b>	<b>(5) Alokasi Waktu</b>	<b>(6) Pengalaman Belajar Mahasiswa (Deskripsi Tugas)</b>	<b>(7) Kriteria Penilaian (Indikator)</b>
16	Ujian akhir semester (presentasi proyek mini riset)	-	Project based learning	2x50 menit	- Melaksanakan metode-metode riset yang mumpuni dan relevan dengan masalah yang ada di lingkungan.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Mendeskripsikan perannya sebagai mahasiswa dan anggota masyarakat, dalam mengkonservasi hewan dan lingkungan.</li> </ul>
					<ul style="list-style-type: none"> <li>- Mampu melaksanakan mini riset sesuai metode dan langkah/sistematika ilmiah yang benar, selama 1 semester</li> </ul>	

(1) Minggu Ke-	(2) Kemampuan Akhir Tiap Tahap Pembelajaran (Kompetensi Dasar)	(3) Bahan Kajian (Materi)	(4) Metode Pembelajaran	(5) Alokasi Waktu	(6) Pengalaman Belajar Mahasiswa (Deskripsi Tugas)	(7) Kriteria Penilaian (Indikator)
					<ul style="list-style-type: none"> <li>- Menyusun dan mempublish karya dalam bentuk artikel penelitian</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Mampu mengkomunikasikan hasil temuan/penelitiannya kepada umum, melalui pemanfaatan media digital yang tepat dan efisien.</li> </ul>

## REFERENSI

- Darmawan, Agus. (2005). Ekologi Hewan. Malang: Universitas Negeri Malang.  
 Darwin, Charles. (2003). The Origin of Species (Terjemahan Tim UNAS). Jakarta: Yayasan Obor Indonesia.  
 Odum, Eugene P. (1971). Fundamentals of Ecology. California: Saunders College Publishing.  
 T Boodum. (2008). Evolution and Speciation. Anlarp: Swedish University of Agriculture Sciences inc.

## PENILAIAN

Bobot Penilaian

NA:  $30\%U_1 + 20\%U_2 + 20\%U_3 + 30\%U_4$

Keterangan:

U1 = Kehadiran, tugas, kuis, keaktifan

U2 = Praktikum

U3 = Ujian tengah semester

U4 = Mimi riset

Penilaian akhir hasil belajar mahasiswa dinyatakan dalam bentuk nilai huruf yang dikonversi dari nilai angka dan kategori sebagai berikut

Nilai Angka	Nilai Huruf	Kategori	Kriteria Lulus
92.00 – 100.0	A	Sangat baik	Lulus
83.50 – 91.99	A-	Baik	Lulus
75.25 – 83.49	B+	Baik	Lulus
67.00 – 75.24	B	Baik	Lulus
58.50 - 66.99	B-	Baik	Lulus
50.25 – 58.49	C+	Cukup baik	Lulus

Nilai Angka	Nilai Huruf	Kategori	Kriteria Lulus
42.00 – 50.24	C	Cukup baik	Lulus
33.50 – 41.99	C-	Kurang baik	Tidak lulus
17.00 – 33.49	D	Kurang baik	Tidak lulus
0.00 – 16.99	E	Sangat kurang baik	Tidak lulus

**VERIFIKASI RPS**

**Ketua Jurusan**



**Dr. M. Harja Efendi, M.Pd.**  
NIP. 198002272003121002

**Mataram, 10 Februari 2023**  
**Dosen Pengampu MK**



**Nurilita Lestariani, M.Pd**  
NIP. 198910232019032014

# **BAB I**

## **PEMBELAJARAN EKOLOGI**

### **BERMUATAN ETNOEKOLOGI**

#### **A. Etnoekologi**

Etnoekologi adalah ilmu yang mempelajari hubungan antara ekologi (lingkungan) dan masyarakat melalui pengamatan dan analisa mendalam terhadap perilaku dan kearifan lokal masyarakat, dalam memahami hubungan antara manusia dan lingkungan. Etnoekologi mempelajari bagaimana manusia dan lingkungan saling berinteraksi dan saling mempengaruhi, khususnya cara-cara masyarakat tradisional memanfaatkan lingkungan dan hidup selaras dengan lingkungan alam dan sosialnya.

Etnoekologi memandang hubungan antara manusia dan lingkungan sebagai suatu kesatuan yang tidak terpisahkan (Taufiq, 2017). Kajian etnoekologi mampu mengungkap bagaimana pola pemanfaatan masyarakat terhadap lingkungan, persepsi masyarakat terhadap lingkungan, dan strategi adaptasi masyarakat terhadap perubahan lingkungan. Misalnya studi etnoekologi yang dilakukan Sonta et al. (2017) mengungkapkan pemanfaatan aliran sungai das setu sebagai sumber air, ekonomi, hiburan, bahkan tempat pembuangan limbah, yang dilakukan secara individu maupun kolektif, oleh masyarakat. Untuk menanggulangi pencemaraan das setu dan mengurangi dampak negatifnya, dilakukan berbagai upaya yaitu memprogramkan kerja bakti,

membangun saluran drainase baru, mengeruk lumpur das setu, dan menyediakan sumber air bersih baru.

Pendekatan berbasis kearifan lokal merupakan salah satu strategi yang sangat efektif dalam pemecahan masalah lingkungan hidup. Hal disebabkan nilai-nilai kearifan lokal merupakan nilai-nilai/budaya yang telah melekat dengan kehidupan masyarakat sehari-hari. Pandangan suatu masyarakat mengenai lingkungannya akan mempengaruhi pola perilakunya (Sonta et al., 2017). Misalnya, tradisi lokal yang berlaku secara turun-temurun di Dusun Sade, Lombok Selatan yang dikenal dengan istilah "kemalik". Kemalik merupakan sebuah ketentuan yang melarang akses ke wilayah hutan secara sembarangan, dengan tujuan untuk melestarikan hutan. Apabila seseorang merusak hutan atau menebang kayu, maka pelakunya akan mendapat sanksi berupa denda adat yang harus dibayarkan, seperti satu ekor kerbau, 1 kw beras, gula merah, uang bolong (kepeng susuk) sebanyak 244 biji, dan lain-lain. Jika sanksi tersebut tidak dipenuhi, maka akan diberikan sanksi yang lebih berat yaitu tidak dilibatkan dan difasilitasi dalam melaksanakan acara-acara adat (dikucilkan).

Studi etnoekologi lain, Yenrizal (2016) mengungkapkan keterikatan masyarakat dengan alam pada komunitas masyarakat Pagar Alam, Sumatera Selatan. Dimana masyarakat disana telah mampu membangun rumah-rumah yang ramah lingkungan dan tahan gempa, tanpa merusak ekosistem yang sudah ada. Hal ini menunjukkan bahwa kunci kestabilan komunitas ialah pemahaman yang baik terhadap struktur dan mekanisme kerja alam, sehingga

manusia dan alam dapat hidup bersama dan saling menguntungkan. Selain itu, hal ini juga dapat meminimalisir terjadinya bencana alam. Hal sebaliknya terjadi pada masyarakat Bima, NTB, yang sering berladang dengan menggunakan sistem ladang berpindah. Sistem ini dianggap sangat merugikan ekosistem alami dan dapat memicu bencana alam seperti banjir dan longsor.

Kearifan lokal menjadi salah satu kunci dalam mempelajari etnoekologi. Namun tidak dapat dipungkiri bahwa saat ini, posisi dan nilai kearifan lokal/adat semakin tergeser oleh budaya modern yang dibawa oleh generasi muda. Budaya baru ini diadopsi melalui media sosial, maupun platform-platform digital yang memungkinkan mereka mengakses berbagai informasi dari berbagai daerah hingga belahan bumi lainnya. Oleh karenanya, etnoekologi tidak lagi hanya digunakan mempelajari nilai-nilai lokal yang diwariskan oleh nenek moyang, tetapi juga digunakan untuk mengkaji fenomena-fenomena atau aktivitas manusia (masyarakat) yang berimplikasi terhadap permasalahan lingkungan. Dalam memahami bagaimana budaya dan lingkungan saling berinteraksi, etnoekologi menggunakan metode linguistik dan antropologi budaya. Etnoekologi juga merupakan cabang ilmu yang relatif baru, dan bersumber dari bidang ilmu Antropologi (etnosains), Etnobiologi, Agro-Ekologi, dan Geografi lingkungan.

Untuk mempelajari hubungan antara manusia dan lingkungan, etnoekologi menggunakan beberapa pendekatan yaitu:

1. Pendekatan Keruangan yaitu pendekatan yang mengacu pada penyebaran, interelasi dan deskripsi. Pendekatan ini melihat hubungan manusia dan alam berdasarkan aktivitas manusia.
2. Pendekatan Ekologi yaitu pendekatan yang melihat hubungan antara manusia dan lingkungan berdasarkan pola pengelolaan manusia terhadap alam seperti cara pengolahan tanah, cara berladang, teknik menanam, pemupukan, pengendalian hama, dan lain-lain.
3. Pendekatan Sejarah yaitu pendekatan yang memfokuskan pada proses kronologis dengan melihat kurun waktu terjadinya peristiwa.
4. Pendekatan Sistem yaitu pendekatan yang melihat manusia dan lingkungan dipandang sebagai suatu kesatuan/sistem. Hal ini memberi kemudahan dalam mempelajari wilayah tertentu.

## **B. Peran Etnoekologi Dalam Pembelajaran Ekologi Hewan**

Etnoekologi memiliki peran penting dalam memelihara kelestarian lingkungan hidup dan membentuk karakter peduli lingkungan. Dalam pembelajaran berbasis etnoekologi, mahasiswa dapat menganalisa gagasan dan perilaku masyarakat lokal, sehingga dapat menguatkan nilai kebermaknaan pembelajaran dan mendorong sikap positif mahasiswa dalam menyelesaikan permasalahan lingkungan dengan kearifan lokal. Dengan mempelajari cara-cara masyarakat tradisional memanfaatkan ekologi dan hidup selaras dengan lingkungan alam

dan sosialnya, kita dapat mengambil pelajaran dan menerapkannya dalam upaya menjaga kelestarian lingkungan.

Untuk mengaplikasikan pembelajaran berbasis etnoekologi, beberapa upaya dapat dilakukan, salah satunya yakni dengan mengembangkan bahan ajar berbasis etnoekologi. Bahan ajar bermuatan etnoekologi dapat meningkatkan kemampuan kognitif, membaca, dan berpikir kritis (Kusherawati et al., 2022). Melalui keterlibatan lingkungan dan mengaitkan dengan kehidupan sehari-hari, mahasiswa akan lebih mudah memahami materi dan mengaplikasikannya dalam kehidupan (situasi riil).

Pada pembelajaran berbasis etnoekologi, mahasiswa dapat melakukan observasi secara langsung maupun tidak langsung (melalui media, artikel, atau sumber-sumber lainnya). Mahasiswa dapat mengidentifikasi masalah, menjelaskan fenomena secara ilmiah, menyimpulkan, dan membuat rekomendasi/solusi dari permasalahan yang ditemui. Diharapkan, melalui pembelajaran berbasis etnoekologi siswa dapat menghubungkan konsep ekologi dengan kehidupan masyarakat sehari-hari. Terutama dalam menghadapi berbagai permasalahan/fenomena lingkungan yang semakin menantang dan bervariasi.

Ekologi hewan, etnoekologi dan pendekatan ekologi (*ecological approach*) sangat berkaitan. Pendekatan ekologi merupakan suatu pendekatan yang mengkaji hubungan antara manusia dan lingkungan. Melalui pembelajaran bermuatan etnoekologi dan pendekatan ekologi, mahasiswa dihadapkan pada masalah-masalah lingkungan yang bersifat kontekstual.

Pembelajaran dapat diawali dengan mengkaji konsep-konsep dasar yang berkaitan, kemudian mengaitkan dan menggunakan konsep-konsep ekologi untuk menganalisa fenomena-fenomena lingkungan sekitar. Hal ini dapat memotivasi mahasiswa, melatih kepekaan dan meningkatkan literasi lingkungan mahasiswa.

Umumnya, walaupun mahasiswa telah dibekali dengan konsep-konsep ekologi yang baik, namun literasi lingkungan mahasiswa tidak turut meningkat secara otomatis. Selain karena perkuliahan ekologi lebih fokus pada penguasaan aspek kognitif dan aspek psikomotor (keterampilan laboratorium/penelitian lapangan), aspek afektif seperti kesadaran lingkungan masih sangat kurang diperhatikan. Padahal aspek yang paling berpengaruh dalam hubungan antara manusia dan lingkungan ialah aspek afektif. Aspek afektif ini mencakup tujuan dari perilaku seseorang, saerta dampak dan keyakinannya terhadap lingkungan. Berbanding terbalik dengan harapan, pada kenyataannya afektif mahasiswa terhadap lingkungan masih tergolong rendah. Hal ini tercermin dari perilaku mahasiswa sehari-hari misalnya masih ditemukan lingkungan kelas dan kampus yang kotor, masih ada mahasiswa yang tidak membuang sampah dengan benar, partisipasi mahasiswa pada kegiatan lingkungan yang masih rendah, perilaku boros dalam memanfaatkan sumber daya alam baik yang bersifat *reversible* maupun *non-reversible* (air, listrik, makanan, dan lain-lain), apatis terhadap perubahan lingkungan, upaya pelestarian maupu konservasi, dan lain sebagainya.

Oleh karena itu pembelajaran Ekologi Hewan bermuatan etnoekologi sangat relevan dengan permasalahan lingkungan dan kebutuhan mahasiswa sebagai anggota masyarakat. Melalui pembelajaran ekologi bermuatan etnoekologi, diharapkan mahasiswa dapat memiliki karakter peduli lingkungan dan literasi lingkungan yang baik, memiliki empati yang tinggi terhadap segala bentuk kehidupan yang ada di bumi, mampu menggunakan kecerdasan kognitif, psikomotorik dan afektifnya untuk bertindak dengan pola pikir berkelanjutan, dan berpartisipasi aktif sebagai bagian dari masyarakat untuk memecahkan permasalahan lingkungan.

Proses pembelajaran berbasis ekologi dan bermuatan etnoekologi dapat menjadi pondasi/dasar bagi mahasiswa untuk mengembangkan karakter dan literasi lingkungan dan menunjukkan keberpihakan pada kelanjutan lingkungan (*sustainability*). Selain itu adanya muatan etnoekologi diharapkan dapat melestarikan nilai-nilai kearifan lokal yang baik, sehingga dengan menerapkan kearifan lokal tersebut, mahasiswa dapat mencintai lingkungan dengan nyaman, berdasarkan nilai-nilai yang sudah mengakar pada budaya atau kehidupannya sehari-hari (Sormin et al., 2022). Dengan demikian orientasi dari pembelajaran ekologi bermuatan etnoekologi ialah membentuk karakter dan literasi lingkungan melalui pendekatan kemasyarakatan menuju pelestarian lingkungan yang berkelanjutan.

### C. *Sustainable Learning*

*Sustainable learning* (pembelajaran berkelanjutan) adalah pendekatan pembelajaran yang bertujuan untuk menciptakan ekosistem pembelajaran yang sehat dan terus berkembang, dimana pengetahuan diciptakan dan dibagikan bersama-sama dalam suatu komunitas.

*The Sustainable Learning Framework* (SLF) atau disebut juga kerangka pembelajaran berkelanjutan adalah seperangkat prinsip dan praktik yang menjadi panduan dalam melaksanakan pembelajaran berkelanjutan (Childhood Education International, 2023). SLF diprakarsai oleh Dr. Diana Woolis dan dilisensikan di bawah *Lisensi Internasional Creative Commons Attribution-Non Commercial-No Derivatives 4.0*. Kerangka ini menunjukkan cara baru dalam bekerja dan berpikir dalam pembelajaran, yang melibatkan guru, sekolah, sistem, dan masyarakat, agar mampu menerapkan praktik pembelajaran berkelanjutan. SLF memungkinkan siapapun dapat mengidentifikasi dan mengimplementasikan *sustainable learning* melalui kolaborasi dan pembelajaran berbasis pembuktian.

Kerangka pembelajaran berkelanjutan disusun mengikuti beberapa prinsip sebagai berikut.

1. **Pembaruan.** Pembelajaran berkelanjutan membutuhkan perkembangan pengetahuan dan keterampilan yang *up to date* untuk mengikuti perubahan yang terjadi di dunia.
2. **Pembangunan kembali.** Pembelajaran yang berkelanjutan melibatkan proses penyusunan kembali pengetahuan dan

keterampilan agar dapat beradaptasi dengan situasi yang baru atau tantangan-tantangan di masa depan.

3. Penggunaan kembali. Pembelajaran berkelanjutan membutuhkan penggunaan kembali pengetahuan dan keterampilan yang telah dipelajari sebelumnya, untuk mengurangi sampah dan meningkatkan efisiensi.
4. Penyelidikan. Pembelajaran berkelanjutan membutuhkan penyelidikan terhadap pengetahuan dan keterampilan yang baru untuk mengembangkan pemahaman dan kapabilitas.
5. Berpikiran terbuka. Pembelajaran berkelanjutan membutuhkan pemikiran terbuka terhadap ide-ide dan perspektif baru untuk meningkatkan kreativitas dan inovasi.
6. Penyelesaian. Pembelajaran berkelanjutan melibatkan upaya untuk mengatasi tantangan dan kemunduran untuk mengembangkan ketahanan dan ketekunan.

Untuk menciptakan Ekosistem Pembelajaran yang profesional, terdapat beberapa aspek penting yang terlibat (Childhood Education International, 2023), yaitu:

1. Pengajaran yang jelas dan bermakna. Dosen perlu mendesain pembelajaran dalam kerangka filosofi pengajaran, memiliki tujuan yang jelas, menggunakan metode berbasis bukti-informasi, dan penilaian yang otentik. Caranya:
  - a. Fokus pada latihan. Pembelajaran hendaknya menggunakan paradigma *student centre*, dimana mahasiswa belajar mengenai subyek tertentu melalui kerja kelompok, untuk menyelesaikan *open-ended problem*,

dan menggunakan metode yang membutuhkan keterampilan khusus.

- b. Pembelajaran yang dilakukan perlu didukung oleh hasil penelitian yang kokoh dan reliabel. Pengajaran yang berbasis bukti dapat mendukung kemampuan mahasiswa untuk menyimpulkan dan agar dapat mengulanginya pada lingkungan dan konteks yang berbeda.
  - c. Menggunakan temuan dan seleksi, pengelompokan, konteks, pelestarian, pemeliharaan, pengarsipan, dan *sharing* konten digital sebagai peluang untuk membangun komunitas, penyelidikan kritis, wadah untuk mendemonstrasikan interpretasi dan kreatifitas, dan untuk membangun literasi digital.
  - d. Menggunakan berbagai sumber informasi yang bermakna, dan mampu menggunakan kombinasi teks, gambar, gerak atau audio.
2. Sistem berpikir, ialah cara seseorang bersikap dengan menggunakan pengetahuan yang disusun oleh pribadi (individu) dan kelompok, sebagai bagian dari ekosistem pembelajaran yang lebih luas. Hal ini membutuhkan *support* dan metode-metode yang didesain untuk bekerja dalam lingkungan yang kompleks dan saling berhubungan. Caranya:
- a. Mengorganisasikan kerja kolektif. Dosen mendorong mahasiswa untuk bekerja sama, mengabaikan egosentris, berbagi informasi, untuk memecahkan permasalahan yang kompleks.

- b. Mendistribusikan kepemimpinan. Dosen dapat menggunakan struktur organisasi (kelas, program studi, jurusan, fakultas bahkan lingkungan) sebagai komunitas penyelidikan untuk menyediakan tantangan dan peluang, dan mengembangkan solusi yang inovatif.
  - c. Mendesain kompleksitas. Dosen perlu memberikan petunjuk yang dinamis, penilaian, materi, dan aktivitas yang sesuai dengan konteks, kemampuan, pilihan mahasiswa dan ketersediaan akses pembelajaran.
3. Pembelajaran berulang. Dosen dan sistem pembelajaran menggunakan aturan *multiple feedback* untuk memperbaiki, membentuk kembali, dan mentransformasi latihan yang diberikan dan aturan-aturan yang diberlakukan. Caranya:
- a. Memulai dengan teori perubahan. Dosen mendemonstrasikan kredibilitas dan capaian hasil belajar yang telah ditentukan, yang diharapkan dapat dicapai/diperoleh dalam jangka waktu pendek, menengah, dan panjang.
  - b. Menanamkan refleksi dalam belajar. Dosen menggunakan refleksi terstruktur berdasarkan pengalaman belajar untuk perencanaan dan kegiatan selanjutnya.
  - c. Membentuk proses analisis yang mendorong perbaikan (peningkatan). Dosen menyediakan akses dan menggunakan data untuk meningkatkan kualitas pengajaran, aturan, metode, peralatan, dan teknologi bagi mahasiswa.

4. Keterlibatan yang demokratis. Dosen perlu menjamin setiap mahasiswa memiliki akses, dukungan, materi (bahan), dan keamanan yang dibutuhkan untuk menjadi pebelajar yang aktif, menyediakan peluang/kesempatan untuk belajar dengan rekan mahasiswa, dan dilibatkan dalam medesain pengalaman belajar. Caranya:
  - a. Dosen menyediakan fasilitas pembelajaran, memastikan diskusi online (bersamaan maupun tidak bersamaan) yang terjadi, mampu mencapai tujuan, menjadi fasilitator, membangun komunitas, menuntut originalitas, memberikan *open-ended question*, dan menyimpulkan.
  - b. Dosen menyediakan sumber-sumber belajar yang terbuka dan luas. Dosen hendaknya menggunakan berbagai sumber belajar, baik digital maupun lainnya yang tersedia bagi umum, gratis, dapat digunakan, diadaptasi, dan dapat disebarakan tanpa batasan.
  - c. Menyelenggarakan pembelajaran terstruktur dalam komunitas (kelas). Komunitas belajar adalah sekelompok individu yang hadir untuk meningkatkan skill dan berrsama-sama membangun pengetahuan dalam format yang terstruktur, melalui diskusi, refleksi dan penciptaan karya. Komunitas belajar bertujuan untuk membangun kemampuan mengajar, sosial dan kognitif.
5. Menyertakan alat dan sumber digital. Dosen perlu menyediakan sistem terbuka bagi pembelajaran online. Caranya:

- a. Dosen harus mampu menghubungkan rute-rute (*pathways*) pembelajaran, dengan menghubungkan materi (antar matakuliah), individu-individu, dan sumber-sumber belajar untuk membangun rute/jalur pembelajaran yang sesuai.
- b. Dosen menginovasi desain pembelajaran secara bersama-sama, dengan cara mengumpulkan para pengguna dan pengembang untuk berinovasi dalam teknologi dan mengembangkan platform, aplikasi, *plug-in*, dan aksesoris lainnya yang disesuaikan dengan kinerja teknologi.
- c. Menyediakan ruang yang aman, dengan memenuhi standar privasi, integritas, ketersediaan, dan analisis risiko keamanan.

Selain prinsip-prinsip langkah-langkah pembelajaran tersebut, pembelajaran berkelanjutan juga berpedoman pada prinsip-prinsip pembangunan berkelanjutan, yang mencakup peningkatan perdamaian, tata kelola pemerintahan yang baik, dan perlindungan lingkungan. Tujuan Pembangunan Berkelanjutan (SDGs) PBB ialah memberikan kerangka kerja holistik untuk pembangunan berkelanjutan, termasuk pendidikan berkualitas yang memberdayakan masyarakat untuk hidup lebih sehat dan berkelanjutan. SDGs juga bertujuan untuk memastikan bahwa semua peserta didik memperoleh pengetahuan dan keterampilan yang dibutuhkan untuk mendorong pembangunan berkelanjutan, termasuk pendidikan untuk pembangunan berkelanjutan dan gaya hidup berkelanjutan.

Ide mengenai pembelajaran berkelanjutan (*sustainable learning*) muncul dari harapan bahwa pelajar/mahasiswa memiliki keinginan atau tekad untuk berkontribusi positif untuk membuat perubahan pada dunia menjadi lebih baik di masa depan (Hays & Reinders, 2020). Jadi pembelajaran hendaknya tidak cukup hanya berfokus pada skil dan pengalaman, tetapi juga menumbuhkan kesadaran dan kepercayaan diri untuk melakukan perubahan.

Mengacu pada prinsip-prinsip dalam pendekatan *sustainable learning*, perkuliahan Ekologi Hewan melaksanakan pembelajaran dengan mengikuti langkah-langkah sebagai berikut.

Langkah 1: Konsep

- a. Memahamkan kerangka pembelajaran *sustainable learning* pada mahasiswa, sehingga setiap individu (mahasiswa) secara kolektif memiliki tingkat pemahaman yang sama.
- b. Meningkatkan frekuensi/jumlah penggunaan teknologi dan latihan melalui pendekatan *sustainable learning*.
- c. Memastikan ide-ide *sustainable learning* tertuang dalam kontrak perkuliahan atau norma dalam kelas.

Langkah 2: Latihan

- a. Memberikan latihan atau pengulangan secara terus-menerus untuk menjembatani *gap* antara pengetahuan dan keterampilan.
- b. Menumbuhkan budaya belajar di tingkat individu (mahasiswa) maupun di dalam kelas.

- c. Mendorong mahasiswa agar dapat menerapkan pengetahuan dan memproduksi karya nyata, sesuai dengan bidang (subyek) dan metode yang dipelajari.

Langkah 3: *Deep Learning* dan Refleksi

- a. Mendorong dan memfasilitasi mahasiswa untuk menguasai konten-konten akademik sesuai dengan yang tertuang dalam kurikulum.
- b. Mendorong mahasiswa untuk berpikir kritis dan mampu memecahkan masalah.
- c. Memfasilitasi mahasiswa agar mampu berkolaborasi dan berkomunikasi secara efektif (menggunakan bahasa akademik yang tepat), agar dapat membuat jaringan, mengakses pengetahuan, sumber-sumber informasi, dan melaksanakan *peer-learning*.
- d. Mendorong otonomi belajar (kemampuan manajemen pembelajaran diri sendiri).
- e. Mengembangkan pola pikir akademik dan keyakinan untuk terus tumbuh.
- f. Mengoptimalkan pemanfaatan dan pengelolaan pembelajaran berbasis digital dan *up to date*.
- g. Memastikan mahasiswa mampu merefleksi dirinya secara sadar, melalui kegiatan observasi, penilaian, dan *feedback* yang diperoleh, sehingga mahasiswa dapat memperluas paradigma dan muncul keinginan melakukan perubahan perilaku.

- h. Memastikan hasil refleksi dilakukan berdasarkan apa yang telah dilakukan, perbaikan dan aplikasinya, yang terekam, dianalisa dan dapat digunakan untuk pembelajaran selanjutnya.

### **Studi Kasus**

Desa Sambori merupakan salah satu desa yang berada di wilayah Kecamatan Lambitu, Kabupaten Bima. Topografinya berbukit-bukit, mendatar dan wilayahnya tersebar di sepanjang lereng Gunung Lambitu. Sebagian wilayahnya digunakan untuk area pemukiman dan sarana umum, sebagian lagi digunakan untuk perkebunan dan hutan lindung. Masyarakat Desa Sambori mencari nafkah dengan berkebun, bertukang dan beternak. Masyarakat Desa Sambori memiliki adat istiadat dan bahasa khas (tidak digunakan di tempat lain), yang unik seperti ritual Belaleha, Manggeila, Kalero, Lanca, dan lain-lain. Desa ini juga memiliki ikon yang sangat populer yaitu Uma Lengge, sehingga menarik banyak wisatawan dan budayawan lokal maupun asing untuk berkunjung ke desa tersebut. Selain budaya/adat yang menarik, Sambori memiliki keunggulan landskap yang masih alami dan sangat indah, dilengkapi dengan flora dan fauna yang beragam dan terawat dengan baik. Oleh karenanya upaya promosi pariwisata tengah digencarkan untuk menarik wisatawan lebih banyak lagi (Noeryoko dan Zulharman, 2023).



Gambar 1. Desa Sambori, Lambitu.

Berdasarkan studi kasus di atas, analisa:

1. Menurut anda, bagaimana pandangan (pro dan kontra) masyarakat Desa Sambori terhadap upaya promosi pariwisata di area tersebut?
2. Uraikan dampak pariwisata terhadap lingkungan (ekosistem) Desa Sambori.

### **Latihan**

1. Uraikan pemahaman anda mengenai etnoekologi.
2. Bagaimana hubungan etnoekologi dan ekologi hewan?
3. Berikan contoh manfaat dari mempelajari ekologi dan etnoekologi.



## **BAB II**

### **LINGKUNGAN**

Dalam ekologi, lingkungan merupakan tempat hidup bagi makhluk hidup tumbuh, berkembang dan bereproduksi, sehingga lingkungan juga sering disebut sebagai habitat. Habitat merupakan salah satu aspek terpenting dalam mempelajari ekologi. Habitat adalah lingkungan yang terdiri atas faktor biotik dan abiotik yang dapat mendukung pertumbuhan dan perkembangan makhluk hidup. Selain habitat, dalam ekologi juga dikenal istilah mikrohabitat. Mikrohabitat merupakan habitat mikro yang secara spesifik dapat menyediakan sumberdaya bagi kehidupan spesies tertentu atau sekelompok organisme tertentu. Habitat hewan umumnya dapat dibedakan menjadi dua tipe utama yaitu lingkungan darat dan lingkungan perairan.

#### **A. Lingkungan Darat**

Lingkungan darat merupakan lingkungan yang terdiri dari berbagai bentuk lahan, di dalamnya terdapat interaksi komponen biotik dan abiotik. Lingkungan darat terdiri dari berbagai jenis ekosistem yang memiliki karakteristik tertentu.

##### **a. Ekosistem Hutan Hujan Tropis**

Hutan hujan tropis adalah suatu sistem ekologi yang biasanya mendiami wilayah luas tertentu dengan di dalamnya terdapat pepohonan. Hutan hujan tropis memiliki keanekaragaman hayati yang sangat tinggi dan merupakan sumber kehidupan suku asli. Berikut adalah ciri-ciri dan karakteristik utama dari ekosistem hutan hujan tropis:

- 1) Berada pada wilayah beriklim tropis, yaitu pada 23.5° lintang utara (LU) dan 23.5° lintang selatan (LS).
- 2) Memiliki curah hujan yang tinggi, dengan kisaran 200-225 mm per tahun.
- 3) Selalu basah atau lembap, dengan kelembapan udara yang tinggi.
- 4) Tanahnya subur dan tidak kering.
- 5) Tidak memiliki musim kemarau yang jelas.
- 6) Terdapat berbagai tumbuhan dengan jenis yang beragam.
- 7) Memiliki struktur vegetatif unik yang terdiri dari beberapa lapisan vertikal pohon termasuk kanopi (tajuk), lapisan bawah, lapisan semak, dan permukaan tanah.



Gambar 1.1 Hutan hujan tropis

Hutan hujan tropis memegang peranan sangat penting dalam kehidupan manusia, yaitu memproduksi oksigen dalam jumlah besar dan bermanfaat sebagai tempat penyimpanan air. Hutan hujan tropis juga menjadi rumah bagi setengah spesies flora dan fauna seluruh dunia. Namun, kerusakan hutan hujan tropis dapat menyebabkan dampak yang merugikan bagi

ekosistem global, seperti menyebabkan perubahan iklim dan kehilangan keanekaragaman hayati.

b. Ekosistem Padang Rumput

Ekosistem padang rumput adalah salah satu jenis ekosistem daratan atau terestrial yang terbentuk secara alami. Ekosistem padang rumput terbentuk akibat adanya curah hujan yang terbatas yang menopang tumbuhnya berbagai varietas rumput. Ekosistem ini dapat dikenali dengan beberapa ciri-ciri berikut:

- 1) Terdiri dari lahan yang sangat luas.
- 2) Terdapat di daerah iklim tropis dan subtropis.
- 3) Didominasi oleh tumbuhan rumput.
- 4) Memiliki jenis tanaman khas.
- 5) Menjadi habitat berbagai jenis hewan.
- 6) Memiliki curah hujan yang rendah, yaitu sekitar 90 hingga 150 cm per tahunnya
- 7) Rumput yang tumbuh di ekosistem ini berasal dari berbagai spesies atau jenis, membentuk hamparan rumput yang luas.

Terdapat beberapa jenis ekosistem padang rumput, antara lain:

- Padang rumput savana, merupakan padang rumput dengan tumbuhan rumput yang tinggi dan jarang pohon. Biasanya terdapat di daerah tropis dengan musim kering yang panjang.



Gambar 1.2 Padang rumput savana.

- Padang rumput stepa, merupakan padang rumput yang cukup luas, dengan ditumbuhi oleh rumput-rumput yang pendek. Disebut juga sebagai ekosistem padang rumput semi gurun.



Gambar 1.3 Padang rumput stepa.

- Padang rumput prairi, merupakan padang rumput yang terdapat di Amerika Utara. Biasanya ditumbuhi oleh rumput yang tinggi dan jarang pohon.



Gambar 1.4 Ekosistem padang rumput.

Ekosistem padang rumput memiliki peran penting dalam menjaga keseimbangan ekosistem global. Beberapa manfaat ekosistem padang rumput antara lain:

- 1) Penyimpanan karbon. Rumput di ekosistem padang rumput dapat menyimpan karbon dalam jumlah besar, membantu mengurangi emisi gas rumah kaca.
- 2) Habitat bagi hewan. Ekosistem padang rumput menjadi habitat bagi berbagai jenis hewan, seperti kuda liar, bison, dan burung pemangsa.
- 3) Sumber pangan. Ekosistem padang rumput juga memberikan sumber pangan bagi manusia dan hewan ternak, seperti rumput gajah dan rumput alang-alang.



Gambar 1.5 Ekosistem padang rumput.

c. Ekosistem Gurun Pasir

Ekosistem gurun pasir adalah suatu ekosistem darat yang terdapat di daerah yang sangat kering dan sebagian besar wilayahnya tertutup oleh pasir. Ekosistem ini memiliki ciri-ciri khusus yang memungkinkan beberapa jenis hewan dan tumbuhan hidup di dalamnya. Berikut adalah beberapa ciri-ciri ekosistem gurun pasir:

- 1) Curah hujan yang rendah. Ekosistem gurun pasir memiliki curah hujan yang sangat kecil, sekitar 25 cm per tahun. Hal ini membuat daerah ini menjadi sangat kering.
- 2) Suhu ekstrem. Gurun pasir mengalami perubahan suhu yang sangat ekstrem antara siang hari dan malam hari. Pada siang hari, suhu bisa mencapai tingkat yang sangat panas, sementara pada malam hari suhu bisa turun drastis.
- 3) Tanah yang kering. Tanah di ekosistem gurun pasir umumnya berupa pasir yang sangat kering dan rendah nutrisinya. Hal ini membuat tumbuhan sulit untuk tumbuh.

- 4) Keterbatasan air. Air merupakan sumber kehidupan yang penting, namun di ekosistem gurun pasir air sangat terbatas. Hanya beberapa jenis tumbuhan dan hewan yang memiliki adaptasi khusus untuk bertahan hidup dengan sedikit air yang tersedia.
- 5) Adaptasi khusus. Hewan dan tumbuhan yang hidup di ekosistem gurun pasir memiliki adaptasi khusus untuk bertahan hidup dalam kondisi yang keras. Contohnya, beberapa tumbuhan memiliki akar yang panjang untuk mencapai air yang terdapat di dalam tanah, sedangkan beberapa hewan memiliki kemampuan untuk menyimpan air dalam tubuh mereka.
- 6) Keanekaragaman hayati yang rendah. Karena kondisi yang keras, keanekaragaman hayati di ekosistem gurun pasir cenderung rendah.



Gambar 1.6 Ekosistem gurun pasir.

d. Ekosistem Hutan Gugur.

Ekosistem hutan gugur adalah salah satu ekosistem darat yang terkenal karena mengalami sistem 4 musim. Berikut adalah deskripsi dan ciri-ciri ekosistem hutan gugur:

- 1) Flora dan fauna khas. Hutan gugur terdiri dari flora dan fauna khas yang ada pada wilayah hutan yang mengalami empat musim. Beberapa fauna yang mendominasi contohnya rakun, beruang liar, harimau, dan rusa. Hewan khas lain yang dapat ditemukan antara lain beruang, serigala, rubah, tupai, dan burung seperti burung hantu dan pelatuk.
- 2) Zona beriklim sedang. Hutan gugur terletak di zona beriklim sedang, di mana lebih dingin dari zona hutan hujan tropis, tetapi lebih sejuk dari zona hutan konifer. Kawasan hutan ini memiliki tanah yang subur dengan curah hujan yang baik sekitar 30-60 inci setahun.
- 3) Perubahan suhu musiman. Salah satu ciri khas ekosistem hutan gugur adalah perubahan suhu musiman. Pada musim gugur, suhu mulai menurun dan daun-daun pohon mulai menggugurkan daunnya.
- 4) Pohon berdaun lebar. Vegetasi utama di hutan gugur terdiri dari pohon-pohon berdaun lebar yang menggugurkan semua daunnya selama satu musim. Contohnya adalah pohon maple, oak, dan birch.
- 5) Keanekaragaman hayati. Hutan gugur memiliki keanekaragaman hayati yang tinggi. Selain pohon-pohon

berdaun lebar, terdapat juga berbagai jenis tumbuhan semak, rumput, dan bunga. Fauna yang hidup di hutan gugur juga beragam, termasuk burung migran, mamalia seperti rusa, rubah, dan beruang, serta serangga seperti kupu-kupu dan lebah.

Ekosistem hutan gugur memiliki peran penting dalam menjaga keseimbangan ekosistem global. Hutan gugur dapat menyimpan karbon dioksida dan mengurangi efek rumah kaca. Selain itu, hutan gugur juga berfungsi sebagai habitat bagi berbagai spesies flora dan fauna.



Gambar 1.7 Ekosistem hutan gugur.

e. Ekosistem Tundra (kutub).

Ekosistem tundra adalah salah satu tipe ekosistem darat yang terletak di daerah kutub, baik di kutub utara (tundra artik) maupun di kutub selatan (tundra antartik). Ciri-ciri ekosistem tundra:

- 1) Suhu yang sangat dingin. Ekosistem tundra adalah ekosistem terdingin di Bumi. Suhu di daerah ini sangat

rendah sepanjang tahun, bahkan mencapai di bawah titik beku sepanjang musim dingin.

- 2) Tanah beku. Tanah di ekosistem tundra umumnya beku sepanjang tahun, yang disebut permafrost. Permafrost adalah lapisan tanah yang membeku secara permanen, sehingga membatasi pertumbuhan akar tanaman.
- 3) Vegetasi rendah. Karena kondisi suhu yang ekstrem dan tanah yang beku, vegetasi di ekosistem tundra terdiri dari tumbuhan rendah seperti lumut, liken, dan rumput pendek. Pohon jarang ditemukan di daerah ini.
- 4) Keanekaragaman hayati yang rendah. Karena kondisi yang keras, keanekaragaman hayati di ekosistem tundra cenderung rendah. Terdapat sekitar 1700 spesies yang tercatat hidup di ekosistem tundra.
- 5) Adaptasi khusus. Hewan dan tumbuhan di ekosistem tundra memiliki adaptasi khusus untuk bertahan hidup dalam kondisi yang ekstrem. Contohnya, beberapa tumbuhan memiliki akar dangkal untuk menyerap nutrisi dari lapisan atas tanah yang tidak beku, sedangkan beberapa hewan memiliki lapisan lemak tebal dan bulu yang tebal untuk menjaga suhu tubuh mereka.
- 6) Migrasi. Beberapa hewan di ekosistem tundra melakukan migrasi musiman untuk mencari makanan dan tempat berlindung. Migrasi ini terjadi karena perubahan musim dan ketersediaan sumber daya.

Ekosistem tundra memiliki peran penting dalam menjaga keseimbangan ekosistem global. Permafrost di ekosistem tundra menyimpan sejumlah besar karbon, sehingga berperan dalam mengurangi kadar karbon dioksida di atmosfer.



Gambar 1.8 Ekosistem tundra.

f. Ekosistem Taiga (pegunungan)

Ekosistem taiga adalah salah satu tipe ekosistem darat yang terbesar di Bumi. Ekosistem taiga adalah ekosistem yang terletak di antara subtropis dan daerah kutub. Ekosistem ini adalah hutan yang banyak ditumbuhi konifer, yaitu tumbuhan *Gymnospermae* yang mempunyai daun jarum. Tumbuhan ini adalah tumbuhan yang selalu hijau atau *evergreen*. Ciri-ciri ekosistem taiga:

- 1) Vegetasi utama di ekosistem taiga adalah pohon-pohon konifer seperti pinus, cemara, dan jenis-jenis lainnya. Pohon-pohon ini memiliki daun jarum yang membantu mereka bertahan dalam kondisi suhu yang rendah.
- 2) Keanekaragaman hayati yang rendah. Karena kondisi iklim yang keras, keanekaragaman hayati di ekosistem taiga

cenderung rendah. Tumbuhan yang hidup di sini umumnya terdiri dari dua atau tiga jenis tumbuhan. Namun, ekosistem ini tetap menjadi rumah bagi berbagai spesies hewan seperti rusa besar, beruang hitam, beruang cokelat, rubah, serigala, dan burung-burung migran.

- 3) Musim yang panjang. Ekosistem taiga memiliki musim dingin yang panjang dan musim kemarau yang singkat, biasanya berlangsung selama 1-3 bulan. Selama musim dingin, air tanah membeku dan mencapai kedalaman hingga 2 meter di bawah permukaan tanah.

Ekosistem taiga memiliki peran penting dalam menjaga keseimbangan ekosistem global. Hutan taiga berperan dalam mempertahankan kesuburan tanah, mencegah erosi, dan sebagai habitat bagi keanekaragaman hayati. Selain itu, hutan taiga juga berperan sebagai penyimpan air tanah dan pemasok oksigen.



Gambar 1.9 Ekosistem taiga.

## B. Lingkungan Perairan

Lingkungan perairan merupakan ekosistem yang lingkungan luarnya didominasi oleh air sebagai tempat hidup sebagai organisme air. Lingkungan perairan dibedakan menjadi 3 macam yaitu:

### 1. Ekosistem Air Tawar

Ekosistem air tawar adalah ekosistem yang terdiri dari perairan dengan kadar garam yang rendah. Ekosistem air tawar ditandai oleh air dengan kadar garam yang rendah, biasanya kurang dari 0,05%. Air tawar ini memiliki kandungan asam organik dan berbagai sedimen. Meskipun ekosistem air tawar memiliki keanekaragaman hayati yang lebih rendah dibandingkan dengan ekosistem laut, tetap terdapat berbagai spesies organisme yang hidup di dalamnya seperti fitoplankton, alga, ikan, amfibi, serangga air, dan berbagai jenis hewan air lainnya. Karena kedalaman perairan, cahaya matahari cenderung terbatas di ekosistem air tawar. Semakin dalam perairan, semakin sedikit intensitas cahaya yang dapat mencapai dasar perairan tersebut.



Gambar 1.10 Ekosistem sungai merupakan salah satu ekosistem air tawar.

Ekosistem air tawar dapat terdiri dari perairan yang mengalir (lotik) seperti sungai, maupun perairan yang tenang (lentik) seperti danau, kolam, rawa, dan rawa gambut. Aliran air dalam ekosistem air tawar dapat membawa nutrisi dan organisme dari satu tempat ke tempat lain.

Ekosistem air tawar memiliki peran penting dalam menjaga keseimbangan alam dan keberlangsungan kehidupan. Air tawar digunakan sebagai sumber air minum, irigasi pertanian, dan habitat bagi berbagai spesies organisme. Ekosistem air tawar juga berperan dalam siklus air dan penyimpanan karbon.

## 2. Ekosistem Air Laut

Ekosistem air laut adalah ekosistem yang terdapat di perairan laut. Ekosistem air laut ditandai oleh air dengan kadar garam yang tinggi. Air laut memiliki kandungan garam dan mineral yang berbeda-beda tergantung pada lokasi dan kedalaman perairan. Ekosistem air laut memiliki keanekaragaman hayati yang sangat tinggi. Berbagai spesies organisme hidup di dalamnya, seperti plankton, ikan, mamalia laut, moluska, krustasea, dan berbagai jenis hewan laut lainnya. Perbedaan suhu antara permukaan laut dan kedalaman perairan dapat mencapai beberapa derajat celsius sehingga mempengaruhi distribusi organisme di dalam perairan laut. Ekosistem air laut terdiri dari beberapa jenis, seperti ekosistem perairan dalam, ekosistem terumbu karang, dan ekosistem laut dangkal.

Ekosistem air laut memiliki peran penting dalam menjaga keseimbangan alam dan keberlangsungan kehidupan. Air laut digunakan sebagai sumber bahan makanan, sumber energi, dan habitat bagi berbagai spesies organisme. Ekosistem air laut juga berperan dalam siklus air dan penyimpanan karbon.



Gambar 1.11 Ekosistem terumbu karang merupakan salah satu ekosistem air laut.

### c. Ekosistem Estuari

Ekosistem estuari adalah ekosistem yang terletak di daerah percampuran antara air sungai dan air laut. Ekosistem ini memiliki karakteristik yang berbeda dengan ekosistem air laut dan ekosistem sungai. Salinitas atau kadar garam dalam ekosistem estuari lebih rendah dibandingkan ekosistem air laut, tetapi tetap lebih tinggi dari ekosistem sungai. Ekosistem estuari terdiri dari dua jenis, yaitu ekosistem padang lamun dan ekosistem hutan mangrove.

Ciri-ciri ekosistem estuari:

- 1) Keanekaragaman hayati yang tinggi. Komponen abiotik ekosistem estuari hampir sama dengan ekosistem air laut khususnya ekosistem pesisir pantai.
- 2) Cahaya matahari dapat mencapai dasar perairan estuari. Kedalaman estuari relatif dangkal sehingga cahaya matahari sampai ke dasar perairan.
- 3) Estuari memiliki substrat berlumpur yang merupakan endapan yang dibawa oleh air tawar dan air laut.
- 4) Estuari memiliki produktivitas yang tinggi karena adanya pencampuran air tawar dan air laut. Masuknya air tawar dan nutrisi dari sungai serta air laut yang kaya akan nutrisi menciptakan kondisi yang mendukung pertumbuhan alga dan fitoplankton, yang merupakan dasar rantai makanan di ekosistem estuari.



Gambar 1.12 Ekosistem estuari

Ekosistem estuari memiliki manfaat yang penting bagi manusia dan kehidupan di sekitarnya. Estuari dapat menjadi

tempat perlindungan bagi berbagai spesies organisme, seperti ikan, moluska, dan krustasea. Estuari juga berperan sebagai tempat pemijahan dan tempat mencari makan bagi beberapa spesies organisme. Estuari menyediakan kondisi yang ideal untuk perkembangan awal kehidupan ikan dan udang, karena airnya yang relatif tenang dan kaya nutrisi. Ekosistem estuari menjadi habitat bagi berbagai satwa laut, termasuk burung, mamalia laut, moluska, dan krustasea. Estuari berperan dalam mengendalikan banjir dengan menyerap dan menahan aliran air dari sungai saat terjadi hujan deras. Daerah estuari yang berawa-rawa dapat menyerap air dan mengurangi risiko banjir di daerah sekitarnya.

### **C. Faktor Biotik dan Abiotik Lingkungan**

Faktor biotik dan abiotik merupakan faktor-faktor yang berpengaruh dalam kehidupan suatu organisme.

#### **1. Faktor Biotik**

Faktor biotik merupakan komponen hidup di dalam suatu ekosistem yang meliputi semua jenis makhluk hidup seperti manusia, hewan, tumbuhan dan mikroorganisme. Adapun peranan komponen biotik atau makhluk hidup terbagi menjadi 4 yaitu:

##### **a. Produsen**

Produsen yaitu organisme yang dapat menyusun bahan organik sebagai bahan makanan, atau dengan kata lain

dapat membuat dan memasak makanannya sendiri. Contohnya ialah tumbuhan dan fitoplankton.

#### b. Konsumen

Konsumen yaitu organisme yang tidak dapat memanfaatkan energi secara langsung untuk memenuhi kebutuhan energinya, atau dengan kata lain memakan bahan-bahan yang dihasilkan oleh makhluk hidup lain. Terdapat 4 pengelompokan hewan sebagai konsumen yaitu:

##### 1) Herbivora

Herbivor merupakan kelompok pemakan tumbuhan. Pada umumnya, hewan-hewan yang termasuk golongan herbivora banyak hidup di tempat-tempat seperti padang rumput, hutan, dan persawahan. Selain itu, hewan herbivora hidup dengan secara berkelompok dengan sesama jenisnya. Hewan herbivora sebagian besar jinak, seperti sapi, kambing kelinci, belalang, ulat, dan lain sebagainya.

##### 2) Karnivor

Karnivor merupakan hewan pemakan daging. Hewan yang masuk golongan karnivor disebut sebagai predator karena sering memangsa. Predator mendapatkan mangsanya dengan cara memburu. Contoh karnivor ialah kodok, laba-laba, ular, elang dan lain sebagainya. Karnivora yang memakan ikan sebagai makanan utamanya disebut **piskivora**. Contohnya penguin, anjing laut, dan lumba-lumba.

### 3) Omnivore

Omnivore yaitu hewan pemakan segala baik tumbuhan maupun hewan yang sudah mati misalnya kucing, ayam, musang, tikus dan lain-lain. Jadi, hewan omnivor bisa memakan tumbuhan dan daging. Adapun yang termasuk kategori omnivor adalah beruang, orang utan, kera, siamang, manusia, dan lain sebagainya. Pada umumnya hewan omnivor mendominasi ekosistem kecuali jika ekosistem sedang terganggu. Manusia adalah organisme omnivor yang bisa beradaptasi dalam segala jenis kondisi lingkungan.

### 4) Detritivor

Detritivor adalah organisme heterotrof yang memperoleh energi dengan cara memakan sisa-sisa makhluk hidup. Dengan begitu, mereka merupakan pengurai dan berkontribusi dalam siklus hara. Detritivor mempunyai peran penting dalam ekosistem karena mereka membantu menguraikan zat organik menjadi zat anorganik untuk kemudian lagi diolah lagi oleh produsen. Detritivor berbeda dengan pengurai (dekomposer) sejati seperti bakteri dan fungi. Beberapa contoh detritivor antara lain cacing tanah, siput, dan kaki seribu.

### c. Dekomposer

Dekomposer adalah organisme yang membantu dalam proses dekomposisi atau pembusukan materi organik di alam. Mereka membantu dalam mengurai materi organik

menjadi bagian yang lebih sederhana dalam proses daur ekologi dengan cara hidup dari atau merusak protoplasma yang sudah mati. Dekomposer merupakan organisme yang memakan organisme mati dan produk-produk limbah dari organisme lain.

Peran dekomposer sangat penting dalam keseimbangan ekosistem alam karena membantu siklus nutrisi kembali ke ekosistem lainnya. Dekomposer dapat ditemukan di tiap jenis-jenis ekosistem yang ada, baik di padang rumput, di hutan, di gurun, di kutub, hingga di lautan sekalipun. Beberapa contoh dekomposer antara lain bakteri dan jamur. Fungsi utama dekomposer adalah menguraikan bahan organik dari organisme mati sehingga dapat menyediakan nutrisi bagi organisme lainnya.

#### d. Virus

Virus dapat menyebabkan berbagai macam penyakit pada manusia, hewan, dan tumbuhan. Virus dapat menyebar melalui udara, air, makanan, atau melalui gigitan serangga. Virus juga dapat menyebabkan wabah dan pandemi yang mempengaruhi kesehatan manusia. Virus juga dapat digunakan untuk mengendalikan populasi organisme lain, seperti serangga dan hama tanaman. Virus dapat digunakan sebagai agen biokontrol untuk mengurangi populasi organisme yang merusak tanaman atau mengganggu keseimbangan ekosistem.

## 2. Faktor abiotik

Komponen abiotik adalah segala bentuk benda mati yang ada di permukaan bumi serta memberikan manfaat dan juga pengaruh bagi kehidupan manusia dan makhluk-mahluk hidup yang lainnya. Meskipun komponen abiotik berupa benda yang tak hidup, komponen ini tetap mempunyai peranan yang penting serta diperlukan guna untuk kelangsungan hidup.

### a. Air

Air merupakan salah satu faktor abiotik lingkungan yang memiliki peran penting dalam kehidupan. Air dapat berfungsi sebagai lingkungan hidup atau habitat, sumber makanan, air minum, memproduksi susu, menjaga suhu tubuh tetap normal, mempengaruhi iklim dan suhu, dan lain sebagainya.

### b. Suhu

Sebagian besar aktivitas hewan diatur oleh berbagai jenis enzim dan enzim yang pada gilirannya dipengaruhi oleh suhu, akibatnya peningkatan suhu sampai batas tertentu menyebabkan peningkatan aktivitas enzim, yang mengakibatkan peningkatan laju metabolisme. Suhu yang terlalu tinggi maupun terlalu rendah mengakibatkan terhambatnya pertumbuhan makhluk hidup.

Suhu memiliki pengaruh yang signifikan pada hewan. Berikut adalah beberapa pengaruh suhu bagi hewan:

- Suhu mempengaruhi aktivitas hewan. Pada suhu yang rendah, aktivitas hewan cenderung menurun karena

metabolisme tubuh menurun. Sedangkan pada suhu yang tinggi, aktivitas hewan cenderung meningkat karena metabolisme tubuh meningkat.

- Suhu lingkungan juga mempengaruhi suhu tubuh hewan. Hewan poikiloterm, seperti reptil dan amfibi, memiliki suhu tubuh yang dipengaruhi oleh suhu lingkungan. Sedangkan hewan homoiterm, seperti mamalia dan burung, dapat menjaga suhu tubuhnya sendiri.
- Termoregulasi. Hewan homoiterm dapat melakukan termoregulasi untuk menjaga suhu tubuhnya agar tetap stabil. Termoregulasi dilakukan dengan cara mengatur laju metabolisme, mengubah aliran darah, dan mengubah perilaku seperti mencari tempat yang lebih dingin atau lebih hangat.
- Pembatas penyerapan. Suhu juga dapat menjadi pembatas penyerapan hewan. Pada suhu yang rendah, hewan cenderung mengurangi penyerapan makanan dan oksigen. Sedangkan pada suhu yang tinggi, hewan cenderung mengurangi penyerapan air.
- Suhu yang ekstrem dapat berdampak buruk pada kesehatan hewan. Pada suhu yang rendah, hewan dapat mengalami hipotermia dan pada suhu yang tinggi, hewan dapat mengalami *heatstroke*.

c. Tanah

Tanah adalah medium tempat tumbuhnya tanaman dan menyediakan nutrisi bagi kehidupan. Komposisi tanah,

tekstur, dan ketersediaan nutrisi mempengaruhi pertumbuhan tanaman dan keberadaan organisme tanah lainnya. Tanah juga mempengaruhi siklus air dan penyimpanan karbon.

d. Cahaya Matahari

Cahaya matahari merupakan energi utama kehidupan yang menyinari dan menghangatkan bumi yang ditempati makhluk hidup. Cahaya matahari berpengaruh pada fotosintesis, dimana tumbuhan menggunakan energi matahari untuk mempertahankan diri dengan memproduksi glukosa dan nutrisi lainnya. Cahaya matahari juga dapat mempengaruhi suhu, dengan menaikkan suhu lingkungan dan mempengaruhi iklim. Cahaya matahari yang diserap oleh hewan dapat menghasilkan vitamin D yang penting untuk kesehatan.

e. Oksigen dan Oksigen Terlarut

Oksigen memiliki peran penting dalam lingkungan, baik bagi kehidupan makhluk hidup maupun dalam proses-proses alam. Oksigen diperlukan dalam sistem pernapasan makhluk hidup, termasuk manusia dan hewan. Oksigen juga berperan dalam proses fotosintesis pada tumbuhan. Dalam fotosintesis, tumbuhan menggunakan energi matahari untuk mengubah karbon dioksida menjadi oksigen dan glukosa. Oksigen yang dihasilkan oleh tumbuhan kemudian dilepaskan ke udara sebagai produk sampingan fotosintesis. Oksigen tersebut kemudian dapat digunakan oleh hewan

untuk respirasi. Oksigen memiliki peran penting sebagai katalis dalam berbagai reaksi kimia, termasuk oksidasi.

Oksigen terlarut dalam air memainkan peran penting dalam menjaga kualitas perairan. Oksigen terlarut berperan dalam proses oksidasi dan reduksi bahan organik, yang mempengaruhi keseimbangan ekosistem air dan kesehatan organisme air.

f. Ketinggian atau Elevasi

Ketinggian/elevasi, yaitu tinggi rendahnya suatu daerah yang ditempati suatu makhluk hidup. Ketinggian tempat mempengaruhi suhu udara. Secara umum, suhu udara cenderung menurun seiring dengan peningkatan ketinggian tempat. Ketinggian tempat mempengaruhi suhu udara. Secara umum, suhu udara cenderung menurun seiring dengan peningkatan ketinggian tempat. Ketinggian tempat juga mempengaruhi kecepatan dan arah angin. Pada ketinggian yang lebih tinggi, angin cenderung lebih kencang dan arahnya dapat berbeda dibandingkan dengan daerah yang lebih rendah. Hal ini dapat mempengaruhi penyebaran serbuk sari, penyerbukan, dan penyebaran biji tanaman. Ketinggian juga mempengaruhi adaptasi. Beberapa tanaman memiliki adaptasi khusus untuk tumbuh dan berkembang di daerah dengan ketinggian yang tinggi, seperti pertumbuhan yang lebih kompak, daun yang lebih kecil, dan sistem akar yang lebih kuat.

g. Kelembapan

Kelembapan menunjukkan kandungan air di dalam udara atau tanah pada waktu dan tempat tertentu. Kelembapan udara merupakan salah satu faktor penentu pertumbuhan tanaman. Kelembapan yang baik dapat mempengaruhi proses fotosintesis, transpirasi, dan penyerapan nutrisi oleh tanaman. Kelembapan udara merupakan salah satu faktor penentu pertumbuhan tanaman.

h. pH

Peran pH dalam lingkungan sangat penting, terutama dalam hubungannya dengan keseimbangan ekosistem dan pertumbuhan tanaman. pH dapat mempengaruhi kualitas air. pH yang terlalu rendah atau terlalu tinggi dapat mempengaruhi ketersediaan nutrisi bagi organisme air dan mempengaruhi keseimbangan ekosistem air. pH yang optimal dapat membantu menjaga kualitas air dan memastikan keberlangsungan hidup organisme air.

i. Angin

Angin memiliki peran penting dalam ekosistem, terutama dalam mempengaruhi suhu lingkungan dan membantu terjadinya proses evaporasi atau penguapan bagi para organisme. Angin dapat membantu dalam proses penyerbukan pada tumbuhan. Angin dapat mempengaruhi suhu dan kelembapan tanah, yang pada gilirannya mempengaruhi pertumbuhan dan kesehatan tanaman. Angin dapat membantu dalam mentransfer panas, yang dapat

mempengaruhi suhu lingkungan dan iklim. Selain itu angin dapat membantu dalam mengedarkan polutan dan bahan kimia di udara, yang dapat mempengaruhi kesehatan organisme dalam ekosistem.

j. Mineral

Mineral memiliki peran penting dalam ekosistem. Berikut adalah beberapa peran mineral dalam ekosistem:

- 1) Membantu proses metabolisme. Mineral, seperti garam mineral, berfungsi untuk membantu proses metabolisme organisme dalam ekosistem.
- 2) Menentukan sifat tanah dan air. Beberapa mineral tertentu dapat menentukan sifat tanah dan air dalam ekosistem. Sifat-sifat ini, seperti pH tanah, dapat mempengaruhi ketersediaan nutrisi dan keberhasilan pertumbuhan tanaman.
- 3) Berperan dalam persebaran organisme. Mineral dalam tanah dan batuan juga berperan dalam persebaran organisme dalam ekosistem. Struktur fisik, pH, dan kandungan mineral yang beragam dalam tanah dan batuan dapat mempengaruhi jenis organisme yang dapat hidup di suatu daerah.
- 4) Menyediakan nutrisi. Mineral dalam tanah menyediakan nutrisi penting bagi tanaman dan organisme lain dalam ekosistem.

Beberapa mineral yang berperan dalam ekosistem antara lain:

- Garam mineral. Garam mineral merupakan senyawa yang terdapat di dalam tanah dan berfungsi untuk membantu proses metabolisme dan pertumbuhan suatu organisme.
- Mikro mineral seperti magnesium, sodium, kalsium, potassium, fosfor, sulfur, dan selenium, berperan dalam menjaga keseimbangan pH air dan membantu proses molting pada udang.
- Makro mineral, seperti kalsium, kalium, natrium, klorida, fosfor, dan magnesium, dibutuhkan dalam jumlah besar oleh tubuh manusia dan berperan dalam menjaga kesehatan tubuh
- Mineral dalam tanah, seperti zat besi, tembaga, fluoride, zinc, yodium, dan mangan, berperan dalam menyediakan nutrisi bagi tanaman dan organisme lain dalam ekosistem.

## Studi Kasus

Sungai merupakan salah satu ekosistem perairan tawar yang terdapat hampir di seluruh belahan dunia. Sungai memiliki banyak manfaat seperti sumber irigasi, bahan baku air minum, saluran pembuangan, sumber keanekaragaman hayati, bahkan sebagai objek wisata. Namun diketahui sungai-sungai yang ada di Lombok umumnya telah mengalami pencemaran. *Founder Ecological Observation dan Wetlands Conservation* (Ecoton) menyatakan, beberapa sungai seperti Sungai Jangkok yang membelah Udayana dan Ampenan, Sungai Meninting Lombok Barat, Sungai Belimbing Lombok Timur, dan Sungai Tebelo Lombok Tengah berpotensi mengalami pencemaran berat (Lombok Post, 2023). Polutan utama yang teridentifikasi ialah mikroplastik yang berasal dari produk kemasan sekali pakai. Untuk itu pemerintah perlu menyediakan fasilitas yang memadai, regulasi yang baik dan meningkatkan kesadaran lingkungan masyarakat. Pemerintah juga telah membuat program **restorasi sungai** dengan melibatkan berbagai *stakeholder* dan instansi terkait (Sumber: Gatra, 2019).

Berdasarkan informasi di atas:

1. Identifikasilah masalah utama yang terdapat pada wacana di atas.
2. Identifikasilah faktor-faktor biotik dan abiotik yang terdapat pada salah satu sungai yang terdapat di wilayah Lombok Barat.
3. Analisislah persepsi masyarakat terhadap peran sungai tersebut.

4. Analisislah pengaruh restorasi sungai terhadap faktor biotik dan abiotik yang terdapat pada sungai tersebut.

### **Latihan**

1. Analisislah bagaimana faktor-faktor abiotik suatu daerah dapat mempengaruhi performa/kehidupan organisme hewan.
2. Virus umumnya berperan sebagai agen pembawa penyakit. Apakah virus dapat berkontribusi positif bagi kehidupan hewan? Jelaskan.
3. Apakah detritivor dapat berpengaruh langsung bagi kehidupan hewan? Jelaskan.



### **BAB III**

## **MEKANISME ADAPTASI FISIOLOGIS HEWAN TERHADAP LINGKUNGAN**

Respon adalah reaksi yang dilakukan hewan terhadap adanya perubahan kondisi lingkungan sehingga hewan tersebut akan melakukan adaptasi untuk menyesuaikan diri dari pengaruh lingkungannya. Adaptasi adalah proses penyesuaian diri hewan terhadap perubahan lingkungan. Keberhasilan adaptasi terhadap lingkungan mempengaruhi keberhasilan perkembangan ternak selanjutnya, baik dalam hal mempertahankan diri, tumbuh, berproduksi maupun berkembang biak. Konsep adaptasi hewan terhadap lingkungan menyangkut perubahan genetik dan fisiologi karena rangsangan dari luar maupun dari dalam. adaptasi fisiologis adalah kemampuan penyatuan panas fisiologi di dalam tubuhnya sendiri terhadap kondisi lingkungan luar dan bahan makanan untuk kebutuhan hidupnya.

#### **A. Bentuk-Bentuk Adaptasi**

Dalam memenuhi kebutuhan makan dan minum, bernafas, dan tumbuh kembang maka hewan perlu melakukan adaptasi terhadap sekitarnya. Kemampuan hewan beradaptasi dengan habitatnya sangat penting untuk kelangsungan hidupnya. Adaptasi adalah semua yang menyangkut perubahan bentuk tubuh, proses fisiologi, dan perilaku yang mendukung hewan agar dapat bertahan hidup dengan lingkungannya. Adaptasi hewan dibagi atas 3 yaitu :

## 1. Adaptasi Morfologi

Pada hewan, adaptasi morfologi menyangkut semua perubahan bentuk bagian tubuh yang berlangsung melalui seleksi alam dalam kurun waktu yang lama. Bentuk adaptasi morfologi pada hewan tergantung pada habitatnya. Habitat darat relatif lebih kering dan suhunya relatif lebih tinggi daripada habitat air. Bentuk adaptasi morfologi hewan darat terhadap habitatnya, antara lain sebagai berikut:

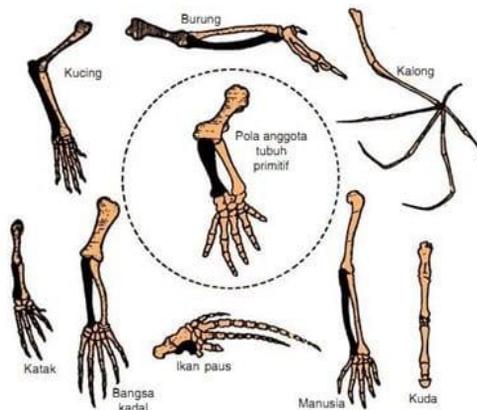
- a. Kulitnya tebal serta dilapisi oleh zat tanduk. Pada beberapa jenis hewan, kulitnya memiliki alat tambahan berupa sisik, bulu, dan rambut. Adanya alat tambahan itu untuk mengurangi penguapan yang berlebihan. Contohnya pada kelinci, kucing, anjing, gajah dan lain sebagainya.



Gambar 2.1. Adaptasi berupa rambut tebal pada kelinci.

- b. Anggota gerak. Anggota gerak disesuaikan untuk beradaptasi dengan kehidupan di darat, sehingga cocok mencari makanan, berjalan dan berlari. Contoh adaptasi anggota gerak pada hewan adalah sebagai berikut:

- Kaki panjang pada jerapah. Jerapah memiliki kaki yang sangat panjang sehingga memungkinkannya untuk mencapai daun-daun yang berada di atas pohon yang tinggi.
- Sayap pada burung. Sayap pada burung memungkinkannya untuk terbang dan mencari makanan di udara.
- Sirip pada ikan. Sirip pada ikan memungkinkannya untuk berenang dan bergerak di dalam air.
- Kaki yang kuat pada kanguru. Kanguru memiliki kaki yang kuat sehingga memungkinkannya untuk melompat jauh dan cepat.



Gambar 2.2 Adaptasi anggota gerak pada berbagai hewan.

- c. Adanya organ tambahan misalnya pada unta terdapat kantong persediaan air. Pada umumnya, hewan akan mati apabila kekurangan air sampai 20%. Namun unta tetap hidup walaupun kekurangan air sampai 40%.

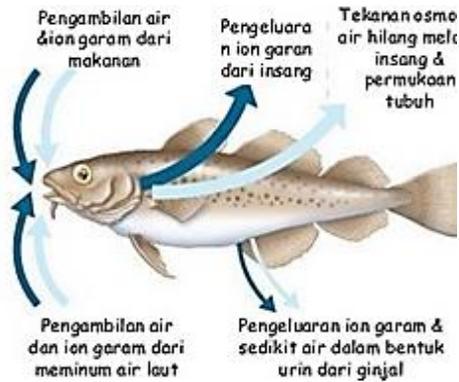


Gambar 2.3 Adaptasi morfologi berupa kantong air pada unta.

Adapun hewan yang hidup di dalam air mempunyai bentuk tubuh yang sesuai. Pada umumnya, tubuh organisme yang hidup di air berbentuk *streamline* atau mirip torpedo. Disamping itu, permukaan tubuhnya berlendir atau licin, serta anggota gerak bebasnya berupa sirip.

## 2. Adaptasi Fisiologi

Adaptasi fisiologi adalah penyesuaian diri yang melibatkan perubahan struktur organ-organ tubuh yang disesuaikan dengan fungsinya dalam proses kimia di dalam tubuh. Contoh dari adaptasi fisiologi seperti adaptasi ikan terhadap kadar garam. Air laut mempunyai kadar garam yang lebih tinggi dari pada air tawar. Tingginya kadar garam air laut melebihi kadar garam cairan tubuh hewan yang hidup di dalam air laut. Oleh karenanya ikan yang hidup di air laut mempunyai cara adaptasi dengan banyak minum dan sedikit mengeluarkan urine. Sebaliknya, ikan yang hidup di air tawar beradaptasi dengan cara sedikit minum tapi banyak mengeluarkan urine.



Gambar 2.4 Adaptasi fisiologi pada ikan air laut.

3. Adaptasi Perilaku (behavior)

Adaptasi perilaku lebih merupakan adaptasi yang temporer atau sementara, yang berkaitan dengan perubahan kondisi lingkungan. Contoh dari adaptasi perilaku ini antara lain perubahan warna pada bunglon yang disesuaikan dengan habitatnya, kadal yang berjemur di pagi hari akan bersembunyi di dalam lubang ketika udara panas, bermigrasinya burung-burung pada musim tertentu ke tempat yang lebih nyaman atau lebih sesuai dengan kebutuhan hidupnya, dan lain-lain. Berikut merupakan adaptasi perilaku hewan terdiri dari:

- a. Mimikri adalah teknik manipulasi warna kulit pada hewan, seperti bunglon yang dapat berubah-ubah warna.
- b. Hibernasi adalah merupakan teknik bertahan hidup pada lingkungan yang keras dengan cara tidur menonaktifkan dirinya (dorman). Hibernasi dapat berlangsung lama sampai berbulan-bulan contohnya pada beruang pada musim dingin.

- c. Autotomi adalah teknik bertahan hidup dengan cara mengorbankan salah satu bagian tubuhnya. Contohnya pada cicak.
- d. Estivasi adalah teknik bertahan hidup dengan cara menonaktifkan diri pada saat kondisi lingkungan tidak bersahabat. Contohnya pada kelelawar akan mengestivasi diri untuk berlindung dari suhu panas di tempat yang aman dan terlindungi.

Jadi hubungan hewan dengan habitatnya dapat dilihat melalui cara adaptasi atau penyesuaian mereka terhadap tempat tinggalnya. Hewan perlu beradaptasi untuk dapat menemukan makanannya, menyesuaikan dengan kondisi lingkungannya agar merasa nyaman, berlindung dari serangan musuh, dan mempertahankan kelangsungan hidupnya.

Selain itu dalam respon dasar hewan, dikenal istilah yang disebut **aklimatisasi**. Aklimatisasi merupakan suatu upaya penyesuaian fisiologis atau adaptasi dari suatu organisme terhadap suatu lingkungan baru yang akan dimasukinya. Hal ini didasarkan pada kemampuan organisme untuk dapat mengatur morfologi, perilaku, dan jalur metabolisme biokimia di dalam tubuhnya untuk menyesuaikannya dengan lingkungan. Beberapa faktor yang diperhatikan dalam aklimatisasi ialah suhu lingkungan, derajat keasaman (pH), dan kadar oksigen. Proses penyesuaian ini berlangsung dalam waktu yang cukup bervariasi tergantung dari jauhnya perbedaan kondisi antara lingkungan baru yang

akan dihadapi. Hal ini dapat berlangsung selama beberapa hari hingga beberapa minggu. Contohnya aklimatisasi yang dilakukan ikan sebelum pindah ke habitat barunya, umumnya hanya membutuhkan waktu 30 menit.

Setelah mengenal beberapa respon dasar yang terjadi pada hewan, pembahasan bab ini akan lebih difokuskan pada adaptasi fisiologis hewan. Adaptasi fisiologis hewan merupakan mekanisme adaptasi pada fungsi tubuh. Adaptasi ini membantu mereka bertahan hidup. Adaptasi fisiologis pada bab ini akan dikaji berdasarkan dua faktor utama yaitu temperatur dan air.

## **B. Mekanisme Adaptasi Fisiologis Hewan Terhadap Suhu**

Hubungan suhu tubuh hewan dengan lingkungannya tergantung kepada kandungan air dalam tubuh hewan tersebut. Adaptasi fisiologis pada hewan dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu:

### **1. Mikroiklim**

Iklim adalah kondisi atmosfer dalam waktu lama dan meliputi wilayah yang luas. Adapun iklim mikro menggambarkan kondisi iklim lingkungan sekitar yang berhubungan langsung dengan organisme hidup dekat permukaan bumi maupun pada lingkungan terbatas. Mikro iklim sangat berpengaruh terhadap adaptasi hewan dengan lingkungannya. Semakin baik ruang lingkup mikro iklim di

lingkungan tersebut maka akan semakin baik pula adaptasi makhluk hidup di daerah tersebut.

## 2. Regulasi atau Pengaturan Suhu Pada Hewan

Kemampuan hewan dalam mengatur suhu tubuhnya dapat dikatakan cukup rumit. Proses ini sangat erat kaitannya dengan fungsi fisiologi tubuh hewan dan kemampuan hewan untuk melepaskan kelebihan panas tubuhnya ke lingkungan. Pengaturan panas tubuh hewan berhubungan pula dengan kondisi lingkungan (iklim mikro) sekitar hewan. Beberapa hewan dapat mempertahankan suhu tubuhnya relatif konstan, walaupun suhu lingkungannya telah berubah dalam rentang yang cukup luas. Namun ada pula hewan tidak sanggup beradaptasi, bahkan tidak sanggup bertahan hidup meskipun suhu lingkungan berubah dalam rentang yang tidak lebar.

Suhu tubuh hewan terdiri dari dua komponen yaitu :

1. Suhu inti tubuh. Suhu inti tubuh mencerminkan total keseluruhan panas dalam tubuh. Suhu inti tubuh diukur dari suhu trunkus dan kepala. Suhu inti tubuh cenderung lebih stabil dalam kondisi lingkungan moderat. Termoregulasi (pengaturan suhu) bekerja dengan menjaga suhu inti tubuh dalam rentang 1-2<sup>0</sup>C untuk menjaga sel berfungsi dengan normal.
2. Suhu perifer tubuh. Suhu perifer tubuh diukur dari suhu ekstrimitas. Suhu perifer lebih rendah 2-4<sup>0</sup>C dibandingkan dengan suhu inti tubuh.

Regulasi suhu tubuh hewan dibagi dalam dua kondisi yaitu regulasi saat suhu panas dan suhu dingin

#### 1. Regulasi Tubuh Hewan Pada Suhu Panas

Panas diproduksi dan dihilangkan dari tubuh agar tubuh tetap berada dalam keadaan normotermia agar fisiologi berjalan normal. Panas dihasilkan oleh semua aktivitas metabolisme tubuh, dan dari lingkungan eksternal. Hewan endotermik memproduksi panas dalam jumlah besar di inti dari tubuh.

Hubungan temperatur tubuh hewan dengan lingkungannya tergantung kepada kandungan air dalam tubuh hewan tersebut. Hewan-hewan terestrial memiliki lingkungan yang kompleks sehingga sangat sulit untuk mengukur termal lingkungan secara akurat. Hewan terestrial sebaliknya dihadapkan dengan masalah termoregulasi yang lebih besar. Seluruh produksi panas tubuh akan hilang, keluar dari tubuh melalui konduksi, konveksi, radiasi, dan evaporasi. Mamalia memiliki sistem piranti termoregulasi fisiologis yang efisien untuk menjaga suhu tubuhnya. Jika suhu lingkungan meningkatkan suhu tubuh, maka suhu tubuh tidak akan turut meningkat. Pengaturan suhunya diatur melalui evaporasi air melalui permukaan tubuh. Evaporasi akan menurunkan suhu tubuh. Kulit dan sistem respirasi hewan memiliki signifikansi termoregulasi yang sangat besar.

Umumnya hewan merespons periode kering atau suhu yang tinggi dengan berestivasi untuk menghindari tekanan

klimatik yang panas. Estivasi adalah suatu adaptasi hewan dengan cara istirahat dalam waktu lama pada musim panas. *Citellus* (bajing tanah) berhibernasi selama musim dingin dan akan berestivasi ketika musim kering yang cukup lama. Beberapa endotermis misalnya rodensial, insektivora, dan marsupialia juga berestivasi.

## 2. Regulasi atau Pengaturan Suhu Pada Suhu Dingin

### a. Adaptasi Terhadap Suhu Dingin

Pada suhu dingin, reseptor-reseptor akan membangkitkan respons refleksi untuk mempertahankan atau memproduksi panas. Stimulasi reseptor dingin menyebabkan terjadinya kontraksi pembuluh darah yang mengalir kulit untuk menurunkan pelepasan panas. Suhu yang dingin mungkin juga menyebabkan berdirinya rambut-rambut, bulu, dan peningkatan aktivitas muskular. Suhu darah diturunkan sebagai konsekuensi mulai beroperasinya pusat kontrol termoregulasi yang kemudian diikuti dengan gigitan (*shivering*). Menggigil meningkatkan laju metabolisme yang selanjutnya menghasilkan lebih banyak panas. Diduga bahwa korteks adrenal distimulasi oleh pemaparan terhadap suhu dingin sehingga menghasilkan noradrenalin. Peningkatan respons metabolisme berhubungan dengan kombinasi aksi kalorigenik adrenalin dan kelenjar tiroid.

Agar kebutuhan energi tercukupi, hewan endoterm mengonsumsi lebih banyak makanan pada iklim

yang dingin. Meskipun demikian, suplai makanan yang banyak tidak selalu dapat menjamin kebutuhan energi, sehingga terdapat pola-pola adaptasi khusus seperti hibernasi.

Hibernasi atau dikenal juga dengan dormansi musim dingin merupakan suatu fenomena di mana suhu tubuh turun drastis pada level yang sangat rendah selama musim dingin. Hibernasi ini adalah pola adaptasi hipotermia yang umumnya ditemukan pada hewan mamalia kecil seperti rodentia, insektivora, dan kelelawar (Randall, D, Burggren, French, 1997). Hibernasi memperlihatkan sejumlah perubahan fisiologis (Rastogi, 2007), yang meliputi:

- Suhu inti tubuh turun 1-2 °C di bawah suhu lingkungan.
- Konsumsi oksigen menurun sebesar 5% dari laju rata-rata metabolisme biasa.
- Laju pernapasan menurun dan terkadang terhenti dalam beberapa waktu.
- Laju detak jantung menurun, sekitar 5-6 kali per menit, akan tetapi tekanan darah tetap memadai.
- Tubuh sangat lamban (torpor) atau bahkan hampir tidur.
- Kadangkala hewan dapat bangkit dari kondisi torpor secara spontan dan dapat menciptakan suhu tubuh yang lebih tinggi dari hewan endotermis dengan cara meningkatkan produksi panas.

Respons-respons adaptif sebagai tekanan ekologis dan fisiologis seperti yang telah dijelaskan sebelumnya ditemukan pada berbagai tipe hewan endoterm. Burung dan mamalia berukuran kecil selalu menjaga suhu tubuhnya untuk lebih tinggi saat beraktivitas. Saat periode inaktif (malam) suhu tubuh dan konsumsi oksigen hewan ini akan turun pada level yang rendah, karena memiliki habitat makanan yang terbatas dan bersifat makan siang hari dan inaktif pada malam hari (torpoditas). Di daerah yang memiliki suhu rendah, mamalia kecil akan memperpanjang periode hibernasinya, sedangkan hewan mamalia yang memiliki torpoditas harian akan memperpendek periode hibernasinya.

Sebelum hibernasi dimulai, hewan akan menyimpan lemak dalam jumlah besar. Hibernasi dimulai dari fase lemah dan diikuti dengan periode dormansi. Selama periode dormansi, hewan akan bangun sejenak. Hewan yang berhibernasi terjaga dari tidur musim dinginnya beberapa kali dan periode bangun tersebut dapat berlangsung selama beberapa jam hingga beberapa hari. Periode ini dimanfaatkan untuk mengeliminasi sisa-sisa metabolisme, dan terkadang mengonsumsi makanan yang sebelumnya telah disimpan dalam tempat berhibernasinya tersebut. Penyebab bangun sejenak dari hibernasi tersebut berhubungan dengan *termogenesis shivering* dan

*nonshivering* yang menghasilkan lonjakan produksi panas dan konsumsi oksigen.

### 3. Regulasi Suhu Oleh Hewan Endoterm dan Ektoterm

Hewan endoterm adalah hewan yang dapat mengatur suhu tubuhnya sendiri tanpa dipengaruhi lingkungan, contohnya burung dan mamalia. Adapun hewan ektoterm adalah hewan yang sangat bergantung pada suhu lingkungan untuk meningkatkan suhu tubuhnya, karena panas yang dihasilkan dari keseluruhan sistem metabolismenya hanya sedikit. Contohnya ikan, reptil, serangga, dan cacing.

Jaringan hewan endoterm memiliki substansial kepadatan mitokondria yang lebih tinggi dan aktivitas enzim mitokondria yang lebih tinggi daripada hewan ektoterm berukuran serupa, yang mencerminkan kemampuan hewan ini untuk menghasilkan panas metabolik. Pada burung dan mamalia, pada saat istirahat, organ dada dan perut (usus, hati, ginjal, jantung, paru-paru, dan lain-lain) memproduksi hingga tiga perempat panas metabolik, sedangkan ketika aktif, dengan laju metabolisme mungkin meningkat 10 kali lipat terutama otot yang menghasilkan panas ekstra. Karena itu, suhu inti hewan bervariasi, tergantung aktivitas hewan tersebut. Seperti unta, yang memiliki variasi tubuh yang spektakuler setiap hari sebagai bagian dari strategi termal mereka. Suhu inti sebagian besar burung dan mamalia juga sedikit berbeda secara periodisitas diurnal sesuai dengan siklus cahaya. Spesies diurnal lebih tinggi pada siang hari, dan spesies nokturnal lebih

tinggi pada malam hari, dengan perbedaan rata-rata hingga 2°C. Bahkan ketika isyarat cahaya dihilangkan efek diurnal tetap ada, dengan sedikit berbeda secara periodisitas, yang menunjukkan irama endogen dari produksi panas. Komplikasi jangka panjang lebih lanjut muncul sehubungan dengan siklus estrus pada mamalia, di mana betina mungkin 0,5-1°C lebih tinggi saat ovulasi.

Hewan ektoterm memiliki beberapa cara untuk meregulasi suhu tubuhnya. Hewan ektoterm dapat mengubah perilakunya untuk menghindari suhu lingkungan yang ekstrem. Misalnya, mencari tempat yang lebih dingin atau lebih hangat untuk mengatur suhu tubuhnya. Beberapa hewan ektoterm lainnya dapat mengubah warna tubuhnya untuk menyerap atau memantulkan sinar matahari. Misalnya, kadal dapat mengubah warna kulitnya menjadi lebih terang untuk menyerap sinar matahari atau lebih gelap untuk memantulkannya. Hewan ektoterm juga dapat mengubah aktivitas metabolismenya untuk menghasilkan panas tubuh. Misalnya, beberapa jenis serangga menggigil untuk menghasilkan panas tubuh.

### **C. Mekanisme Adaptasi Fisiologis Hewan Terhadap Air**

#### **1. Mekanisme Penyerapan dan Penyimpanan Air Oleh Hewan**

Masalah yang dihadapi hewan sehubungan dengan ada atau tidaknya air di lingkungan hidup adalah bagaimana mempertahankan kandungan air tubuh dan konsentrasi larutan garam atau tekanan osmotik cairan tubuh. Hewan air

menghadapi perubahan atau perbedaan konsentrasi garam di dalam air. Hewan darat lebih menghadapi ancaman kehilangan air dari dalam tubuh karena adanya perubahan kelembaban udara.

Hewan darat menghadapi masalah kekurangan air tubuh jika lingkungannya kering. Faktor yang berpengaruh adalah kelembaban udara dan suhu. Air dalam tubuh menguap jika lingkungan menjadi kering dan suhu udara meningkat. Secara umum hewan mengatur keseimbangan air di dalam tubuhnya dengan mengeluarkan atau memasukkan air. Pengeluaran air dari dalam tubuh dilakukan dengan cara penguapan melalui permukaan tubuh dan alat pernafasan, melalui feses, dan urin. Pemasukan air ke dalam tubuh dilakukan dengan cara minum, menghisap air yang ada dalam makanan, menghisap air melalui permukaan tubuh, atau memanfaatkan air yang terbentuk pada metabolisme karbohidrat.

Siput mempunyai permukaan kulit yang terlalu tebal, dan tingkat penguapan air yang tinggi. Maka dari itu siput telanjang aktif pada musim penghujan atau malam hari ketika kelembaban tinggi. Siput darat yang mempunyai cangkang dapat mengurangi penguapan air berlebih. Namun pada musim kering siput darat melakukan estivasi. Tubuhnya dimasukkan ke dalam cangkang, kemudian lubang cangkang ditutupi selaput. Selaput tersebut dibentuk dari lendir tubuhnya

dicampur oleh kristal kalsium karbonat. Dengan demikian kehilangan air tubuh dapat dicegah.

Serangga merupakan kelompok hewan yang berhasil mengadaptasikan diri hampir pada seluruh tipe lingkungan di muka bumi. Tidak adanya air dan rendahnya kelembaban udara tidak menjadi penghalang bagi serangga untuk bertahan hidup. Pencegahan penguapan air terjadi karena kulitnya yang tebal dan berlapis lilin.

Katak dewasa mempunyai kulit yang tipis dan selalu lembab. Pada lingkungan udara yang kering, kulit tidak mampu mencegah penguapan air. Maka dari itu katak selalu mencari tempat yang dekat dengan air atau tempat yang lembab. Saat berada dalam air, air dari luar masuk ke dalam tubuh dengan cara difusi dan garam keluar dari dalam tubuh, sehingga konsentrasi garam dalam tubuh menjadi turun. Untuk mempertahankan tekanan osmotik dalam tubuh, katak menggunakan cara seperti ikan air tawar, yaitu mengeluarkan urin encer dan menghirup garam. Pada musim kering yang panjang katak melakukan estivasi dengan mengubur diri dalam tanah. Bila hujan, katak akan keluar ke permukaan tanah. Pada saat itu katak dapat menyimpan air di kantung kemih dalam jumlah yang banyak. Tabungan air di kantung ini digunakan sebagai cadangan air ketika melakukan estivasi pada musim berikutnya. Air kencing yang tersimpan di dalam kantung itu sangat tinggi, yakni 30% dari berat tubuhnya.

Reptil mempunyai kulit tebal berbentuk sisik. Meskipun demikian reptil tetap kehilangan air, sebagian besar disebabkan oleh penguapan melalui kulit, sebagian kecil melalui pernafasan. Hilangnya air dalam tubuh reptil diimbangi dengan pemasukan air melalui minuman, makanan dan air metabolik.

## 2. Keseimbangan Air dan Garam Organisme Perairan

### a. Ikan dan Invertebrata Air Asin

Pada ikan air laut terjadi kehilangan air dari dalam tubuh melalui kulit dan kemudian ikan akan mendapatkan garam-garam dari air laut yang masuk lewat mulutnya. Organ dalam tubuh ikan menyerap ion-ion garam seperti  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ , dan  $\text{Cl}^-$ , lalu air masuk ke dalam darah dan selanjutnya disirkulasi. Selanjutnya, insang ikan akan mengeluarkan kembali ion-ion tersebut dari darah ke lingkungan luar. Sifat osmotik air berasal dari seluruh elektrolit yang larut dalam air tersebut, di mana semakin tinggi salinitas maka konsentrasi elektrolit makin besar sehingga tekanan osmotiknya makin tinggi (McConnaughey & Zottoli, 1983). Air laut mengandung 6 elemen terbesar, yaitu  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{K}^+$ , dan  $\text{SO}_4^{2-}$  (lebih dari 90% dari garam terlarut) ditambah elemen yang jumlahnya kecil (unsur mikro) seperti  $\text{Br}^-$ ,  $\text{Sr}^{2+}$ , dan  $\text{B}^+$ . Ion-ion yang dominan dalam menentukan tekanan osmotik (osmolaritas) air laut adalah  $\text{Na}^+$  (450 mM) dan  $\text{Cl}^-$  (560 mM) dengan porsi 3,061 dan 55,04% dari total konsentrasi

ion-ion terlarut (McConnaughey & Zottoli, 1983; Nybakken, 1990; Boeuf & Payan, 2001; Mananes et al., 2002).

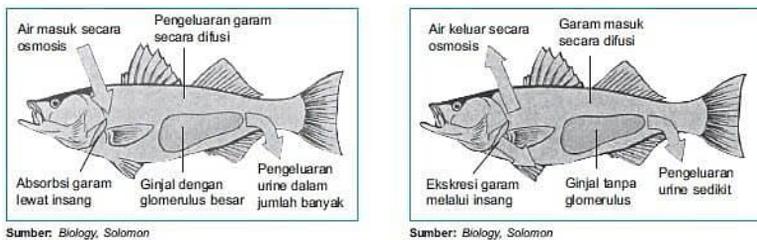
b. Ikan dan Invertebrata Air Tawar

Ikan air tawar harus selalu menjaga dirinya agar garam tidak larut dan keluar ke lingkungan. Garam-garam dari lingkungan akan diserap oleh ikan menggunakan energi metaboliknya. Ikan air tawar mempertahankan keseimbangannya dengan tidak banyak minum air, kulitnya diliputi mucus, melakukan osmosis lewat insang, produksi urinnya encer, dan memompa garam melalui sel-sel khusus pada insang. Secara umum kulit ikan merupakan lapisan kedap, sehingga garam di dalam tubuhnya tidak mudah bocor ke dalam air. Satu-satunya bagian ikan yang berinteraksi dengan air adalah insang.

Cairan tubuh ikan air tawar mempunyai tekanan yang lebih besar dari lingkungan sehingga garam-garam cenderung keluar dari tubuh. Sedangkan ikan yang hidup di air laut memiliki tekanan osmotik lebih kecil dari lingkungan sehingga garam-garam cenderung masuk ke dalam tubuh dan air akan keluar. Agar proses fisiologis di dalam tubuh berjalan normal, maka diperlukan suatu tekanan osmotik yang konstan.

Pada saat ikan sakit, luka atau stres, proses osmosis akan terganggu sehingga air akan lebih banyak masuk ke dalam tubuh ikan dan garam lebih banyak keluar dari

tubuh. Akibatnya beban kerja ginjal ikan untuk memompa air keluar dari dalam tubuhnya meningkat. Apabila hal tersebut terus berlangsung dapat menyebabkan ginjal menjadi rusak sehingga ikan mati. Pada keadaan normal ikan mampu memompa air kurang lebih  $\frac{1}{3}$  dari bobot total tubuhnya setiap hari. Penambahan garam ke dalam air diharapkan dapat membantu menjaga ketidakseimbangan ini sehingga ikan tetap bertahan hidup dan mempunyai kesempatan untuk memulihkan dirinya dari luka atau penyakit. Tentunya dosis untuk ikan harus diatur sedemikian rupa sehingga kadar garamnya tidak lebih tinggi daripada kadar garam dalam darah ikan. Apabila kadar garam dalam air lebih tinggi dari kadar garam darah, efek sebaliknya akan terjadi, air akan keluar dari tubuh ikan dan garam masuk ke dalam darah, akibatnya ikan terdehidrasi dan akhirnya akan mati.



Gambar 2.4 Regulasi air dan garam pada ikan.

## Studi Kasus

Danau Asin Gili Meno merupakan satu-satunya danau asin yang berada di Pulau Lombok, tepatnya berada di kepulauan Gili Matra, Gili Meno, Lombok Utara. Menurut warga setempat, danau ini terbentuk karena perubahan tinggi air laut. Air danau berasal dari air yang terperangkap dan menjadi danau. Air danau dapat mengalami pasang surut karena diduga memiliki saluran ke laut lewat bawah tanah. Danau Asin Gili Meno memiliki kekhasan faktor biotik dan abiotik yang berbeda dibandingkan danau-danau pada umumnya, yaitu salinitas yang berfluktuasi secara drastis. Pada musim panas, salinitas (kadar garam) danau menjadi lebih tinggi dari air laut, sedangkan pada musim hujan salinitasnya menjadi lebih rendah disebabkan curah hujan yang tinggi. Meskipun demikian, warga setempat yang sering memancing dapat menemukan jenis ikan air tawar (mujaer) yang hidup di danau tersebut.



Gambar 2.5 Danau Asin Gili Meno.

1. Berdasarkan informasi di atas, analisislah bagaimana adaptasi fisiologi yang dilakukan oleh ikan mujaer, sehingga dapat hidup di lingkungan perairan dengan salinitas yang sangat ekstrim.
2. Carilah informasi, dan analisa bagaimana peran masyarakat Gili Meno terhadap ekosistem danau asin Gili Meno.

### **Latihan**

1. Uraikan secara ringkas, bagaimana cara ikan air tawar mengatur kadar air dan garam dalam tubuhnya?
2. Uraikan cara beruang meregulasi panas/suhu tubuh dalam suhu ekstrim.
3. Apakah mamalia seperti gajah, kerbau, atau kuda nil perlu melakukan adaptasi dan regulasi suhu? Jelaskan.



## **BAB IV**

### **BEHAVIOR (PERILAKU) HEWAN**

Perilaku merupakan bagian yang penting dari penyesuaian makhluk hidup terhadap lingkungannya. Perilaku adalah tindakan atau aksi yang mengubah hubungan antara organisme dan lingkungannya. Perilaku dapat terjadi akibat stimulus dari luar. Reseptor diperlukan untuk menerima stimulus, saraf diperlukan untuk mengkoordinasikan respon dan efektor untuk melaksanakan aksi. Perilaku dapat juga terjadi karena adanya stimulus dari dalam, misalnya rasa lapar, memberikan motivasi akan aksi yang akan diambil bila makanan benar-benar terlihat atau tercium. Umumnya perilaku suatu organisme merupakan gabungan stimulus dari dalam dan luar.

Pembahasan pada bab ini bertujuan untuk memahami bagaimana perilaku hewan yang bersumber dari gen dan faktor lingkungan, pola-pola perilaku pada hewan, perkawinan yang terjadi pada hewan, sistem predasi pada hewan dan bentuk/mekanisme peratahan dan perlindungan diri pada hewan.

#### **A. Perilaku Disebabkan Gen dan Faktor Lingkungan**

Perilaku hewan ditentukan dari seberapa tinggi gen dan lingkungan mempengaruhi sifat fenotipik (ciri-ruah seperti anatomi dan perilaku), yang meliputi sifat perilaku. Sifat atau ciri perilaku memiliki komponen genetik dan lingkungan, seperti halnya semua sifat anatomi dan fisiologis seekor hewan. Seperti ciri fenotip lainnya, perilaku dapat memperlihatkan suatu kisaran variasi fenotipnya yang bergantung pada lingkungan, dimana genotipe itu

diekspresikan. Perilaku dapat diubah oleh pengaruh lingkungan. Namun demikian perilaku juga memiliki komponen genetik perilaku yang bergantung pada gen-gen, yang ekspresinya menghasilkan sistem neuron yang menanggapi stimulus. Faktor-faktor lingkungan yang mempengaruhi perilaku terdiri atas kondisi sel, hormonal, dan kondisi fisik dan kimia sejak hewan masih dalam bentuk sel telur atau di dalam rahim. Perilaku juga meliputi interaksi beberapa komponen sistem saraf hewan dengan efektor, dan juga sebagai interaksi kimia, penglihatan, pendengaran, atau sentuhan dengan organisme lain.

## 1. Faktor Genetik

Genetik mempengaruhi perilaku hewan melalui beberapa mekanisme dan proses. Berikut adalah penjelasan mengenai bagaimana genetik mempengaruhi perilaku hewan.

### a. Struktur Anatomi

Faktor genetik dapat membentuk struktur anatomi hewan, seperti ukuran tubuh, bentuk organ, dan sistem saraf. Struktur anatomi yang berbeda dapat mempengaruhi perilaku hewan, misalnya, hewan dengan ukuran tubuh yang lebih besar mungkin memiliki perilaku yang berbeda dalam mencari makan atau berinteraksi dengan lingkungan.

### b. Metabolisme

Faktor genetik juga mempengaruhi metabolisme hewan, yaitu bagaimana tubuh hewan memproses makanan dan energi. Perbedaan dalam metabolisme dapat

mempengaruhi perilaku hewan, seperti tingkat aktivitas, pola makan, dan kebutuhan energi.

c. Sifat Perilaku

Genetik juga mempengaruhi sifat perilaku hewan, seperti kecenderungan terhadap agresi, kecerdasan, keberanian, dan kepatuhan. Beberapa perilaku dapat diwariskan secara genetik dan ditentukan oleh kombinasi gen yang ada pada individu hewan.

d. Potensi Perilaku

Faktor genetik juga mempengaruhi potensi perilaku yang dimiliki oleh hewan. Gen dapat memberikan kerangka dasar untuk perilaku tertentu, tetapi ekspresi perilaku tersebut juga dipengaruhi oleh faktor lingkungan. Misalnya, seekor anjing mungkin memiliki potensi untuk menjadi peliharaan yang setia dan patuh, tetapi perilaku ini juga dipengaruhi oleh lingkungan di sekitarnya seperti cara pemilik merawat dan melatih anjing tersebut.

Studi genetika perilaku telah menunjukkan bahwa genetik memegang peranan yang signifikan dalam pembentukan karakter individu. Namun, penting untuk diingat bahwa perilaku hewan juga dipengaruhi oleh faktor lingkungan. Interaksi antara faktor genetik dan faktor lingkungan akan mempengaruhi ekspresi perilaku hewan yang kompleks dan bervariasi.

## 2. Faktor Lingkungan

Faktor lingkungan dalam perilaku hewan merujuk pada berbagai peristiwa, situasi, dan kondisi di luar individu yang secara langsung maupun tidak langsung mempengaruhi perilaku hewan. Faktor lingkungan terdiri dari lingkungan fisik dan lingkungan sosial.

### a. Lingkungan Fisik

Lingkungan fisik mencakup segala sesuatu yang bersifat fisik yang ada di sekitar individu hewan, seperti keadaan rumah, pekarangan, sawah, tanah, air, musim, dan sebagainya. Contoh pengaruh faktor lingkungan fisik yang berpengaruh terhadap perilaku hewan adalah suhu, kelembaban, cahaya, dan keberadaan sumber makanan dan tempat berlindung.

- Sumber makanan. Lingkungan menyediakan sumber makanan yang berbeda-beda bagi hewan. Ketersediaan dan jenis makanan yang ada di lingkungan akan mempengaruhi perilaku makan hewan. Misalnya, jika sumber makanan yang mudah ditemukan dan melimpah, hewan cenderung memiliki perilaku makan yang lebih aktif dan mencari makan dengan lebih sedikit usaha.
- Habitat. Lingkungan tempat tinggal hewan, seperti hutan, sungai, atau padang rumput, mempengaruhi perilaku hewan. Habitat yang berbeda menawarkan kondisi dan sumber daya yang berbeda, sehingga mempengaruhi

perilaku hewan dalam mencari makan, berlindung, dan berinteraksi dengan anggota spesies lain.

- Cuaca dan iklim. Lingkungan juga mempengaruhi perilaku hewan melalui cuaca dan iklim. Perubahan musim, suhu, kelembaban, dan cahaya matahari dapat mempengaruhi aktivitas, reproduksi, dan migrasi hewan. Misalnya, beberapa hewan mengubah perilaku dengan cara melakukan hibernasi atau estivasi.

#### b. Lingkungan Sosial

Lingkungan sosial mencakup situasi dan kondisi di luar individu yang mempengaruhi perilaku hewan. Ini melibatkan interaksi dengan anggota spesies yang sama, anggota spesies lain, dan lingkungan sekitar. Contoh pengaruh lingkungan sosial terhadap perilaku hewan adalah hierarki sosial, komunikasi, pola reproduksi, dan perilaku kawin.

Lingkungan juga mempengaruhi perilaku hewan melalui pengalaman dan pembelajaran. Hewan dapat belajar dari interaksi dengan lingkungan dan mengubah perilaku mereka berdasarkan pengalaman yang mereka dapatkan. Misalnya, hewan dapat belajar mencari makanan dari pola perilaku yang berhasil atau menghindari situasi yang berbahaya.

## B. Pola-pola Perilaku Hewan

Ada beberapa pola perilaku hewan (Sukarsono, 2009) yaitu:

### 1. Perilaku Reproduksi

Beberapa jenis hewan mampu berkembangbiak secara monoseksual, namun kebanyakan hewan berkembang biak secara heteroseksual. Pada umumnya, satu individu hewan, umumnya jantan, mencoba untuk berperilaku atraktif untuk menarik lawan jenisnya. Contohnya pada merak dan jenis ikan-ikan terumbu karang. Beberapa studi memperlihatkan bahwa hewan-hewan betina menyeleksi hewan jantan sebagian berdasarkan kemampuan menampakkan keindahan tampilannya. Jadi perilaku kawin pada hewan memiliki peranan penting dalam menurunkan sifat-sifat genetis kepada generasinya.



Gambar 3.1 Perilaku kawin pada penyu.

Perilaku reproduksi (kawin) pada hewan dapat dibedakan menjadi beberapa tipe *sexual selection* (seleksi seksual). Seleksi seksual merupakan cara seleksi alam dimana anggota dari satu jenis kelamin biologis memilih pasangan dari

jenis kelamin lain untuk kawin (seleksi interseksual) dan bersaing antar anggota dari jenis kelamin yang sama (seleksi intraseksual). Persaingan seksual ada dua macam, pertama antara individu berjenis kelamin sama, biasanya jantan, untuk mengusir atau membunuh saingan mereka, sementara betina tetap pasif. Kedua adalah persaingan antara individu berjenis kelamin sama untuk menyenangkan atau mempesona lawan jenis, umumnya betina, yang menyeleksi pasangan yang cocok (Irested, 2009).

a. *Intrasexual Selection*

Seleksi intraseksual adalah persaingan antara individu-individu dari jenis kelamin yang sama untuk memonopoli akses ke lawan jenis. Secara umum persaingan ini melibatkan perkelahian, dan pasangan seks yang selektif dengan pemenang pertempuran. Contohnya, rusa jantan dan kumbang bertanduk berkelahi dengan sesama jenisnya untuk kawin dengan betina di dekatnya.



Gambar 3.2 Seleksi intraseksual pada *Wildebeest*.

## b. *Intersexual Selection*

Pada spesies tertentu, jantan tidak akan berusaha mengendalikan atau memonopoli akses ke betina. Sebaliknya, mereka akan mencari cara untuk mendapatkan perhatian mereka melalui perilaku tertentu seperti bernyanyi, menari, dan lainnya. Selanjutnya betina akan memilih yang terbaik diantara para kandidatnya. Betina akan memilih jantan terbaik untuk mewariskan gen-gen terbaik kepada turunannya. Misalnya perilaku unik cendrawasih jantan akan menari untuk memikat perhatian betina. Pejantan akan menari vertikal di ranting pohon kecil. Ia memamerkan bulu hijau kebiruan di bagian dada, dan ekornya. Bila betina tertarik, akan mendekati batang yang sama, kemudian jantan naik ke punggung betina dan melakukan perkawinan. Hewan betina akan memilih jantan yang lebih berwarna, lebih mencolok, lebih keras, lebih berani, dan agresif. Burung menggunakan rangsangan visual seperti warna-warna cerah atau ornamen yang besar untuk komunikasi sosial-seksual serta pengenalan spesies. Ciri-ciri ini dapat dianggap dapat menunjukkan bahwa individu tersebut cukup sehat untuk kawin dengan betina yang dipilih.



Gambar 3.3 Seleksi interseksual pada burung merak.

## 2. Perilaku Mencari Makan

Hewan memperlihatkan beberapa tipe perilaku mencari makan yang berbeda. Beberapa hewan sangat selektif terhadap apa yang mereka makan. Kelompok hewan ini termasuk pencari makanan khusus. Contohnya ada beberapa jenis serangga hanya memakan satu jenis tumbuhan saja. Namun hewan-hewan lain dapat memakan banyak jenis tanaman. Contohnya, tupai yang memakan berbagai jenis tumbuhan dan buah. Perilaku makan memperlihatkan kemampuan hewan dalam menghadapi seleksi alam. Perilaku makan suatu hewan disebut efisien jika hewan memilih makanan yang akan memaksimalkan perolehan energi bagi tubuhnya yang diperoleh dalam waktu yang paling singkat.



Gambar 3.4 Perilaku makan pada tupai.

### 3. Perilaku Bertahan

Semua jenis hewan memiliki peluang untuk di mangsa. Bahkan serigala dan singa sering menjadi mangsa ketika mereka masih sangat muda. Beberapa hewan seperti pada kebanyakan ulat dan kadal meleburkan warna dirinya dengan latar belakang atau lingkungan di mana mereka berada sehingga seringkali sulit untuk dilihat, perilaku ini disebut perilaku *cryptic*.



Gambar 3.5 Perilaku bertahan pada *tailed gecko* dengan menyerupai daun kering.

### 4. Perilaku Komunikasi

Komunikasi ialah pemindahan informasi dari satu hewan ke hewan lain. Hewan yang memberi informasi (signal komunikasi) disebut komunikator atau sender sedangkan hewan yang menerima informasi disebut komunikan atau *receiver*. Komunikan akan menunjukkan suatu respon atau tanggapan setelah menerima signal tersebut. Komunikasi dapat terjadi antara individu pada spesies yang sama (intraspecies) atau pada spesies yang berbeda (interspecies).

Komunikasi intraspecies biasanya digunakan dalam keberhasilan reproduksi. Pada hewan yang hidup berkelompok,

komunikasi juga digunakan untuk menunjukkan dominansi, suara peringatan akan kehadiran predator, dan tujuan lainnya. Komunikasi interspesies meliputi peringatan, seperti rattlesnake yang membunyikan/ menggetarkan ekornya, kobra yang menegakkan kepala dan bagian depan tubuhnya. Hewan menggunakan berbagai cara untuk berkomunikasi, yang meliputi visual, auditori, taktil, signal kimia, signal listrik, dan beberapa cara lainnya.



Gambar 3.6 Perilaku komunikasi pada semut.

## 5. Perilaku Teritorial

Pemeliharaan kawasan (teritorial) merupakan tempat yang dipelihara atau dijaga oleh hewan, terutama oleh serangga, burung, reptile, dan mamalia. Kawasan digunakan untuk berbagai keperluan, yakni mencari makanan, kawin dan pertahanan. Pemilik kawasan pada umumnya akan mencoba untuk mengusir individu lain yang mencoba memasuki kawasannya. Tujuan utama dari perilaku teritorial ini untuk menjaga dan mempertahankan adanya gangguan yang masuk dari individu lain. Contohnya, burung parus major

menggunakan sarang untuk menjaga kawasannya agar tidak diambil oleh burung asing lainnya. Apabila ada suara burung yang tidak di kenal memasuki kawasan maka akan di serang.



Gambar 3.7 Perilaku teritorial burung.

## 6. Perilaku Sosial

Pola lain dari perilaku adalah perilaku penyebaran yang diperlihatkan oleh individu hewan dengan menjauhi area dimana mereka dilahirkan. Perilaku sosial umumnya ditemukan pada berbagai jenis hewan terutama yang hidup dalam kelompok seperti semut, anai-anai, lebah, penguin dan primata. Perilaku sosial merupakan interaksi antar individu dalam spesies yang sama yang saling mempengaruhi satu sama lain. Perilaku sosial berkembang karena adanya kebutuhan untuk bereproduksi dan bertahan dari predator.



Gambar 3.8 Perilaku sosial gajah.

## 7. Perilaku Migrasi

Perilaku migrasi atau berpindah tempat ini dilakukan oleh hewan secara berkelompok. Tujuannya untuk menghindari kondisi lingkungan yang sangat tidak menguntungkan bagi kelangsungan hidup populasinya atau untuk kegiatan bereproduksi. Contohnya, migrasi pada kelompok kerbau liar afrika, dipengaruhi oleh kondisi curah hujan dan ketersediaan rumput liar menjadi pendorong migrasi kelompoknya. Migrasi dilakukan secara berkelompok untuk melindungi diri dari bahaya dan predator.



Gambar 3.9 Perilaku migrasi burung.

### C. Predasi

Predasi adalah peristiwa pemangsaan oleh pemangsa (predator) terhadap mangsa (*prey*). Dalam suatu habitat, kedua golongan hewan tersebut memiliki hubungan evolusi yang unik karena keduanya saling bergantung satu sama lain untuk menyeimbangkan populasinya. Keduanya mengembangkan strategi yang berlawanan, predator berusaha meningkatkan angka predasi, sedangkan mangsa berusaha menurunkan angka predasi (Sumarto & Koneri, 2016).

#### 1. Strategi Mencari Makan

Strategi hewan dalam mencari makan ialah cara mendapatkan perolehan semaksimal mungkin dengan resiko semaksimal mungkin. Setiap kali hewan mencari makan/mangsa, maka energi harus dikeluarkan. Setiap jenis hewan, memiliki pola mencari makan yang berbeda. Pada jenis predator tertentu (misalnya buaya dan ular) energi tidak digunakan untuk mengejar mangsa, melainkan untuk menyergap mangsa secara tiba-tiba. Beberapa jenis hewan tidak mengeluarkan energi ekstra setiap mencari makan. Misalnya lebah, sebagian besar energi digunakan untuk pembuatan dan perbaikan jaring penangkap mangsa. Ada jenis hewan mencari makan secara individual atau berkelompok. Mencari makan secara berkelompok akan memberikan keuntungan bila ketersediaan sumber daya makanan di lingkungan berlimpah.



Gambar 3.10 Predasi.

## 2. Kebiasaan Makan

Berdasarkan macam makanan yang dimakan, hewan dapat dibagi menjadi 4 bagian yaitu:

### a. Hewan Herbivora

Makanan utama hewan herbivora adalah tumbuh-tumbuhan, biji-bijian dan buah-buahan. Hewan herbivora hidup di daratan, seperti di hutan, padang rumput dan persawahan. Contoh hewan yang tergolong pada herbivora yaitu kerbau, sapi, merpati, burung pipit, burung kakak tua dan lain sebagainya.

### b. Hewan Karnivora

Karnivora merupakan hewan pemakan daging. Hewan yang termasuk ke dalam golongan karnivor karena memangsa hewan lain, disebut juga sebagai predator. Predator mendapatkan mangsanya dengan memburu mangsanya. Contoh dari karnivor ialah kodok, laba-laba, ular, elang, anjing, dan lain-lain.

c. Hewan Omnivora

Hewan omnivora adalah hewan pemakan segala, baik tumbuhan, biji-bijian hingga daging. Contohnya seperti ayam, bebek, gurung gagak, dan lain sebagainya.

d. Saprovora

Saprovora adalah hewan dan jasad renik yang mendapatkan nutrisi atau makanan dari hasil menguraikan sisa-sisa organisme yang telah mati. Saprovora berperan sebagai dekomposer didalam ekosistem. Contohnya hewan pengurai, parasit, bakteri, dan sebagainya.

3. Nisbah Pemangsaan

Hubungan antara jenis-jenis makanan yang dikonsumsi dengan ketersediaannya di alam dapat dihitung melalui nisbah pemangsaan (Np).

$$Np = \frac{\text{proporsi (\%) jenis makanan yang dikonsumsi}}{\text{proporsi (\%) jenis makanan yang terdapat di lingkungan}}$$

Keterangan:

- Nilai pembilang diperoleh dari hasil analisis isi lambung.
- Nilai penyebut dari hasil pencuplikan dari habitat yang ditempati.

Kriteria penilaian Np adalah sebagai berikut:

- a. Jika  $Np = 1$ , maka jenis makanan yang dimakan dimanfaatkan oleh hewan secara proporsional dengan ketersediaan di lingkungan.

- b. Jika  $N_p > 1$ , maka jenis makanan yang dimakan tidak proporsional dengan ketersediannya, melainkan lebih sering. Mungkin disebabkan karena jenis makanan lebih disukai, lebih diperlukan atau mudah didapatkan dibandingkan dengan yang lainnya.
- c. Jika  $N_p < 1$ , jenis makanan yang dimakan kurang sering diambil dari lingkungannya, mungkin karena kurang disukai, kurang diperlukan, atau sukar didapatkan.

Preferensi hewan terhadap suatu jenis makanan sifatnya ada yang pasti, tidak dipengaruhi oleh variasi ketersediaan di lingkungan. Preferensi dapat berarti jenis makanan itu lebih diperlukan dibandingkan dengan jenis lain. Ada jenis hewan yang beralih preferensi. Misal, apabila ketersediaan suatu jenis makanan rendah, maka kurang dimanfaatkan sebagai makanan, tetapi bila ketersediaan tinggi maka akan dikonsumsi lebih sering.

Preferensi makanan dapat diamati melalui percobaan di laboratorium. Namun informasi yang diperoleh di laboratorium tidak dapat begitu saja diterapkan bagi hewan di lingkungan alamnya, karena harus berhadapan dengan perubahan kondisi lingkungan dan persaingan antara hewan lain. Faktor abiotik dan biotik di lingkungan alami dapat mengubah aspek kualitatif dan kuantitatif makanan yang dikonsumsi hewan (Sopialena, 2018).

## **D. Mekanisme Pertahanan dan Perlindungan Pada Hewan**

Setiap hewan mempunyai kemampuan berbeda-beda dalam menyesuaikan diri dengan lingkungannya. Penyesuaian diri ini berguna untuk memperoleh makanan. Selain itu juga untuk mempertahankan diri dari musuhnya. Setiap jenis hewan selalu berusaha melindungi diri dari serangan musuhnya. Hampir semua jenis hewan memiliki bagian tubuh untuk melindungi diri. Selain itu, ada sebagian hewan melindungi diri dengan tingkah laku. Berikut jenis-jenis pertahana dan perlindungan diri pada hewan yaitu sebagai berikut :

### **1. Mimikri**

Mimikri adalah cara mempertahankan diri terhadap musuh dengan cara menyerupai sesuatu, secara khas menyerupai tipe lain organisme lain seperti misalnya bunglon yang dapat berubah-ubah sesuai warna benda di sekitarnya agar dapat mengelabui binatang predator/pemangsa sehingga sulit mendeteksi keberadaan bunglon untuk dimangsa. Jika bunglon dekat dengan dedaunan hijau maka dia akan berubah warna kulit menjadi hijau, jika dekat batang pohon warna coklat, dia juga ikut ganti warna menjadi coklat, dan lain seterusnya.



Gambar 3.11 Mimikri pada bunglon.

## 2. Kamouflage

Kamouflage adalah proses adaptasi yang menyamakan atau menyeragamkan warna kulit dengan lingkungan sekitarnya untuk melindungi diri dari predator atau untuk mencari makan. Ada beberapa jenis kamouflage seperti menyesuaikan diri dengan perubahan dalam lingkungan, ada juga yang tidak menyembunyikan sama sekali, tapi menakuti hewan lain dengan menyamarkan diri sebagai sesuatu yang berbahaya atau tidak menarik. Lingkungan menjadi faktor paling penting dalam proses kamouflage.

Teknik kamouflage sederhana adalah dengan mencocokkan dirinya dengan lingkungan sekitarnya. Dalam hal ini, berbagai elemen dari habitat alami dapat disebut sebagai model untuk kamouflage. Karena tujuan akhir dari kamouflage adalah untuk bersembunyi dari hewan lain, fisiologi dan perilaku predator hewan atau mangsa sangat signifikan. Binatang tidak akan mengembangkan setiap kamouflage yang tidak membantu bertahan hidup, jadi tidak semua hewan berbaur dengan lingkungan dengan cara yang sama. Misalnya, tidak ada gunanya binatang mereplikasi warna sekitarnya jika predator utamanya buta warna.



Gambar 3.12 Kamuflase pada burung hantu.

### 3. Autotomi

Autotomi adalah teknik bertahan hidup dengan cara mengorbankan salah satu bagian tubuh. Contoh autotomi yaitu pada cicak / cecak yang biasa hidup di dinding rumah, pohon, dll. Cicak jika merasa terancam ia akan memutuskan ekornya sendiri untuk kabur dari sergapan musuh. Ekor yang putus akan melakukan gerakan- gerakan yang cukup menarik perhatian sehingga perhatian pemangsa akan fokus ke ekor yang putus, sehingga cicak pun bisa kabur dengan lebih leluasa.



Gambar 3.13 Autotomi pada cicak.

#### 4. Mengeluarkan Bau atau Cairan Tubuh

Pola perilaku pertahanan diri ini, biasanya dilakukan oleh hewan-hewan tertentu untuk menghindari pemangsannya atau merasa jiwanya terancam. Hewan yang mengeluarkan bau atau cairan tubuhnya saat merasa dirinya terancam contohnya adalah sigung. Sigung akan mengeluarkan bom bau ketika merasa terancam. Bahkan kemudian, mereka akan memberikan sinyal beberapa peringatan, seperti mendesis, menghentakkan kaki mereka, atau mengangkat ekor mereka di udara sebelum mengeluarkan bau mereka.

Semprotan berbahaya sigung dapat menyebar sejauh 10 kaki (3 meter), tetapi mereka hanya dapat menggunakan 5 sampai 6 kali semprotan sebelum mereka mengisi pasokan bom bau, yang dapat berlangsung hingga 10 hari. Semprotan ini tidak mematikan, namun bau sigung cukup untuk membuat predator apapun mengevakuasi daerah tersebut, dan bau tetap terasa selama sehari-hari, yang dapat membuat korban merasa sangat tidak nyaman.



Gambar 3.14 Sigung mengeluarkan gas berbau.

## 5. Hibernasi

Hibernasi adalah teknik bertahan hidup pada lingkungan yang keras dengan cara tidur menonaktifkan dirinya (dorman). Hibernasi bisa berlangsung lama secara berbulan-bulan seperti beruang pada musim dingin. Hibernasi biasanya membutuhkan energi yang sedikit, karena selama masa itu binatang yang berhibernasi akan memiliki suhu tubuh yang rendah, detak jantung yang lambat, pernapasan yang lambat, dan lain-lain. Binatang tersebut akan kembali aktif atau bangun setelah masa sulit terlewati. Contoh hewan yang berhibernasi yaitu seperti ular, ikan, beruang, kura-kura, bengkarung, dan lain- lain.



Gambar 3.15 Hibernasi pada beruang.

## Studi Kasus



Gambar 3.16 *Otus jolandae*

*Otus jolandae* merupakan salah satu spesies hewan endemik di Pulau Lombok. Salah satu habitat yang cukup disukai oleh spesies ini ialah gunung Rinjani. Burung hantu ini memiliki ciri khas berwarna coklat bercorak putih dan suara yang lebih jernih dibandingkan burung hantu pada umumnya. Saat ini *Otus jolandae* telah masuk dalam kategori hewan yang dilindungi.

Berdasarkan informasi di atas:

1. Identifikasilah pola perilaku (mencari makan, kawin, sosial, pertahanan diri, dll) *Otus jolandae* dengan menggunakan metode review literatur (artikel).
2. Analisislah bagaimana perilaku masyarakat Lombok, khususnya masyarakat yang berada di sekitar Geopark Gunung Rinjani mempengaruhi perilaku *Otus jolandae*.

## **Latihan**

1. Observasilah salah 1 hewan yang ada di lingkungan tempat tinggal anda. Identifikasilah jenis perilakunya (minimal 5) dan uraikan ciri/karakteristik perilaku yang ditunjukkan oleh hewan tersebut.
2. Setelah mempelajari bab perilaku hewan, anda tentu telah memahami jenis-jenis perilaku dan maknanya. Manusia merupakan salah satu komponen ekosistem yang berperan sangat dominan. Sebagai salah satu bagian dari komponen ekosistem, menurut anda apa manfaat dan makna pengetahuan anda mengenai perilaku hewan tersebut? Berikan contoh kongkritnya.
3. Analisislah sebuah artikel tentang perilaku hewan. Lalu identifikasi informasi baru apa yang bisa anda peroleh dari artikel tersebut.

## **BAB V**

### **VARIASI POPULASI DAN SELEKSI ALAM**

Populasi adalah sekumpulan individu sejenis yang hidup di tempat yang sama. Populasi sebagaimana organisme tunggal, memiliki ciri atau atribut yang unik seperti laju pertumbuhan, struktur umur, rasio jenis kelamin, dan laju mortalitas. Populasi selalu mengalami perubahan dari waktu ke waktu karena faktor kelahiran, kematian, dan migrasi atau dispersal individu di antara populasi yang terpisah.

#### **A. Variasi Populasi**

Variasi dalam populasi disebabkan oleh variasi genetik yaitu perubahan susunan genetik individu dalam suatu populasi yang dapat terjadi karena mutasi aliran gen maupun perkawinan. Variasi genetik otomatis terjadi melalui perkawinan, tidak dapat dikendalikan dan berperan penting untuk proses seleksi alam dan evolusi biologis. Fenotip makhluk hidup merupakan perpaduan dari faktor gen dan lingkungan, meskipun variasi genetik menyebabkan ciri-ciri yang berbeda antara spesies 1 dan lainnya. Variasi di dalam populasi terjadi karena adanya keragaman di antara individu yang menjadi anggota populasi, atau adanya perbedaan ciri-ciri/ karakter yang dimiliki oleh individu- individu di dalam populasi.

Variasi ada dalam semua populasi organisme. Hal ini terjadi karena mutasi acak yang muncul dalam genom organisme individu, sehingga keturunan mereka dapat mewarisi mutasi tersebut. Sepanjang kehidupan suatu individu, genom yang

dimilikinya akan berinteraksi dengan lingkungannya sehingga menyebabkan variasi sifat. Lingkungan genom yang dimaksud ialah zat kimiawi dalam sel, sel lain, individu lain, populasi, spesies, serta lingkungan abiotik. Lingkungan ini akan menentukan perubahan genom yang akan menguntungkan dan mana yang merugikan. Karena individu dengan varian sifat yang menguntungkan cenderung bertahan dan bereproduksi lebih banyak daripada individu dengan varian lain yang kurang menguntungkan, maka populasi untuk varian sifat tersebut lebih berkembang (Pincheira et al., 2017).

Variasi terjadi secara alami di antara individu dari setiap populasi organisme. Beberapa variasi dapat meningkatkan peluang individu untuk bertahan hidup dan bereproduksi, sehingga laju reproduksinya meningkat, dan jumlah keturunannya juga meningkat. Jika ciri-ciri yang memberikan keuntungan reproduksi pada individu-individu ini juga diwariskan, maka akan ada perubahan proporsi populasi. Misalnya, proporsi kelinci cepat atau ganggang yang lebih efisien akan sedikit lebih tinggi pada generasi berikutnya. Sekalipun keunggulan reproduksinya sangat kecil, selama beberapa generasi sifat yang dapat diwariskan ini akan mendominasi populasi.

### ***Prinsip Hardy–Weinberg***

Hardy–Weinberg menyatakan bahwa alel dan frekuensi genotip dalam suatu populasi akan tetap sama/konstan dari generasi ke generasi, jika tidak terdapat faktor-faktor penyebab evolusi yang mempengaruhi. Faktor-faktor ini ialah perubahan

genetik, perkawinan, perkawinan sedarah, seleksi alam, seleksi pasangan, mutasi, hanyutan genetik, aliran gen, dan *crossing over* meiosis. Karena satu atau lebih dari faktor-faktor ini biasanya hadir pada sebuah populasi, maka prinsip Hardy–Weinberg tidak berlaku dalam situasi nyata. Prinsip Hardy–Weinberg hanya dapat menjelaskan alel dan frekuensi genotip dalam kondisi ideal, tanpa adanya pengaruh-pengaruh di atas secara analitis.

Ada lima syarat (asumsi) yang digunakan dalam Hukum Hardy–Weinberg yaitu:

1. Ukuran populasi besar. Pada populasi dengan jumlah penduduk yang besar, frekuensi alel A dan a masing-masing 50% dapat dipertahankan karena persilangan sesama anggota terjadi secara acak.
2. Populasi terisolasi artinya tidak terjadi aliran gen atau perpindahan tempat, baik imigrasi maupun emigrasi.
3. Tidak terjadi mutasi. Adanya mutasi atau mutasi yang tidak setimbang akan mengubah frekuensi gen dalam populasi.
4. Perkawinan terjadi secara acak, dimana perkawinan tidak didasarkan atas pemilihan genotip pasangan.
5. Tidak terjadi seleksi alam. Adanya seleksi alam dapat membuat individu dengan fenotipe tertentu akan lebih bertahan hidup daripada individu dengan fenotipe lain.

Fenotip dipengaruhi oleh susunan genotip sehingga frekuensi gen dalam populasi akan berubah. Nilai frekuensi gen dalam suatu populasi yang selalu konstan dari generasi ke generasi berikutnya menunjukkan bahwa populasi tersebut tidak

mengalami evolusi. Sementara adanya perubahan nilai frekuensi menunjukkan adanya evolusi atau hal lain yang ada dalam asumsi hukum Hardy–Weinberg. Jika Hukum Hardy–Weinberg terjadi, maka evolusi tidak akan terjadi. Sebaliknya, evolusi terjadi jika Hukum Hardy–Weinberg tidak berlaku (Irnaningtyas, 2018).

Rumus keseimbangan hukum Hardy–Weinberg untuk frekuensi genotip yaitu:

$$P + 1 = 1$$
$$P^2 + 2pq + q^2 = 1$$

Keterangan:

P = Frekuensi gen dominan (A, B, D)

Q = Frekuensi gen resesif (a, b, c)

P<sup>2</sup> = Frekuensi alel homozigot dominan (AA, BB, CC)

2pq = Frekuensi alel heterozygot (aA, Bb)

q<sup>2</sup> = Frekuensi alel homozigot resesif (aa, bb, cc)

## B. Seleksi Alam

Secara etimologi seleksi alam adalah kemampuan alam untuk menyeleksi organisme yang hidup di dalamnya, sehingga hanya organisme yang mampu menyesuaikan diri terhadap lingkungannya yang dapat bertahan. Mekanisme ini terjadi secara berangsur-angsur dalam periode berjuta-juta tahun yang lalu. Makhluk hidup yang terus dapat bertahan hidup akan tetap hidup, sedangkan makhluk hidup yang tidak dapat bertahan hidup akan mati.

Menurut Hukum Hardy-Weinberg, seluruh individu di dalam populasi mempunyai kemampuan yang sama untuk hidup dan menghasilkan keturunan yang mempunyai kemampuan hidup dan fertil. Tetapi kenyataannya di dalam populasi terdapat keanekaragaman dan diantara varian-varian tersebut ada yang mempunyai keturunan lebih banyak daripada yang lain. Perbedaan ini disebabkan karena adanya seleksi alam, adanya sifat-sifat khusus yang menyebabkannya tidak mengalami seleksi alam.

Seleksi alam bekerja berdasarkan fenotipe atau ciri-ciri organisme yang berinteraksi dengan lingkungan. Akan tetapi suatu genetik dapat diwariskan dari individu yang mengkodekan fenotipe tersebut. Genetik individu tersebut memiliki keuntungan reproduktif sehingga gen suatu sifat dapat menjadi lebih dominan dalam suatu populasi. Seiring waktu, proses ini dapat menghasilkan populasi yang berspesialisasi untuk relung ekologis tertentu (evolusi mikro) dan pada akhirnya dapat menghasilkan spesiasi (munculnya spesies baru/evolusi makro). Dengan kata lain, seleksi alam adalah proses kunci dalam evolusi suatu populasi.

#### 1. Faktor-faktor yang mempengaruhi seleksi alam.

Seleksi alam dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu sebagai berikut (Wijayanto, 2013):

##### a. Suhu Lingkungan

Hewan-hewan mamalia di daerah kutub berbulu tebal, sedangkan di daerah tropis hewan mamalia berbulu tipis. Dalam hal ini, yang menjadi faktor penyeleksi adalah

suhu lingkungan. Karena hewan mamalia yang berbulu tipis umumnya tidak akan bisa menyesuaikan diri pada lingkungan yang bersuhu sangat rendah, maka hewan tersebut akan tereliminasi dan punah. Contohnya, beruang kutub berbulu tebal untuk membuatnya tetap hangat. Selain bulunya, beruang kutub juga mempunyai lapisan lemak yang digunakan untuk menghangatkan tubuhnya.

b. Makanan

Makanan akan menjadi faktor penyeleksi jika terjadi perebutan makanan (kompetisi). Makhluk hidup yang kuat dan dapat mempertahankan makanannya akan dapat berlangsung hidup, sebaliknya hewan yang lemah dan tidak mampu bersaing dalam perebutan makanan akan tereliminasi dan punah.

c. Cahaya Matahari

Faktor matahari berhubungan dengan penyeleksian tumbuhan tingkat tinggi yang berklorofil. Karena tumbuhan menggunakan cahaya matahari untuk pembentukan makanan.

d. Keterbatasan Habitat

Tempat tinggal atau habitat merupakan hal penting yang menyokong kehidupan makhluk hidup. Habitat bagi makhluk hidup saat ini menjadi sangat terbatas akibat keserakahan manusia. Keterbatasan tempat tinggal atau habitat ini akan menyebabkan beberapa spesies berkurang atau bahkan punah.

## 2. Jenis-jenis Seleksi Alam

Seleksi alam terdiri atas beberapa tipe yaitu:

### a. Seleksi Alam Terarah (*directional selection*)

Seleksi terarah merupakan pergeseran distribusi fenotip yang ekstrim pada populasi dalam kurun waktu tertentu. Jika kondisi lingkungan berubah, terjadi tekanan seleksi terhadap suatu spesies yang menyebabkan spesies tersebut beradaptasi pada kondisi baru. Suatu populasi mungkin dapat berada dalam keadaan dimana individu-individu yang memiliki fenotip tertentu (sangat berbeda) lebih disukai daripada yang lainnya. Hal ini terjadi akibat perubahan pada lingkungan fisiknya. Misalnya pergeseran fenotip ngengat di Inggris menjadi lebih gelap karena efek dari revolusi industri. Contoh lainnya dapat kita lihat pada rekaman fosil beruang hitam di Eropa yang menunjukkan bahwa ukuran beruang hitam di Eropa mengalami penurunan selama periode interglasial dari zaman es, tapi meningkat selama setiap periode glasial.

### b. Seleksi Alam Terganggu (*disruptive selection*)

Seleksi alam disruptif merupakan seleksi alam yang terjadi ketika faktor-faktor lingkungan mengalami beberapa perubahan secara terpisah. Haal ini mungkin terjadi jika fenotip ekstrim lebih menguntungkan, dibandingkan variasi yang kisarannya berada di antaranya. Hal ini dapat menyebabkan munculnya variasi baru.

### c. Seleksi Alam Terstabilisasi (*stabilizing selection*)

Seleksi alam terstabilisasi merupakan seleksi alam terhadap sifat yang ekstrem. Hal ini menyebabkan populasi mengalami seleksi stabil yang menyebabkan penurunan variasi. Dengan kata lain seleksi alam stabilisasi mengurangi kemampuan spesies menghasilkan variasi dalam suatu populasi, sehingga mengurangi pula potensi terjadinya evolusi. Misalnya, fenotip ekor panjang dan ekor pendek yang tidak menguntungkan bagi tikus. Fenotip tersebut mungkin akan berpengaruh pada daya tarik pada lawan jenis, kemudahan gerak, dan pemangsaan.

### 3. Tahapan Terjadinya Seleksi Alam

Seleksi alam terjadi dalam beberapa tahapan.

- a. Mutasi acak menghasilkan alel baru dari suatu gen. Dalam kondisi lingkungan tertentu, alel baru mungkin memberikan keuntungan tertentu artinya organisme lebih beradaptasi untuk bertahan hidup dan bereproduksi.
- b. Organisme akan bertahan hidup dan bereproduksi untuk menghasilkan keturunan, yang akan mewarisi alel yang menguntungkan.
- c. Selama beberapa generasi, alel yang menguntungkan akan meningkat frekuensinya dalam populasi, dan dengan demikian sifat-sifat yang menguntungkan juga akan muncul lebih sering.

## Studi Kasus

### Hasilkan Jagung Istimewa, NTB Meningkatkan Ekspor Jagung.

Jagung merupakan salah satu jenis komoditi utama di Indonesia, kedua terbesar setelah padi. Jagung memiliki manfaat yang sangat luas. Selain digunakan sebagai salah satu sumber karbohidrat pengganti nasi, jagung juga merupakan bahan baku industri pakan ternak. Jagung dapat digunakan sebagai bahan baku industri pakan ternak jika memiliki kadar alfatoksin kurang dari 20 ppb. Saat ini, NTB khususnya Lombok Timur berupaya meningkatkan produksi jagung rendah alfatoksin dengan target ekspor sebesar 200-400 ton per bulan (Sumber: CNBC Indonesia, 2023).

1. Himpunlah informasi mengenai varietas jagung yang dimaksud pada wacana di atas. Analisis dan deskripsikanlah ciri-ciri dan keunggulan jagung tersebut dibandingkan varietas jagung lain pada umumnya.
2. Analisalah apakah keberadaan varietas unggul tersebut dapat mempengaruhi variasi populasi jagung alami? Jelaskan.
3. Analisalah, apakah preferensi masyarakat untuk menanam jagung tipe alfatoksin < 20 ppb, akan mempengaruhi frekuensi genotip jagung tersebut di wilayah NTB?

## Latihan

1. Amatilah satu populasi hewan (lebih baik jika menggunakan hewan peliharaan seperti kucing, ayam, itik, burung, dan lain-lain) di lingkungan sekitar tempat tinggal anda. Identifikasilah karakteristik/ ciri dari hewan tersebut, lalu analisis beberapa kemungkinan variasi populasi yang dapat anda temukan. Uraikan jawaban anda.
2. Menurut anda, mungkinkah prinsip hukum keseimbangan Hardy-Weinberg berlaku secara mutlak dalam kehidupan ril? Jelaskan.
3. Jika frekuensi alel A adalah 0,6 dan frekuensi alel a adalah 0,4, maka hitunglah:
  - a. Frekuensi genotipe AA
  - b. Frekuensi genotipe Aa
  - c. Frekuensi genotipe aa

## **BAB VI**

### **SPEIASI**

Spesiasi merupakan proses pembentukan spesies baru dan berbeda dari spesies sebelumnya, melalui reproduksi natural dalam kerangka evolusi. Spesiasi sangat berkaitan dengan evolusi. Keduanya merupakan proses perubahan yang berangsur-angsur, sedikit demi sedikit, secara gradual, perlahan tetapi pasti terjadi. Spesiasi lebih ditekankan pada perubahan yang terjadi pada populasi jenis tertentu. Kecepatan spesiasi maupun kepunahan sebagian spesies tergantung pada ukuran kisaran geografis dari suatu daerah.

Spesiasi dapat berlangsung cepat, dapat pula berlangsung lama hingga puluhan juta tahun. Setiap populasi terdiri atas kumpulan individu sejenis (satu spesies) dan menempati suatu lokasi yang sama. Karena suatu sebab, populasi dapat terpisah dan masing-masing mengembangkan adaptasinya sesuai dengan lingkungan baru. Dalam jangka waktu yang lama, populasi yang saling terpisah itu masing-masing berkembang menjadi spesies baru sehingga tidak dapat lagi mengadakan perkawinan yang menghasilkan keturunan fertil. Terbentuknya spesies baru (spesiasi) dapat diakibatkan oleh adanya isolasi geografi, isolasi reproduksi, dan perubahan genetika.

## A. Syarat Terjadinya Spesiasi

Spesiasi dapat terjadi jika suatu lingkungan/habitat hewan mengalami perubahan tertentu, diantaranya:

### 1. Adanya Perubahan Lingkungan

Perubahan lingkungan dapat menyebabkan evolusi. Contohnya, bencana alam dapat menyebabkan timbulnya kepunahan massal di muka bumi. Bencana alam seperti glasiasi, vulkanisme, atau akibat pergeseran benua, dan proses-proses lainnya menyebabkan perubahan global yang menyebabkan timbulnya kepunahan massal. Kepunahan massal akan menyebabkan relung-relung kosong, dan butuh waktu yang lama agar relung-relung tersebut terisi. Apabila tidak ada relung yang kosong, maka tidak ada tempat bagi suatu spesies untuk mengalami proses spesiasi.

### 2. Adanya Relung (*Niche*) Yang Kosong

Relung merupakan tempat hidup dan interaksi suatu organisme. Suatu spesies selalu menempati relung tertentu. Suatu relung umumnya hanya dapat ditempati oleh satu jenis spesies saja. Kepunahan massal akan menimbulkan relung-relung kosong yang akan menyebabkan relung-relung baru terisi kembali dalam jangka waktu yang panjang. Apabila relung tersebut kosong (tidak ada organisme yang menempatinya), maka akan ada banyak organisme yang berusaha menempati relung tersebut.

### 3. Adanya Keanekaragaman Suatu Kelompok Organisme

Selalu akan ada sejumlah organisme yang mencoba mengisi relung yang kosong. Keberhasilan suatu organisme mengisi relung ditentukan oleh seberapa besar kecocokan organisme tersebut dibandingkan dengan persyaratan relung yang kosong.

## B. Mekanisme Spesiasi

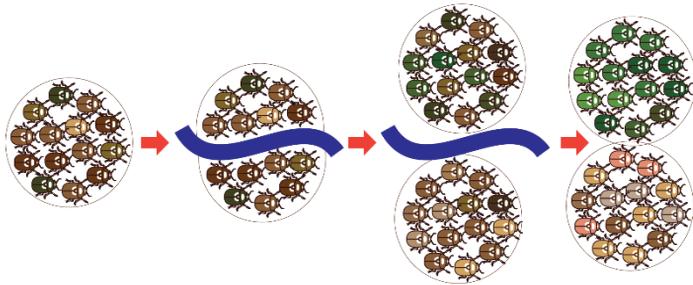
Mekanisme terjadinya spesiasi terbagi menjadi beberapa tipe yaitu:

### 1. Spesiasi Alopatrik

Spesiasi alopatrik juga dikenal sebagai spesiasi geografis, adalah proses pembentukan spesies baru yang terjadi ketika dua populasi yang sama terisolasi satu sama lain secara geografis, sehingga tidak ada pertukaran gen antara keduanya. Misalnya pemecahan populasi akibat perubahan geografis seperti adanya gunung atau perubahan sosial seperti emigrasi. Populasi yang terisolasi kemudian mengalami perbedaan genotip dan fenotip karena adanya tekanan selektif yang berbeda.

Salah satu contoh spesiasi alopatrik dialami oleh tupai *antelope* di Grand Canyon, dimana pada tebing selatan hidup tupai *Antelope harris* (*Ammospermophilus harris*). Beberapa mil dari daerah itu pada sisi tebing utara hidup tupai antelope berekor putih harris (*Ammospermophilus leucurus*), yang berukuran sedikit

lebih kecil dan memiliki ekor yang lebih pendek dengan warna putih di bawah ekornya.



Gambar 5.1 Spesiasi alopatrik.

## 2. Spesiasi Peripatrik

Spesiasi peripatrik terjadi ketika sebagian kecil anggota populasi terisolasi dalam sebuah lingkungan yang lebih kecil dari populasi asalnya. Spesiasi peripatrik dapat mengurangi variasi genetik karena tidak terjadi perkawinan secara acak yang akhirnya dapat mengakibatkan hilangnya variasi genetik. Populasi baru yang terbentuk dapat berubah genotip dan fenotipnya dari populasi asal. Populasi baru yang berpisah dari populasi asal akan tetapi masih berada di area yang sama mengarahkan terbentuknya evolusi. Contoh evolusi beruang kutub dari beruang coklat yang hidup sekitar 20 ribu hingga 50 ribu tahun lalu, merupakan contoh

munculnya spesies baru yang berada di luar persebaran spesies nenek moyang.



Gambar 5.2 Evolusi beruang coklat.

### 3. Spesiasi Parapatik

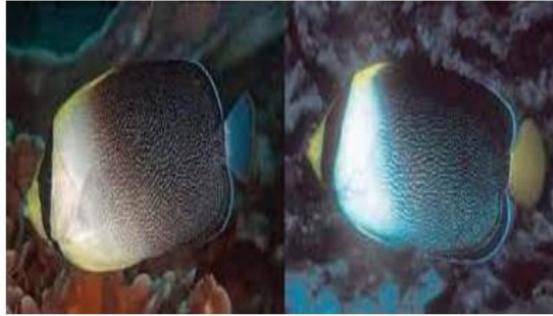
Spesiasi parapatik adalah proses evolusi populasi yang terjadi ketika dua populasi yang berdekatan secara geografis menjadi spesies yang berbeda. Ada beberapa faktor yang mempengaruhi terjadinya spesiasi parapatik yaitu:

- a. *Keterkaitan geografis*. Spesiasi parapatik terjadi ketika dua populasi yang berdekatan secara geografis mengalami perubahan genetik yang cukup signifikan sehingga menjadi spesies yang berbeda. Populasi ini tidak sepenuhnya terisolasi satu sama lain, tetapi ada beberapa kontak antara individu-individu dari kedua populasi.
- b. *Perbedaan habitat*. Spesiasi parapatik sering kali terjadi karena adanya perbedaan habitat yang berdekatan antara kedua populasi. Perbedaan ini dapat mencakup perbedaan kondisi lingkungan, sumber daya makanan,

atau faktor-faktor lain yang mempengaruhi adaptasi individu.

- c. *Fluktuasi genetik*. Selama proses spesiasi parapatik, terjadi fluktuasi genetik di antara kedua populasi. Perubahan genetik ini dapat terjadi melalui mutasi, seleksi alam, atau faktor-faktor lain yang mempengaruhi frekuensi alel dalam populasi.
- d. *Kontinum genetik*. Dalam spesiasi parapatik, terdapat suatu kontinum genetik di antara kedua populasi, di mana individu-individu yang berdekatan secara geografis memiliki tingkat persamaan genetik yang lebih tinggi daripada individu-individu yang berada di ujung populasi

Contohnya, ikan karang yang terbentuk melalui spesiasi parapatrik adalah *Chaetodontoplus poliourus* dan *Chaetodontoplus mesoleucus*. Perbedaan dari kedua spesies tersebut terdapat pada warna ekor. Spesies *C. poliourus* yang terdistribusi di wilayah Timur Samudera Hindia yang tersebar mulai dari Papua Nugini, Palau sampai ke pulau Solomon, sedangkan *C. mesoleucus* terdistribusi pada habitat geografis di wilayah 7 Pasifik (Jepang) dan Indo-Pasifik. Namun spesies *C. poliourus* dan *C. mesoleucus* bertemu dalam satu wilayah (*hybrid zone*) di sekitar Maluku, Halmahera dan Papua.

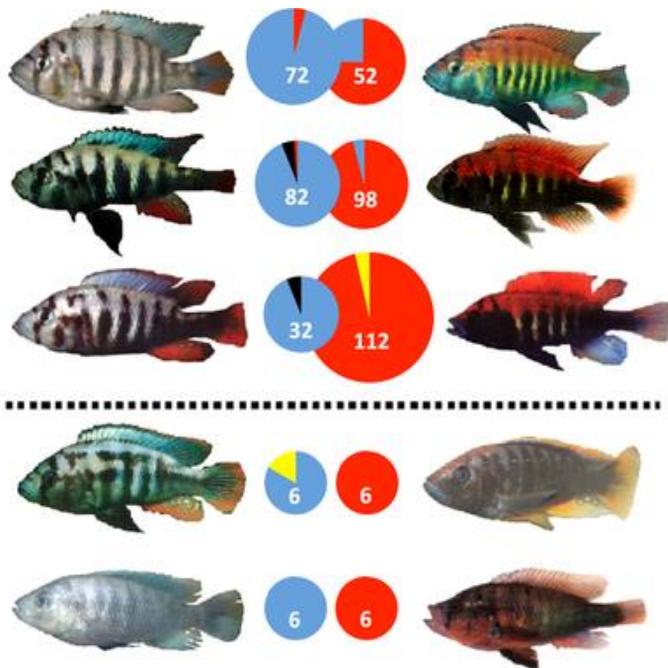


Gambar 5.3 Spesiasi parapatik pada ikan *Chaetodontopus poliourus* dan *Chaetodontopus mesoleucus*.

#### 4. Spesiasi Simpatik

Spesiasi simpatik adalah proses evolusi populasi yang terjadi ketika spesies baru berevolusi dari satu spesies nenek moyang yang tinggal di wilayah yang sama. Spesiasi simpatik terjadi ketika tidak ada isolasi geografis antara dua populasi. Populasi yang sama tinggal di wilayah yang sama. Meskipun tidak ada isolasi geografis, isolasi genetik, tingkah laku, dan ekologi dapat menyebabkan spesiasi simpatik, hal ini dapat terjadi ketika individu-individu dari populasi yang sama memilih pasangan yang memiliki preferensi tertentu, atau ketika mereka memilih lingkungan yang berbeda. Meskipun individu-individu dari kedua populasi masih dapat melakukan perkawinan dan menghasilkan keturunan yang subur, munculnya perbedaan genetik dapat terjadi. Hal ini dapat terjadi melalui mutasi, seleksi alam, dan faktor-faktor lain yang mempengaruhi frekuensi alel dalam populasi.

Contohnya adalah spesies ikan cichlid di Danau Malawi. Di danau ini, terdapat lebih dari 500 spesies ikan Cichlid yang memiliki warna dan bentuk tubuh yang berbeda-beda. Meskipun populasi ikan ini tinggal di wilayah yang sama, mereka telah mengalami spesiasi dan menjadi spesies yang berbeda karena perbedaan dalam warna, bentuk tubuh, dan perilaku.



Gambar 5.4 Spesiasi simpatrik pada ikan *Cichlid*.

Spesiasi simpatrik pada ikan *Cichlid* terjadi melalui seleksi seksual. Ikan *Cichlid* jantan memiliki kecenderungan untuk memilih pasangan yang memiliki warna dan bentuk tubuh yang sama. Hal ini menyebabkan terbentuknya spesies baru yang memiliki warna dan bentuk

tubuh yang berbeda dari spesies asal. Selain seleksi seksual, spesiasi simpatrik pada ikan *Cichlid* juga dapat terjadi melalui diferensiasi habitat. Ikan *Cichlid* dapat hidup di berbagai jenis habitat, seperti air dangkal, air dalam, atau di dekat pantai. Perbedaan habitat ini dapat mempengaruhi interaksi antar individu dan memicu terbentuknya spesies baru.

### Studi Kasus



Gambar 5.5 Monyet ekor panjang (*Macaca fascicularis*).

Monyet ekor panjang (*Macaca fascicularis*) merupakan salah satu spesies hewan khas Lombok. Spesies ini tersebar luas di berbagai wilayah di pulau Lombok, dengan ukuran yang bervariasi. Ukuran spesies monyet ekor panjang di Lombok Timur relatif lebih kecil dibandingkan daerah yang berada di bagian utara pulau Lombok. Hal ini juga berlaku pada ukuran populasinya. Ukuran populasi ini menggambarkan strategi bertahan hidup populasi monyet ekor panjang (Hadi et al., 2019). Selain itu diketahui bahwa kondisi iklim dan geografi di area Lombok

bagian selatan (Lotim) cenderung lebih ekstrim dibandingkan wilayah bagian utara. Hal ini mengakibatkan sebaran sumberdaya yang menjadi pakan bagi monyet ekor panjang menjadi lebih terbatas.

1. Berdasarkan informasi di atas, analisa dan buatlah prediksi, apakah terjadi **spesiasi** pada spesies monyet ekor panjang (*Macaca fascicularis*) di Pulau Lombok?
2. Apakah aktivitas manusia dapat mempengaruhi terjadinya spesiasi pada monyet ekor panjang (*Macaca fascicularis*) di Pulau Lombok?

**Latihan:**

1. Uraikan perbedaan antara spesiasi simpatrik dan alopatrik.
2. Jelaskan peranan spesiasi bagi ekosistem.
3. Jelaskan contoh perbedaan antara spesiasi peripatrik dan parapatrik.

## **BAB VII**

### **EKOLOGI POPULASI**

Ekologi populasi adalah sub-bidang ilmu ekologi yang mempelajari tentang interaksi antara suatu populasi dengan lingkungan habitatnya. Populasi adalah sekelompok individu sejenis yang menempati ruang dan waktu tertentu. Beberapa ciri populasi dalam ekologi populasi ialah densitas, distribusi, kepadatan, laju pertumbuhan, natalitas, mortalitas, penyebaran umur, potensi biotik, dispersi, dan bentuk serta perkembangan, yang mencerminkan adanya dinamika populasi (Wirakusumah, 2003).

#### **A. Densitas**

Densitas populasi adalah jumlah individu dalam populasi per satuan luas atau volume habitat. Densitas populasi dapat berubah seiring waktu karena penambahan atau pengurangan jumlah individu dalam populasi. Densitas atau kepadatan populasi dibagi menjadi dua tipe utama yaitu *independent density* dan *dependent density*.

##### *1. Density Independent*

Dikatakan *density independent* jika pengaruhnya atau efeknya tidak tergantung kepada besarnya populasi. Contohnya faktor iklim, suhu, cuaca, cahaya, dan sebagainya. Organisme memiliki rentang suhu baik minimum, maksimum, dan optimum. Rentang minimum ialah nilai terendah suatu organisme dapat hidup, di bawah nilai tersebut organisme akan mati. Rentang maksimum ialah nilai tertinggi suatu faktor

pembatas, di atas nilai tersebut, organisme akan mati. Rentang optimum ialah rentang suatu nilai faktor pembatas dimana organisme dapat hidup secara optimal, dengan kata lain semua proses fisiologi tubuhnya berjalan secara optimal sehingga organisme dapat tumbuh dan berkembang secara optimal.

Contohnya spesies A memiliki rentang hidup pada suhu 10-25 °C. Suhu 10 °C merupakan suhu minimum atau terendah spesies B dapat hidup. Suhu 25 °C merupakan suhu maksimum atau tertinggi spesies B masih dapat hidup. Suhu optimal berada pada kisaran antara rentang 10-25 °C, misalnya pada rentang suhu 17-20 °C.

## 2. *Density Dependent*

*Density dependent* atau bergantung kepadatan yaitu faktor ekologi yang pengaruh/efeknya terhadap populasi merupakan fungsi dari kepadatan/densitas populasi. Faktor yang mempengaruhi *density dependent* ialah faktor-faktor biotik, misalnya kompetisi, parasitisme, patogen, natalitas, mortalitas, dan sebagainya.

## **B. Distribusi**

Distribusi populasi adalah pola penyebaran individu dalam populasi, dapat berupa pola penyebaran acak, seragam, atau berkelompok. Distribusi populasi ekologi adalah area geografis di mana suatu spesies ditemukan dan terdapat dalam jumlah tertentu. Faktor-faktor pembatas distribusi populasi ekologi dapat

dikelompokkan menjadi dua kelompok yaitu faktor biotik dan faktor abiotik.

### 1. Faktor Biotik

Faktor biotik terdiri dari organisme lain yang hidup di lingkungan yang sama. Beberapa contoh faktor biotik adalah kompetisi, predasi, parasitisme, dan hubungan simbiosis. Kompetisi terjadi ketika spesies yang berbeda bersaing untuk sumber daya yang sama, seperti makanan, air, dan tempat tinggal. Predasi terjadi ketika satu spesies memakan spesies lain. Parasitisme terjadi ketika satu spesies memanfaatkan spesies lain untuk bertahan hidup. Hubungan simbiosis terjadi ketika dua spesies berinteraksi secara saling menguntungkan.

### 2. Faktor Abiotik

Faktor abiotik terdiri dari faktor-faktor fisik dan kimia dalam lingkungan yang mempengaruhi distribusi populasi suatu spesies. Beberapa contoh faktor abiotik adalah suhu, kelembaban, curah hujan, cahaya, dan kondisi tanah. Spesies memiliki rentang toleransi terhadap faktor abiotik tertentu, sehingga mereka hanya dapat hidup di lingkungan yang memenuhi kondisi yang diperlukan. Faktor abiotik yang tidak memenuhi kondisi yang dibutuhkan oleh suatu spesies dapat menjadi faktor pembatas yang signifikan dalam distribusi populasi.

### 3. Interaksi Antar Faktor Pembatas

Faktor pembatas dalam distribusi populasi biasanya tidak bekerja secara terpisah. Beberapa faktor saling berinteraksi

untuk mempengaruhi keberhasilan suatu spesies dalam lingkungan tertentu. Misalnya, suhu yang terlalu tinggi dapat membatasi distribusi spesies tertentu di daerah tropis, sedangkan spesies yang memiliki toleransi yang sama dengan suhu yang tinggi mungkin mampu menyebar lebih luas. Faktor-faktor biotik juga dapat memperkuat atau melemahkan dampak faktor abiotik pada distribusi populasi.

Pola distribusi populasi dapat terdiri dari tiga pola yaitu acak, merata, dan berkelompok.

1. Acak (*random dispersion*)

Pola acak terjadi ketika individu dalam populasi terdistribusi secara acak di seluruh area. Hal ini terjadi ketika sumber daya yang dibutuhkan untuk hidup (seperti makanan atau air) terdistribusi secara acak di seluruh area, menyebabkan densitas untuk setiap bagian habitat sangat berbeda. Pola seperti ini biasanya terjadi pada hewan-hewan yang sangat jarang berinteraksi satu sama lain.

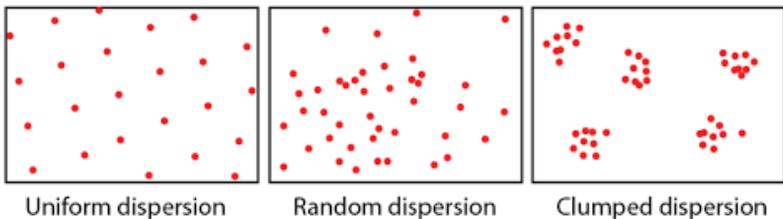
2. Merata (*uniform dispersion*)

Pola merata terjadi ketika individu dalam populasi terdistribusi secara merata atau teratur di seluruh area. Pola distribusi merata dapat terjadi ketika individu dalam populasi cenderung menghindari persaingan atau interaksi negatif dengan individu lain dalam populasi. Jadi densitas untuk setiap bagian pada suatu habitat sama atau hampir sama. Pola seperti ini biasanya terjadi pada hewan-hewan yang hidup pada

lingkungan dengan sumber daya yang sangat langka, misalnya air di gurun.

### 3. Mengelompok (*clumped dispersion*)

Pola berkelompok terjadi ketika individu dalam populasi cenderung berkumpul atau terkonsentrasi di area tertentu. Pola distribusi berkelompok dapat terjadi ketika individu dalam populasi cenderung mencari sumber daya yang sama dan memanfaatkan lokasi yang sama untuk berkembang biak atau hidup.



## C. Laju Pertumbuhan

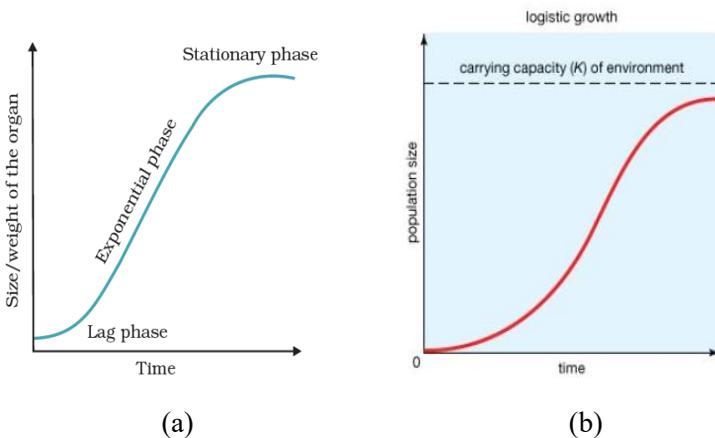
Laju pertumbuhan populasi adalah perubahan jumlah individu dalam populasi per satuan waktu. Laju pertumbuhan populasi dapat dipengaruhi oleh angka kelahiran, angka kematian, angka imigrasi, dan angka emigrasi. Kurva pertumbuhan populasi ekologi hewan adalah grafik yang menunjukkan bagaimana ukuran populasi suatu spesies hewan dapat berkembang seiring waktu. Kurva ini menggambarkan jumlah individu dalam populasi terhadap waktu, dan dapat membantu kita memahami bagaimana faktor-faktor seperti kelimpahan sumber daya, kepadatan populasi,

dan interaksi antar spesies dapat mempengaruhi pertumbuhan populasi.

Terdapat dua jenis kurva pertumbuhan populasi yang umum digunakan dalam ekologi.

1. Kurva pertumbuhan bentuk S atau sigmoid.

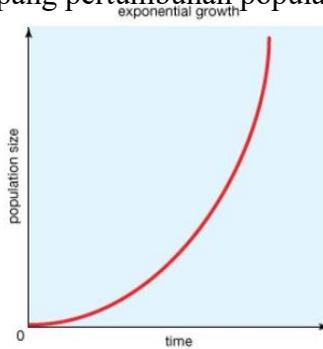
Kurva sigmoid menunjukkan pertumbuhan populasi yang stabil dan terbatas. Pertumbuhan populasi akan cepat pada awalnya karena banyaknya sumber daya yang tersedia dan sedikitnya individu dalam populasi yang saling bersaing. Namun, seiring waktu, sumber daya akan semakin berkurang dan individu dalam populasi akan saling bersaing, menyebabkan pertumbuhan populasi melambat dan mencapai titik jenuh. Titik jenuh adalah titik di mana ukuran populasi mencapai batas maksimum yang dapat ditopang oleh lingkungan.



Gambar 6.2 (a) Fase-fase dalam kurva pertumbuhan sigmoid; (b) Kurva pertumbuhan sigmoid dimana pertumbuhan populasi dibatasi oleh ketersediaan sumber daya.

## 2. Kurva pertumbuhan bentuk J atau eksponensial

Kurva eksponensial menunjukkan pertumbuhan populasi yang tidak terbatas dan terus meningkat secara eksponensial. Pertumbuhan populasi akan terus meningkat pada tingkat yang sama, meskipun jumlah individu dalam populasi semakin banyak. Kurva ini terjadi ketika sumber daya melimpah dan tidak terdapat batasan dalam pertumbuhan populasi. Namun, kurva ini biasanya tidak berlangsung lama karena lingkungan tidak dapat menopang pertumbuhan populasi tanpa batas.



Gambar 6.3 Kurva pertumbuhan eksponensial.

Perubahan dalam pertumbuhan populasi dapat terjadi karena faktor-faktor seperti kelimpahan sumber daya, kepadatan populasi, dan interaksi antar spesies. Sebagai contoh, jika kelimpahan sumber daya turun, maka kurva pertumbuhan populasi akan bergeser ke arah kurva sigmoid dan mencapai titik jenuh yang lebih cepat. Jika kepadatan populasi meningkat, maka individu dalam populasi akan saling bersaing dan kurva pertumbuhan populasi akan melambat.

Pola pertumbuhan populasi dapat berbentuk J atau S atau gabungan dari keduanya sesuai dengan kekhususan

pertumbuhan populasi organisme dan lingkungannya. Pada pola pertumbuhan bentuk J kepadatan naik dengan cepat secara eksponensial kemudian berhenti mendadak karena 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 (*logarithmic phase*) kemudian lambat kembali setelah hambatan lingkungan mulai bekerja (*negative acceleration phase*) dan akhirnya hampir seimbang.

### 3. Menghitung pertumbuhan eksponensial suatu populasi

Cara menghitung pertumbuhan eksponensial dapat dilakukan dengan menggunakan rumus matematika. Berikut rumus pertumbuhan eksponensial:

$$P_t = P_0 \times e^{rt}$$

Keterangan:

$P_t$  : jumlah kuantitas pada waktu  $t$ .

$P_0$  : jumlah kuantitas awal pada waktu 0.

$r$  : laju pertumbuhan eksponensial.

$t$  : waktu yang diukur.

Contoh penghitungan pertumbuhan eksponensial.

Misalnya, sebuah populasi kelinci memiliki jumlah awal sebanyak 100 ekor kelinci pada tahun 2020, dan laju pertumbuhan populasi adalah 0,05 per tahun. Berapakah jumlah populasi kelinci pada tahun 2025?

Dengan menggunakan rumus pertumbuhan eksponensial, kita dapat menghitung:

$$P_t = P_0 \times e^{rt}$$

$$P_t = 100 \times e^{0,05 \times 5}$$

$$P_t = 100 \times e^{0,25}$$

$$P_t = 100 \times 1,28$$

$$P_t = 128$$

Jadi, perkiraan jumlah populasi kelinci pada tahun 2025 adalah sekitar 128 ekor.

Penting untuk diingat bahwa rumus pertumbuhan eksponensial dapat disesuaikan dengan variabel yang relevan dengan situasi yang sedang dihitung. Misalnya, dalam konteks pertumbuhan penduduk, variabel yang digunakan dapat berbeda, seperti jumlah penduduk awal, laju pertumbuhan, dan waktu yang diukur.

#### **D. Pola dan Mekanisme Migrasi**

Migrasi adalah perpindahan hewan dari suatu tempat ke tempat lain dengan tujuan tertentu, seperti mencari makanan, mencari pasangan, dan/atau melahirkan anak. Pola migrasi dapat berbeda-beda antara spesies dan dipengaruhi oleh beberapa faktor, seperti perubahan musim, kekurangan sumber daya, atau faktor lingkungan lainnya. Pola migrasi juga dapat bervariasi antara spesies yang sama, tergantung pada lokasi geografis dan keadaan lingkungan. Sebagai contoh, populasi burung camar di Pantai Timur Amerika Serikat dapat dibagi menjadi dua kelompok berdasarkan pola migrasinya, yaitu populasi yang melakukan

migrasi ke utara sepanjang pantai Atlantik dan populasi yang melakukan migrasi ke barat sepanjang Great Lakes.

Migrasi juga dipengaruhi oleh mekanisme yang memungkinkan hewan untuk menavigasi lingkungan yang asing dan menemukan jalan kembali ke tempat asal mereka. Hewan dapat menggunakan bantuan dari faktor lingkungan seperti magnet bumi, gerakan matahari, dan kondisi cuaca untuk menentukan arah migrasi mereka. Selain itu, beberapa spesies dapat menggunakan penginderaan untuk menavigasi seperti burung yang menggunakan pandangan dan indra penciuman untuk menemukan tempat tujuan mereka.

Meskipun migrasi dapat membantu hewan untuk bertahan hidup dan berkembang biak, pola migrasi dan perpindahan populasi dapat terganggu oleh perubahan lingkungan yang dipicu oleh aktivitas manusia seperti perusakan habitat, perubahan iklim, dan fragmentasi habitat. Perubahan lingkungan dapat menghalangi jalur migrasi dan mempengaruhi ketersediaan sumber daya yang penting bagi spesies yang bermigrasi, yang dapat berdampak pada kesehatan populasi dan keberlangsungan hidup spesies tersebut. Dalam rangka untuk melindungi spesies yang bermigrasi, penting untuk memahami pola dan mekanisme migrasi mereka dan mempertimbangkan dampak perubahan lingkungan terhadap jalur migrasi mereka.

Pola migrasi hewan terdiri dari 4 pola (Susanto, 2000) yaitu:

### 1. Migrasi Harian

Migrasi harian disebut juga pergerakan harian, karena hewan tertentu melakukan migrasi hanya dalam jangka waktu satu hari atau kurang, untuk pergi dan kembali untuk memenuhi kebutuhan hidupnya. Hampir semua makhluk hidup mempunyai tempat- tempat tertentu untuk tidur, berlindung, mencari makanan dan air, dan tempat berkembang biak. Contohnya kelompok ikan salmon melakukan pergerakan harian yang disebut sebagai *migrasi vertikal*. Selama siang hari mereka tinggal di perairan dalam yang bersuhu lebih dingin (5-10 °C) daripada suhu permukaan air. Pada sore hari, mereka bergerak menuju permukaan air untuk mencari makanan sembari mencari suhu yang cocok (15 °C). Jenis ikan salmon termasuk golongan ektotermal, yaitu organisme yang laju pertumbuhannya sangat tergantung pada keadaan suhu lingkungan.



Gambar 6.4 Migrasi harian salmon.

## 2. Migrasi Musiman

Migrasi musiman disebut juga migrasi annual. Dalam hal ini waktu yang diperlukan hewan untuk pergi dan kembali, atau untuk menetap (sementara atau seterusnya) kurang lebih satu musim, sehingga dalam tahun yang sama hewan berada di dua tempat yang berbeda. Migrasi musiman adalah kegiatan migrasi yang disebabkan oleh perubahan iklim. Migrasi musiman dapat dijumpai pada banyak hewan yang kondisi lingkungan habitatnya berubah secara musiman.



Gambar 6.5 Migrasi musiman rusa Afrika di Taman Nasional Maasai Mara.

Hewan-hewan pemakan rumput yang hidup di daerah dingin dan daerah beriklim selalu melakukan migrasi naik ke lereng gunung atau turun ke lembah secara musiman. Perpindahan ke tempat yang lebih tinggi atau lebih rendah disebut migrasi altitudinal. Misalnya rusa Afrika bergerak naik gunung pada musim panas dan turun gunung pada musim dingin.

### 3. Migrasi Lokal

Migrasi lokal tidak melibatkan perubahan ketinggian tempat dan tidak sampai melintasi garis lintang. Jarak yang ditempuh amat terbatas. Migrasi ini banyak dijumpai di daerah padang rumput daerah tropis yang musim penghujan dan kemaraunya berpengaruh terhadap persediaan air.



Gambar 6.7 Migrasi lokal gajah untuk mencari air minum.

### 4. Migrasi perubahan bentuk.

Untuk serangga yang mempunyai beberapa tingkat kehidupan (telur-larva-stadium dewasa), terjadinya perpindahan lokasi relung adalah untuk menyesuaikan dengan keadaan bentuk tingkat kehidupannya. Perpindahan organisme semacam ini dapat dianggap sebagai kegiatan migrasi. Misalnya ada beberapa jenis serangga yaitu nyamuk yang larvanya hidup di air, setelah dewasa akan terbang sebentar ke udara dan meletakkan kembali telurnya di air.



Gambar 6.8 Migrasi perubahan bentuk pada nyamuk.

### Studi Kasus

Pulau Lombok merupakan salah satu habitat yang baik bagi burung walet (*Collocalia vestita*). Salah satu daerah yang memiliki populasi burung walet yang cukup besar ialah Kota Tua Ampenan. Beberapa bangunan tua di Kota Tua Ampenan dimanfaatkan sebagai habitat bagi burung walet yang ditenakkan, untuk diambil sarangnya. Sarang burung walet terkenal memiliki nilai ekonomi yang sangat tinggi dan berkhasiat bagi kesehatan seperti menurunkan risiko kanker, meningkatkan sistem kekebalan tubuh, meningkatkan kesehatan tulang, dan lain-lain.



Gambar 6.9 Burung walet.

Saat senja atau sore hari, kita sering melihat burung walet yang bergerak (terbang) secara berkelompok.

1. Apakah fenomena tersebut merupakan bagian dari migrasi?
2. Analisalah dan jelaskan faktor-faktor apa saja yang menyebabkan fenomena tersebut terjadi?
3. Bagaimana mekanismenya?

### **Latihan**

1. Mengapa hewan perlu melakukan migrasi?
2. Apakah waktu terjadinya migrasi selalu tepat, dari waktu ke waktu? Jelaskan.
3. Bagaimanakah pertumbuhan populasi hewan yang ideal menurut anda? Jelaskan alasannya.



## **BAB VIII**

### **KONSEP KOMUNITAS DAN EKOSISTEM**

Komunitas hewan adalah kumpulan individu-individu hewan yang berbeda spesies, hidup berdampingan dan berinteraksi satu sama lain dalam suatu lingkungan atau habitat tertentu. Namun komunitas hewan tentu tidak dapat hidup tanpa keberadaan tumbuhan dan lingkungan sekitarnya. Dalam pembahasan mengenai komunitas hewan akan dibahas pula mengenai interaksi antar spesies yakni hidup bersama beberapa populasi hewan dalam suatu habitat dengan lingkungannya. Individu-individu dari spesies yang berbeda dalam komunitas ini saling berinteraksi, baik secara positif (mutualisme) maupun negatif (kompetisi, predasi).

Selain itu terdapat struktur komunitas hewan. Struktur komunitas hewan mencakup komposisi spesies, kepadatan populasi, dan distribusi individu dalam komunitas. Struktur ini dapat dipengaruhi oleh faktor-faktor seperti interaksi antar spesies, ketersediaan sumber daya, dan faktor lingkungan lainnya. Setiap spesies dalam komunitas memiliki peran ekologis yang berbeda, seperti produsen, konsumen, atau dekomposer. Peran ini penting dalam menjaga keseimbangan ekosistem dan siklus materi.

#### **A. Habitat dan Mikrohabitat**

Menurut Clements dan Shelford (1939), habitat adalah lingkungan fisik yang ada disekitar suatu spesies, atau populasi spesies, atau kelompok spesies, atau komunitas. Dalam ilmu ekologi, bila pada suatu tempat yang sama hidup berbagai kelompok spesies (mereka berbagi habitat yang sama) maka

habitat tersebut disebut sebagai biotop. Secara garis besar ada empat kelompok besar habitat yaitu perairan air tawar, perairan air laut, perairan payau/estuaria, dan daratan.

Habitat merupakan lingkungan yang khas dan mantap bagi jenis organisme yang menempati, dimana faktor-faktor lingkungan (suhu, kelembaban, tekanan udara, struktur tanah dan lain lain) serta sumber daya (cahaya, makanan, tempat pembuatan sarang dan lain lain) berada dalam keadaan yang menunjang kehidupan organisme tertentu. Di dalam habitat yang stabil ukuran populasi dapat mencapai tingkat yang tertinggi. Kondisi lingkungan dikatakan mantap karena perubahan kondisi-kondisi lingkungan di dalam habitat sangat kecil dan berada dalam batas toleransi jenis organisme.

Habitat di alam umumnya bersifat heterogen, bahkan berbeda vegetasinya. Populasi-populasi hewan yang mendiami habitat akan terkonsentrasi di tempat dengan kondisi yang paling cocok dan memenuhi persyaratan hidupnya masing-masing. Bagian dari habitat yang merupakan lingkungan yang kondisinya paling cocok dan paling akrab berhubungan dengan hewan dinamakan *mikrohabitat*. Mikrohabitat biasanya menunjukkan kondisi habitat yang sesuai, yang merupakan faktor penting pada level 2-4 dalam hierarki Johnson.

Hierarki Johnson adalah sebuah konsep yang digunakan untuk menggambarkan tingkat organisasi dalam ekologi. Konsep ini dibuat oleh Robert Lloyd Johnson pada tahun 1970-an. Tingkatan tersebut terdiri dari:

- Level 1: Biosfer yaitu seluruh makhluk hidup di bumi dan lingkungan fisiknya.
- Level 2: Bioma kumpulan ekosistem yang serupa, seperti hutan hujan tropis dan padang rumput.
- Level 3: yaitu interaksi antara makhluk hidup dan lingkungan fisiknya, seperti hutan dan sungai.
- Level 4: Komunitas semua makhluk hidup yang hidup bersama dalam suatu ekosistem.
- Level 5: Populasi yaitu semua individu dari suatu spesies yang hidup dalam suatu ekosistem.
- Level 6: Individu yaitu satu makhluk hidup tunggal.

Berbagai spesies hewan yang berkonsentrasi dalam habitat yang sama (berkohabitasi) akan menempati mikrohabitatnya masing-masing. Batas antara mikrohabitat yang satu dengan yang lainnya umumnya tidak nyata/jelas. Namun demikian mikrohabitat memegang peranan penting dalam menentukan keanekaragaman spesies yang menempati habitat itu (Susanto, 2000).

Contohnya pada suatu sungai ada beberapa populasi hewan air yang lebih menyukai tinggal atau bermikrohabitat di daerah yang berarus deras dan berbatu, dan ada beberapa populasi yang lebih menyukai tinggal di arus tenang dan dalam. Mikrohabitat utama ini dapat dipilah-pilah lagi seperti bagian permukaan batu, di sel-sela batu, di bawah lapisan serasah dan sebagainya. Pemilihan atas dasar mikrohabitat-mikrohabitat yang berbeda itu terkait dengan masalah perbedaan status fungsional atau relung

ekologi dari berbagai spesies hewan yang manempati habitat perairan tersebut.



(a)



(b)

Gambar 7.1 (a) Makrohabitat padang rumput, (b) Mikrohabitat semut.

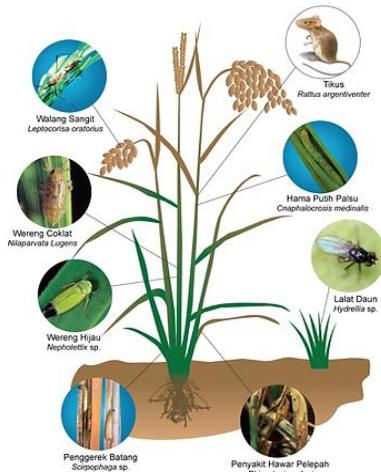
## B. *Niche* (Relung)

Relung ekologi adalah konsep yang menggambarkan peran fungsional dan posisi suatu organisme dalam suatu komunitas atau ekosistem tertentu. Relung ekologi mencakup semua penggunaan sumber daya biotik dan abiotik oleh organisme di lingkungannya. Relung ekologi suatu organisme meliputi tempat organisme hidup (habitat), cara organisme hidup (adaptasi), dan peranannya dalam komunitas. Dimensi relung adalah toleransi terhadap kondisi-kondisi yang bervariasi, seperti kelembapan, pH, temperatur, kecepatan angin, aliran air, dan sebagainya. Di alam, dimensi relung suatu spesies bersifat multidimensi.

Relung ekologi suatu organisme juga mencakup interaksi dengan organisme lain dalam komunitas. Interaksi ini dapat berupa kompetisi, predasi, atau simbiosis. Relung ekologi suatu organisme juga mencakup peran ekologisnya dalam ekosistem. Peran ini dapat berupa produsen, konsumen, atau dekomposer.

Contohnya relung burung hantu yang memakan tikus di hutan. Relung burung hantu mencakup tempat hidupnya di pohon, cara hidupnya di malam hari, dan perannya sebagai predator dalam jaring-jaring makanan. Melalui konsep relung ekologi, kita dapat memahami bagaimana organisme hidup berinteraksi dengan lingkungan dan organisme lain dalam suatu komunitas. Konsep ini juga penting dalam menjaga keseimbangan ekosistem dan keberlanjutan kehidupan di bumi.

Suatu relung ekologi tidak dapat ditempati secara simultan dan sempurna oleh populasi stabil lebih dari satu spesies. Pernyataan ini dikenal sebagai *Asas Eksklusi Persaingan* atau aturan Gause. Menurut asas koeksistensi, beberapa spesies yang dapat hidup langgeng dalam habitat yang sama ialah spesies-spesies yang relung ekologinya berbeda-beda. Dengan demikian terjadilah pemisahan relung dari beberapa spesies yang berbeda agar dapat berkoeksistensi dalam habitat yang sama.



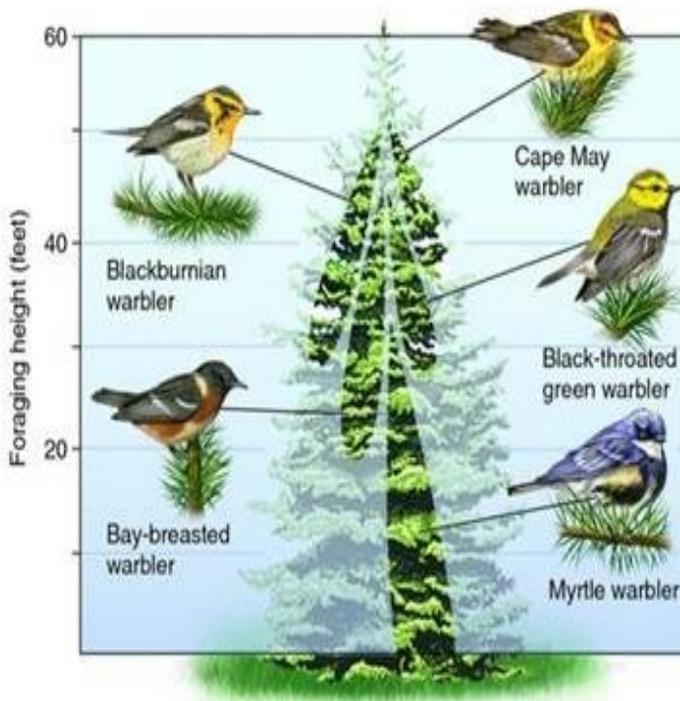
Gambar 7.2 Distribusi relung pada tanaman padi (*Oryza sativa*).

Contoh kasusnya ialah serumpun padi yang dapat menjadi sumberdaya berbagai jenis spesies hewan. Orong-orong (*Gryllotalpa africana*) memakan akarnya, walang sangit (*Leptocorisa acuta*) memakan buahnya, ulat tentara kelabu (*Spodoptera maurita*) yang memakan daunnya, ulat penggerek batang (*Chilo suppressalis*) yang menyerang batangnya, hama ganjur (*Pachydiplosis oryzae*) menyerang pucuknya, wereng coklat (*Nilaparvata lugens*) dan wereng hijau (*Nephotettix apicalis*) yang menghisap cairan batangnya (Sayuthi et al., 2020). Tiap jenis hama tersebut masing-masing telah teradaptasi khusus untuk memanfaatkan tanaman padi sebagai sumberdaya makanan pada bagian-bagian yang berbeda-beda.

Menguatkan asas eksklusif persaingan, menurut konsep relung ekologi Hutchinson, adanya tumpang tindih dalam satu atau beberapa dimensi relung (sumber daya) di antara dua spesies yang berkoeksistensi dalam habitat yang sama akan menimbulkan interaksi persaingan yang sangat tinggi. Tidak ada dua spesies yang bentuk adaptasinya (fisiologi, struktural, dan perilaku) yang identik satu dengan lainnya, dapat menempati relung yang sama. Spesies yang memperlihatkan adaptasi yang lebih baik dan agresif akan mampu memanfaatkan sumber daya secara optimal dan mampu bertahan hidup. Sedangkan spesies yang kalah bersaing akan mencari tempat lain yang menyediakan sumber daya yang dibutuhkannya atau mengalami kepunahan.

Terdapat dua respon organisme dalam menghadapi persaingan interspesifik ini yaitu:

1. Eksklusi persaingan (*competitive exclusion*), dimana satu spesies akan memanfaatkan sumber daya dengan lebih efektif sehingga spesies lain akan punah.
2. Pemisahan sumber daya (*resource partitioning*), dimana setiap spesies akan hidup dalam habitat yang sama tetapi terjadi pembagian sumber daya (pemisahan relung/*niche separation*).



Gambar 7.3 Pemisahan relung burung Warbler.

Contoh lain dari pemisahan relung ekologi ialah pada burung Warbler yang berasal dari Amerika Utara. 5 jenis burung Warbler menempati habitat yang sama (cemara/pinus), namun setiap jenis burung ini menempati posisi dan relung yang berbeda.

### C. Interaksi Spesies

Setiap organisme termasuk satwa liar tidak hidup sendiri-sendiri, melainkan hidup dalam suatu ekosistem dan saling berinteraksi satu dengan lainnya, baik interaksi antar individu dalam suatu spesies yang disebut *interaksi intraspesifik*, maupun interaksi antar individu yang berbeda spesies atau *interaksi interspesifik* (Tilman et al. 1997). Ada tiga bentuk interaksi spesies hewan yaitu (1) *interaksi positif* yang memiliki kemungkinan memberikan dampak positif atau saling menguntungkan, (2) *interaksi negatif* yang memberikan dampak negatif atau ada yang dirugikan, dan (3) *interaksi nol atau netral*, dimana interaksi tersebut tidak memberikan dampak apapun diantara individu-individu yang berinteraksi (Odum, 1971).

Interaksi spesies adalah hal penting dalam ekologi suatu spesies. Dalam suatu komunitas, terdapat sejumlah faktor biotik maupun abiotik yang mempengaruhi distribusi, kelimpahan, dan interaksi spesies. Adanya interaksi antar spesies akan menghasilkan suatu asosiasi antarspesifik yang polanya sangat ditentukan oleh apakah dua spesies memilih atau menghindari habitat yang sama, mempunyai daya penolakan atau daya tarik, atau bahkan tidak berinteraksi. Asosiasi ini bisa positif, negatif atau tidak ada asosiasi.

#### 1. Interaksi Secara Langsung dan Tidak Langsung

Ada beberapa interaksi yang bersifat langsung misalnya harimau memakan rusa, atau hama memakan padi. Tetapi lebih banyak interaksi yang bersifat tidak langsung, dan karena itu

menjadi kurang jelas. Misalnya, interaksi antara harimau dengan tumbuhan yang dimakan rusa, sebab tanpa keberadaan tumbuhan tersebut, populasi rusa akan berkurang. Dengan demikian, harimau secara tidak langsung bergantung pada kualitas dan kuantitas tumbuhan meskipun tidak memakan tumbuhan tersebut.

Konsekuensi dari interaksi langsung dan tidak langsung antar spesies adalah perubahan pada satu spesies akan mempengaruhi spesies lain dan bagian lain dari sistem bumi. Interaksi langsung adalah yang paling jelas, misalnya jerapah memakan daun pohon. Interaksi ini berdampak positif pada jerapah karena jerapah memperoleh nutrisi dari pohon, dan berdampak negatif pada pohon karena pohon kehilangan daun yang diperlukan untuk berfotosintesis untuk menghasilkan energi. Namun, jerapah juga memiliki efek positif langsung pada pohon dengan meninggalkan kotorannya di tanah yang menambah nutrisi tanah, dan meningkatkan kualitas tanah. Dengan demikian jerapah dapat membantu pertumbuhan pohon dan tanaman lainnya. Tumbuhan- tumbuhan ini nantinya akan menyediakan makanan bagi berbagai herbivora, termasuk jerapah. Oleh karena itu jerapah secara tidak langsung membantu kelangsungan hidup spesies herbivora lainnya. Tumbuhan juga menyediakan tempat berlindung dan bersarang bagi hewan yang lebih kecil, termasuk burung dan serangga, sehingga interaksi spesies tidak langsung meluas hingga mencakup lebih banyak spesies.



Gambar 7.4 Interaksi langsung (predasi) antara singa dan zebra.

## 2. Kompetisi atau Persaingan

Kompetisi adalah hubungan antara individu atau spesies yang memperebutkan sumber daya yang terbatas, seperti makanan, air, pasangan, tempat tinggal, dan sebagainya. Kompetisi dibagi menjadi dua yaitu:

### a. Kompetisi Interpesifik

Kompetisi atau persaingan interspesifik merupakan persaingan antara spesies yang berbeda, yang disebabkan oleh terbatasnya ketersediaan sumberdaya. Persaingan interspesies merupakan suatu proses interaksi penting dalam menentukan penyebaran dan kelimpahan. Apabila tanpa kehadiran sesuatu spesies tertentu, daerah penyebaran suatu spesies lebih luas, maka hal demikian seringkali merupakan indikasi bahwa kedua spesies itu bersaing. Persaingan interspesies dapat menyebabkan terjadinya kepunahan lokal dari spesies yang kalah dalam persaingan.

## b. Kompetisi Intraspesifik

Kompetisi intraspesifik adalah kompetisi yang terjadi antara individu-individu dari spesies yang sama. Dalam kompetisi ini, individu-individu bersaing untuk sumber daya yang terbatas seperti makanan, tempat tinggal, dan pasangan. Kompetisi intraspesifik dapat mempengaruhi distribusi populasi dan tingkat keberhasilan reproduksi. Hal ini dapat memainkan peran penting dalam evolusi dan adaptasi spesies. Efek persaingan intraspesies terhadap individu cenderung membesar seiring dengan tingginya jumlah individu yang bersaing. Oleh karena itu efek persaingan intraspesies disebut bergantung kerapatan (density dependent).



Gambar 7.5 Kompetisi intraspesifik pada spesies *Eudorcas thomsonii*.



Gambar 7.6 Kompetisi interspesifik pada spesies pada *sloth bear* dan harimau.

### 3. Kompetisi Antara Spesies Asli (*native spesies*) dan Spesies Pendatang (*invasive spesies*)

Spesies asli (*native spesies*) atau disebut juga indigenous adalah spesies-spesies yang menjadi penghuni suatu wilayah atau ekosistem secara alami tanpa campur tangan manusia. Sedangkan spesies pendatang (*invasive spesies*) adalah spesies pendatang di suatu wilayah yang hidup dan berkembang biak di wilayah tersebut dan menjadi ancaman bagi biodiversitas, sosial ekonomi, maupun kesehatan pada tingkat ekosistem, individu, maupun genetik.

***Invasive spesies*** adalah organisme yang diperkenalkan ke lingkungan baru dimana mereka tidak berasal. Mereka dapat merusak sumber daya alam dan lingkungan, serta mengancam keberlangsungan hidup spesies asli. *Invasive spesies* dapat masuk ke lingkungan baru melalui berbagai cara, seperti melalui air *ballast* kapal, pelepasan sengaja atau tidak sengaja dari spesies akuakultur, spesimen akuarium atau umpan, dan lainnya.

*Invasive spesies* (spesies invasif) dapat merusak lingkungan dengan berbagai cara, seperti mengambil sumber daya dari spesies asli, bersaing dengan spesies asli untuk sumber daya yang terbatas, dan mengubah habitat. Spesies invasif mungkin mampu mengandalkan sumber daya yang sebelumnya tidak mampu dijangkau spesies asli, misalnya air tanah yang dalam yang mampu dijangkau akar spesies invasif

yang panjang, atau kemampuan untuk hidup di tanah yang sebelumnya tidak dapat dijadikan habitat.

Dampaknya dapat berdampak pada keseimbangan ekosistem, mengancam keberlangsungan hidup spesies asli, dan menyebabkan kerugian ekonomi. Contoh spesies invasif antara lain ikan lele, rumput laut hijau, dan kumbang Jepang. Ikan lele diperkenalkan ke perairan Amerika Utara dan sekarang menjadi spesies invasif yang merusak ekosistem air tawar. Rumput laut hijau diperkenalkan ke perairan Atlantik dan sekarang menjadi spesies invasif yang merusak ekosistem laut. Kumbang Jepang diperkenalkan ke Amerika Utara dan sekarang menjadi spesies invasif yang merusak tanaman.

Beberapa contoh hewan invasif yang ada di Indonesia antara lain:

- Siput sawah/keong mas. Siput sawah atau keong mas berasal dari Afrika dan diperkenalkan ke Indonesia sebagai pengendali hama. Namun, siput sawah menjadi spesies invasif yang merusak tanaman padi dan mengganggu keseimbangan ekosistem air tawar.
- Ikan Louhan. Ikan Louhan berasal dari Asia Tenggara dan diperkenalkan ke Indonesia sebagai ikan hias. Namun, ikan louhan menjadi spesies invasif yang merusak ekosistem air tawar karena dapat mengambil sumber daya dari spesies asli dan mengganggu keseimbangan ekosistem.
- Ikan Nila. Ikan Nila berasal dari Afrika dan diperkenalkan ke Indonesia sebagai ikan budidaya. Namun, ikan nila menjadi

spesies invasif yang merusak ekosistem air tawar karena dapat mengambil sumber daya dari spesies asli.

- Ikan Arapaima. Ikan Arapaima berasal dari Amerika Selatan dan diperkenalkan ke Indonesia sebagai ikan hias. Namun, ikan arapaima menjadi spesies invasif yang merusak ekosistem air tawar.
- Ikan Gurame. Ikan gurame berasal dari Asia Tenggara dan diperkenalkan ke Amerika Utara sebagai ikan hias. Namun, ikan gurami menjadi spesies invasif yang merusak ekosistem air tawar di Amerika Utara.

Pencegahan spesies invasif dapat dilakukan dengan mengurangi kemungkinan masuknya spesies asing ke lingkungan baru, seperti dengan memperketat peraturan pengiriman dan transportasi. Pencegahan juga dapat dilakukan dengan mengidentifikasi dan mengendalikan spesies invasif yang sudah ada di lingkungan baru.



Gambar 7.7 Hewan-hewan *invasive* di Indonesia: (a) keong mas, (b) ikan louhan, (c) ikan arapaima, (d) ikan nila, (e) ikan gurame.

#### 4. Interaksi Spesies Eksploitasi (*eksploitative interactions*)

Interaksi spesies eksploitasi adalah interaksi antara dua spesies yang satu memanfaatkan sumber daya dari spesies yang lain. Contohnya ialah sebagai berikut:

- Predasi adalah interaksi antara predator dan mangsa, dimana predator memanfaatkan mangsa sebagai sumber makanan.
- Parasitisme adalah interaksi antara parasit dan inangnya dimana parasit memanfaatkan inangnya sebagai tempat hidup dan sumber makanan, sedangkan inangnya dirugikan.
- Herbivori adalah interaksi antara hewan pemakan tumbuhan dan tumbuhan yang dimakan, dimana hewan herbivora memanfaatkan tumbuhan sebagai sumber makanan.
- Kompetisi adalah interaksi antara dua spesies yang bersaing untuk sumber daya yang sama, seperti makanan, air, atau tempat tinggal. Dalam interaksi ini, spesies yang lebih kuat atau lebih efisien dalam memanfaatkan sumber daya akan mendominasi spesies yang lebih lemah.

#### 5. Simbiosis

Simbiosis dalam ekologi hewan dibedakan menjadi dua yaitu hubungan antara tumbuhan dengan hewan, dan hubungan antar hewan.

- a. Simbiosis mutualisme yaitu hubungan antara dua makhluk hidup berbeda dan keduanya saling diuntungkan. Contohnya lebah dan bunga.
- b. Simbiosis komensalisme yaitu hubungan antara dua makhluk hidup berbeda dan hanya salah satu yang

diuntungkan sementara satunya tidak mendapat keuntungan atau kerugian apa pun. Contohnya ikan remora yang menempel pada ikan hiu.

- c. Simbiosis paratitisme yaitu hubungan antara dua makhluk hidup berbeda dan hanya salah satu yang diuntungkan sementara satunya dirugikan. Contohnya cacing pita yang menginvasi tubuh sapi, babi, dan manusia.
- d. Netral yaitu adanya interaksi tetapi tidak mengganggu satu sama lain. Mereka hanya hidup di dalam ekosistem yang sama, tidak ada persaingan dan memangsa dalam interaksi ini.

#### **D. Spesies Kunci dan Spesies Dominan Dalam Komunitas**

Spesies kunci (*keystone species*) dan spesies dominan (*dominant species*) adalah konsep penting dalam ekologi yang membantu dalam memahami bagaimana suatu komunitas ekosistem bekerja. Spesies kunci (*keystone species*) adalah spesies yang memiliki dampak besar terhadap lingkungan dan mampu mempengaruhi ekosistem secara signifikan. Keberadaan spesies kunci sangat penting bagi kelangsungan dan stabilitas ekosistem. Beberapa contoh spesies kunci umumnya merupakan predator, *ecosystem engineer*, dan spesies yang melakukan mutualisme.

- 1. Predator. Spesies predator berperan sebagai pengendali populasi spesies mangsa dalam suatu ekosistem. Dengan memangsa dan mengendalikan populasi mangsa, spesies

predator membantu menjaga keseimbangan ekosistem dan mencegah pertumbuhan populasi yang berlebihan.

2. *Ecosystem engineer*. *Ecosystem engineer* adalah organisme yang mampu mengubah atau memodifikasi habitatnya. Mereka menciptakan kondisi yang menguntungkan bagi organisme lain dalam ekosistem. Contohnya adalah *beaver* (berang-berang) yang membangun bendungan dan menciptakan habitat yang beragam bagi spesies lain.
3. Spesies yang melakukan mutualisme. Contohnya adalah tumbuhan yang bergantung pada serangga penyerbuk untuk penyerbukan dan serangga yang mendapatkan makanan dari tumbuhan tersebut.

Spesies kunci memiliki peran penting dalam menjaga keseimbangan ekosistem. Jika spesies kunci mengalami kepunahan atau terganggu, dapat menyebabkan perubahan yang signifikan dalam jumlah dan karakteristik spesies lain di suatu komunitas. Kehadiran spesies kunci mempengaruhi struktur dan fungsi ekosistem secara keseluruhan. Contohnya adalah seekor burung predator yang memakan hewan herbivora yang memakan tumbuhan di ekosistem. Jika burung predator dihilangkan, maka populasi hewan herbivora dapat meningkat, yang dapat menyebabkan kerusakan pada tumbuhan dan mempengaruhi komunitas secara keseluruhan. Contoh lainnya ialah bintang laut *Pisaster ochraceus*. Bintang laut ini memakan kerang dan bulu babi, sehingga membantu menjaga keseimbangan ekosistem laut. Jika bintang laut *Pisaster ochraceus* mengalami kepunahan,

populasi kerang dan bulu babi dapat tumbuh tak terkendali dan mengganggu ekosistem laut.

Di sisi lain, spesies dominan adalah spesies yang memiliki jumlah individu yang paling banyak atau memiliki pengaruh yang dominan dalam suatu komunitas. karena keunggulan jumlah yang tinggi, spesies dominan cenderung berdampak pada situasi lingkungan, keanekaragaman komunitas, dan/atau fitur ekosistem (Avolio et al., 2019). Spesies dominan dapat mendominasi sumber daya dan mempengaruhi interaksi dengan spesies lain dalam komunitas. Meskipun spesies dominan tidak selalu menjadi spesies kunci, ada kemungkinan bahwa spesies dominan juga dapat berperan sebagai spesies kunci dalam beberapa kasus. Hewan herbivora seperti sapi adalah contoh spesies dominan. Sapi memiliki jumlah individu yang paling banyak dan mempengaruhi interaksi dengan spesies lain dalam komunitas. Sapi juga memainkan peran penting dalam menyediakan sumber makanan bagi manusia dan spesies lain dalam ekosistem.

### **E. Tingkatan Trofik**

Tingkatan trofik adalah konsep dalam ekologi yang mengacu pada posisi suatu organisme dalam rantai makanan atau jaring-jaring makanan. Tingkatan trofik didefinisikan oleh sumber makanan suatu organisme dan perannya dalam transfer energi melalui ekosistem. Ada empat tingkatan trofik dalam ekosistem yaitu:

## 1. Produsen

Produsen merupakan tingkatan pertama dari rantai makanan di mana produsen memperoleh energi dari cahaya matahari dan mengubahnya menjadi makanan melalui fotosintesis. Produsen juga dikenal sebagai autotrof karena mereka memproduksi makanannya sendiri. Contohnya termasuk tumbuhan, alga, dan bakteri fotosintetik.

## 2. Konsumen

Tingkatan kedua dari rantai makanan di mana konsumen memakan produsen atau organisme lain. Konsumen dikelompokkan menjadi dua kategori: herbivora dan karnivora. Herbivora memakan produsen, sementara karnivora memakan herbivora atau karnivora lainnya. Konsumen juga dikenal sebagai heterotrof karena mereka mendapatkan makanan dari organisme lain. Contohnya hewan herbivora seperti ulat dan tikus, sedangkan hewan karnivora contohnya burung dan ular.

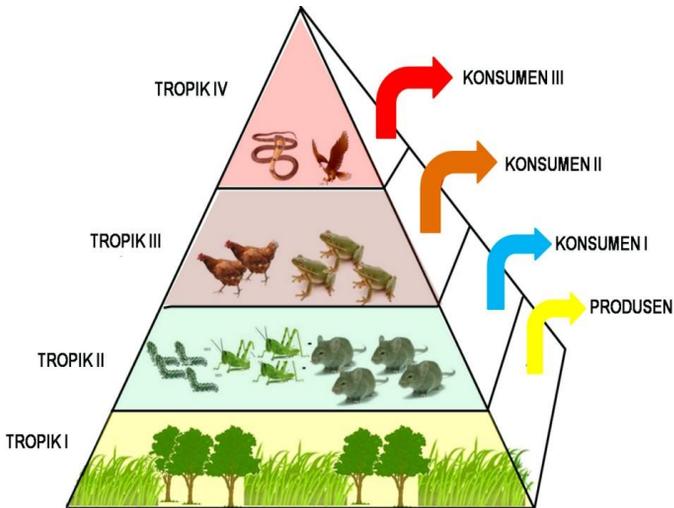
## 3. Karnivora Tingkat Dua

Tingkatan ketiga dari rantai makanan di mana hewan karnivora tingkat dua memakan hewan karnivora tingkat satu. Hewan ini juga dikenal sebagai predator atas atau karnivora tertinggi. Contohnya singa, serigala, dan burung pemangsa.

## 4. Pengurai

Tingkatan keempat dari rantai makanan di mana pengurai atau dekomposer memakan sisa-sisa organisme mati. Pengurai membantu menguraikan bahan organik menjadi senyawa yang

dapat digunakan oleh produsen untuk fotosintesis. Contohnya termasuk bakteri dan jamur.

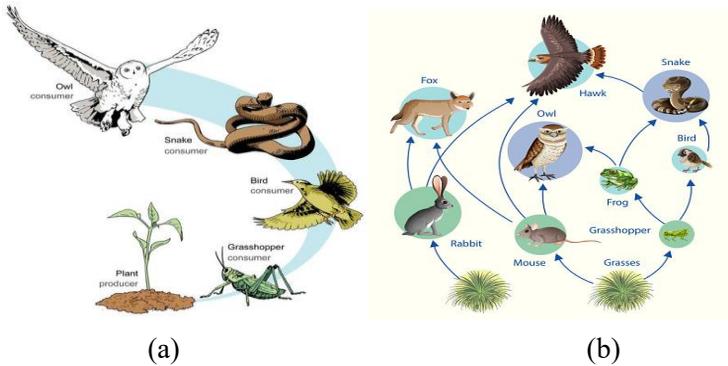


Gambar 7.8 Tingkatan trofik pada ekosistem padang rumput.

Tingkatan trofik memainkan peran penting dalam menjaga keseimbangan ekosistem dan transfer energi dalam rantai makanan. Semua organisme dalam tingkatan trofik memiliki peran penting dalam mempertahankan keseimbangan ekosistem dan kerusakan pada satu tingkatan trofik dapat memengaruhi semua organisme dalam rantai makanan.

Rantai makanan merupakan siklus makan dimakan yang terjadi dalam sebuah ekosistem atau lingkungan hidup. Dalam rantai makanan selalu ada produsen, konsumen, dan dekomposer. Adapun jaring-jaring makanan adalah siklus rantai makanan yang terjadi yang saling tumpang tindih dan berhubungan dalam suatu ekosistem. Contoh rantai makanan

dan jaring-jaring makanan dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



Gambar 7.9 (a) Rantai makanan, dan (b) Jaring-jaring makanan.

## F. Transfer Energi dan Nutrien

Transfer energi dan nutrisi adalah proses penting dalam ekosistem yang melibatkan perpindahan energi dan nutrisi dari satu organisme ke organisme lainnya.

### 1. Transfer Energi

Transfer energi merupakan perpindahan energi dari satu organisme ke organisme lain dalam suatu rantai makanan atau jaring-jaring makanan. Energi dalam ekosistem bergerak melalui rantai makanan atau jaring-jaring makanan. Energi yang dimulai dari produsen (organisme yang melakukan fotosintesis) ditransfer ke konsumen primer, konsumen sekunder, dan seterusnya. Energi yang ditransfer dalam rantai makanan berasal dari energi matahari yang diubah menjadi energi kimia melalui proses fotosintesis. Organisme produsen menggunakan energi ini untuk pertumbuhan dan perkembangan

mereka. Seiring dengan perpindahan energi melalui rantai makanan, sebagian energi hilang dalam bentuk panas melalui respirasi dan ekskresi dan digunakan oleh organisme untuk aktivitas metabolisme mereka. Akibatnya, energi yang tersedia untuk konsumen di tingkat trofik yang lebih tinggi menjadi lebih sedikit. Hal ini dikenal sebagai *hukum Lindeman* tentang efisiensi transfer energi.

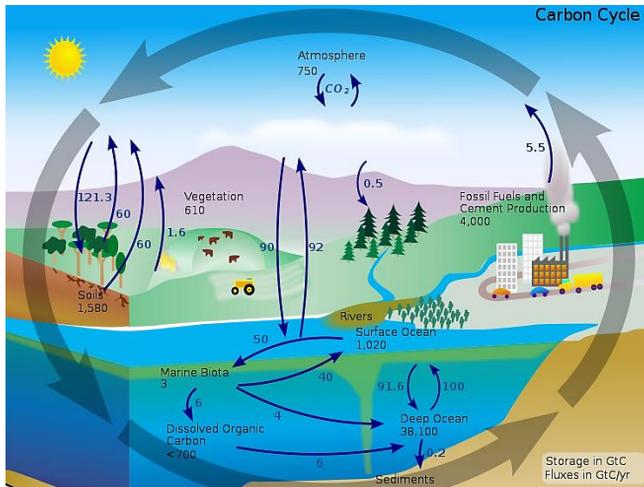
## 2. Transfer Nutrien

Nutrisi dalam ekosistem bergerak melalui siklus biogeokimia, seperti siklus karbon, nitrogen, dan fosfor. Nutrisi ini diambil oleh organisme dari lingkungan dan kemudian dikembalikan ke lingkungan melalui proses dekomposisi. Siklus biogeokimia juga dikenal sebagai siklus organik-anorganik, adalah siklus perpindahan unsur-unsur kimia atau senyawa kimia dari komponen abiotik ke komponen biotik dan kembali lagi ke komponen abiotik. Siklus ini melibatkan interaksi antara organisme hidup (biotik) dan lingkungan non-hidup (abiotik) seperti tanah, air, dan atmosfer. Beberapa unsur yang mengalami siklus biogeokimia meliputi karbon, nitrogen, hidrogen, oksigen, fosfor, dan belerang. Jenis-jenis siklus biogeokimia yang umum meliputi:

### a. Siklus Karbon

Siklus karbon adalah siklus di mana karbon dipertukarkan antara biosfer, geosfer, hidrosfer, dan atmosfer. Karbon berperan penting dalam pembentukan molekul organik dan merupakan komponen utama dalam

biomassa. Siklus karbon terjadi melalui berbagai tahap sistem di Bumi, melibatkan tumbuhan, hewan, manusia, serta proses alami dan buatan manusia. Terjadinya siklus karbon terdiri atas beberapa tahapan sebagai berikut:



Gambar 7.10 Siklus karbon

- 1) Sumber karbon. Karbon dapat berasal dari berbagai sumber, baik alami maupun antropogenik (buatan manusia). Sumber alami karbon meliputi dekomposisi organisme, respirasi organisme, dan aktivitas vulkanik. Sementara itu, sumber antropogenik karbon meliputi pembakaran bahan bakar fosil, deforestasi, dan industri.
- 2) Penyerapan karbon. Tumbuhan adalah produsen utama dalam siklus karbon. Melalui proses fotosintesis, tumbuhan menyerap karbon dioksida ( $\text{CO}_2$ ) dari atmosfer dan mengubahnya menjadi senyawa organik seperti glukosa. Karbon yang terperangkap dalam tumbuhan akan digunakan untuk pertumbuhan dan metabolisme.

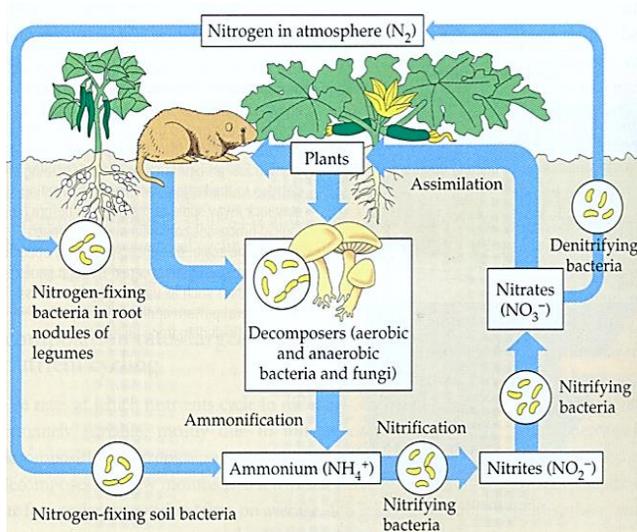
- 3) Transfer karbon. Karbon yang terperangkap dalam tumbuhan akan ditransfer ke organisme konsumen melalui rantai makanan. Ketika hewan atau manusia mengonsumsi tumbuhan atau organisme lain, karbon dalam senyawa organik tersebut akan menjadi bagian dari tubuh mereka.
- 4) Respirasi. Organisme, termasuk tumbuhan, hewan, dan manusia, melakukan respirasi untuk menghasilkan energi. Dalam proses ini, karbon dioksida dilepaskan ke atmosfer sebagai produk sampingan.
- 5) Dekomposisi. Organisme pengurai seperti bakteri dan jamur memainkan peran penting dalam siklus karbon. Mereka menguraikan bahan organik mati dan mengeluarkan karbon dioksida ke atmosfer melalui proses dekomposisi.
- 6) Pengikatan karbon. Karbon yang terperangkap dalam organisme mati atau bahan organik yang terkubur dalam tanah dapat mengalami pengikatan jangka panjang. Proses ini dikenal sebagai pengendapan karbon, di mana karbon terperangkap dalam lapisan tanah atau batuan dan tidak langsung berpartisipasi dalam siklus karbon aktif.
- 7) Pembebasan karbon. Karbon yang terperangkap dalam pengendapan dapat dilepaskan kembali ke atmosfer melalui proses geologi seperti erosi, pergerakan lempeng tektonik, atau aktivitas vulkanik.

Siklus karbon memiliki peran penting dalam menjaga keseimbangan konsentrasi karbon di atmosfer, laut, dan

daratan. Perubahan dalam siklus karbon dapat berdampak pada iklim global, karena karbon dioksida merupakan gas rumah kaca yang berkontribusi terhadap pemanasan global.

## b. Siklus Nitrogen

Siklus nitrogen adalah proses perpindahan nitrogen dari atmosfer ke dalam tanah dan kembali lagi ke atmosfer dalam bentuk yang berbeda. Siklus ini melibatkan berbagai tahap sistem di Bumi, termasuk fiksasi nitrogen, mineralisasi, nitrifikasi, dan denitrifikasi. Tahapan siklus nitrogen adalah sebagai berikut.



Gambar 7.11 Siklus nitrogen

- 1) Fiksasi nitrogen. Nitrogen dalam bentuk gas di atmosfer tidaklah reaktif dan hanya beberapa organisme yang mampu mengkonversinya menjadi senyawa organik dengan proses yang disebut fiksasi nitrogen. Fiksasi nitrogen dapat terjadi melalui proses biologis, contohnya

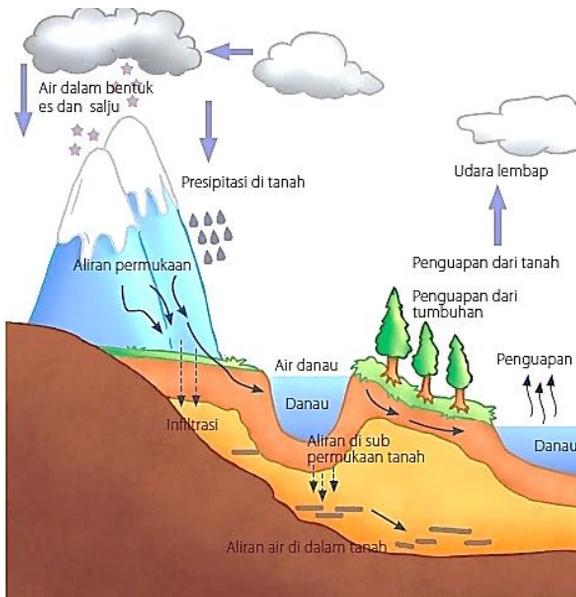
oleh bakteri *Rhizobium* yang hidup di akar tanaman leguminosa, atau melalui proses non-biologis, seperti oleh petir.

- 2) Mineralisasi. Setelah nitrogen diubah menjadi senyawa organik, senyawa tersebut akan diuraikan oleh bakteri dan jamur melalui proses dekomposisi. Nitrogen dalam senyawa organik akan diubah menjadi amonia ( $\text{NH}_3$ ) atau ion amonium ( $\text{NH}_4^+$ ) melalui proses mineralisasi.
- 3) Nitrifikasi. Amonia atau ion amonium yang dihasilkan dari mineralisasi akan diubah menjadi nitrit ( $\text{NO}_2^-$ ) dan nitrat ( $\text{NO}_3^-$ ) melalui proses nitrifikasi oleh bakteri *Nitrosomonas* dan *Nitrobacter*.
- 4) Denitrifikasi. Nitrat dapat diubah kembali menjadi nitrogen gas melalui proses denitrifikasi oleh bakteri seperti *Pseudomonas* dan *Bacillus*. Proses ini melepaskan nitrogen gas ke atmosfer dan mengurangi ketersediaan nitrogen bagi organisme.

Siklus nitrogen memiliki peran penting dalam menjaga ketersediaan nitrogen bagi organisme di Bumi. Nitrogen merupakan komponen penting dalam protein dan asam nukleat, dan berperan dalam pertumbuhan dan perkembangan organisme. Siklus nitrogen juga berperan dalam menjaga kualitas lingkungan dan mendukung kehidupan di Bumi.

### c. Siklus Air

Siklus air juga dikenal sebagai siklus hidrologi, adalah sirkulasi air yang tidak pernah berhenti dari atmosfer ke bumi dan kembali ke atmosfer melalui proses kondensasi, presipitasi, evaporasi, dan transpirasi. Siklus air dimulai sekitar 3,8 miliar tahun yang lalu ketika hujan turun di bumi dan membentuk lautan. Hujan terbentuk dari uap air yang keluar dari magma cair di inti bumi, energi matahari membantu menggerakkan siklus air dan gravitasi bumi mencegah air di atmosfer lepas dari bumi. Berikut adalah tahapan siklus air:



Gambar 7.12 Siklus air

- 1) Evaporasi yaitu proses dimana air di permukaan bumi menguap menjadi uap air dan naik ke atmosfer. Evaporasi terjadi karena panas matahari dan suhu udara yang tinggi.

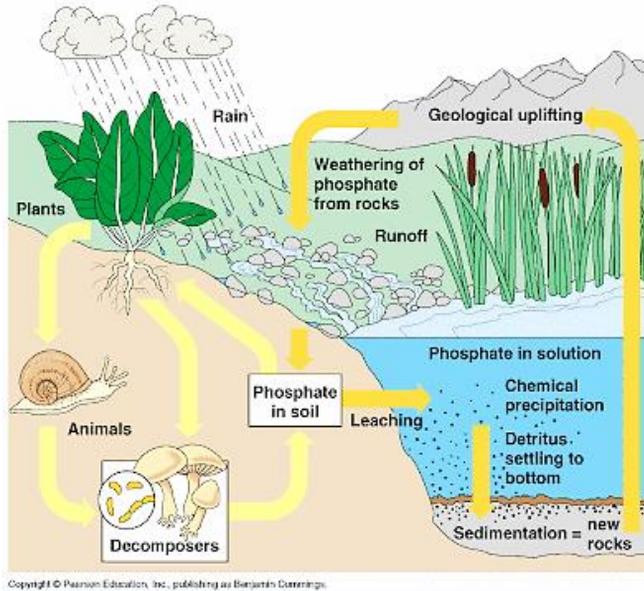
- 2) Transpirasi yaitu proses dimana tumbuhan melepaskan uap air ke atmosfer melalui stomata pada daun. Transpirasi membantu menjaga keseimbangan air dalam tanah dan atmosfer.
- 3) Kondensasi yaitu proses dimana uap air di atmosfer mendingin dan berubah menjadi butiran air atau awan. Kondensasi terjadi karena suhu udara yang dingin.
- 4) Presipitasi yaitu proses dimana air dalam bentuk butiran air atau kristal es jatuh ke permukaan bumi, seperti hujan, salju, atau hujan es.
- 5) Infiltrasi yaitu proses di mana air yang jatuh ke permukaan bumi meresap ke dalam tanah dan menjadi air tanah.
- 6) Aliran permukaan yaitu proses di mana air mengalir di permukaan bumi, seperti sungai, danau, atau laut.

Siklus air memiliki peran penting dalam menjaga ketersediaan air bagi organisme di Bumi. Air merupakan zat yang esensial bagi semua bentuk kehidupan dan siklus air membantu menjaga keseimbangan air dalam ekosistem. Siklus air juga berperan dalam menjaga kualitas lingkungan dan mendukung kehidupan di Bumi.

#### **d. Siklus Fosfor**

Siklus fosfor adalah siklus biogeokimia yang menggambarkan transformasi dan translokasi fosfor dalam tanah, air, serta bahan organik hidup dan mati. Siklus ini melibatkan berbagai tahap sistem di Bumi, termasuk pelapukan batuan, penyerapan fosfor oleh tanaman,

dekomposisi, mineralisasi, masuk ke laut, dan tidak melalui komponen atmosfer. Berikut adalah penjelasan tentang tahapan siklus fosfor:



Gambar 7.13 Siklus fosfor

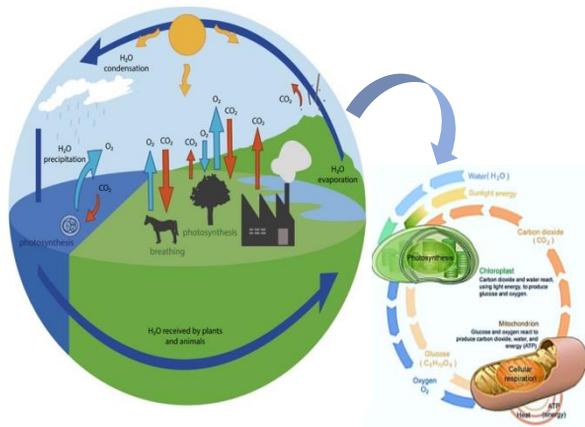
- 1) Pelapukan batuan. Fosfor masuk dalam lingkungan dari batuan serta deposit. Batuan fosfat dikenal dengan nama apatit, dan sumber fosfor dari deposit diperoleh dari fosil tulang dan kotoran burung. Batuan yang mengalami pelapukan akan melepaskan ion yang akhirnya larut ke dalam air dan tanah.
- 2) Tanaman menyerap fosfor. Fosfor yang terlarut dalam air dan tanah akan diserap oleh berbagai tanaman terestrial sebagai nutrisi. Fosfor merupakan komponen penting dalam struktur dan fungsi sel tumbuhan dan hewan.

- 3) Dekomposisi. Setelah tanaman mati, fosfor dalam jaringan tumbuhan akan dilepaskan kembali ke tanah melalui proses dekomposisi oleh bakteri dan jamur.
- 4) Mineralisasi. Fosfat organik dalam tanah akan dipecah oleh bakteri menjadi bentuk senyawa fosfat anorganik. Proses mineralisasi tersebut, dapat menjadikan unsur fosfor dapat digunakan kembali oleh tumbuhan.
- 5) Masuk ke lautan. Fosfor yang terlarut dalam air akan terus berjalan siklusnya hingga menjadi sedimen dan menuju ke lautan. Fosfor tidak melalui tahap atmosfer seperti siklus biogeokimia lain, sebab fosfor tidak memiliki fase gas.

Siklus fosfor memiliki peran penting dalam menjaga ketersediaan fosfor bagi organisme di Bumi. Fosfor merupakan komponen penting dalam struktur dan fungsi sel tumbuhan dan hewan, dan berperan dalam pertumbuhan dan perkembangan organisme. Siklus fosfor juga berperan dalam menjaga kualitas lingkungan dan mendukung kehidupan di Bumi.

#### **e. Siklus Oksigen**

Siklus oksigen adalah siklus biogeokimia yang menggambarkan pergerakan oksigen di sekitar litosfer, atmosfer, dan biosfer. Siklus ini melibatkan berbagai tahap sistem di Bumi, termasuk fotosintesis, respirasi, dan oksidasi. Berikut adalah penjelasan tentang tahapan siklus oksigen.



Gambar 7.14 Siklus oksigen

- 1) Fotosintesis yaitu proses dimana tumbuhan dan alga menghasilkan oksigen melalui pengikatan energi matahari untuk mengubah karbon dioksida dan air menjadi glukosa dan oksigen.
- 2) Respirasi yaitu proses dimana organisme, termasuk tumbuhan, hewan, dan manusia, menghasilkan energi dengan mengonsumsi oksigen dan menghasilkan karbon dioksida sebagai produk sampingan.
- 3) Oksidasi yaitu proses dimana oksigen bereaksi dengan senyawa organik dan anorganik dalam lingkungan untuk menghasilkan energi dan menghasilkan karbon dioksida dan air sebagai produk sampingan.

Siklus oksigen memiliki peran penting dalam menjaga ketersediaan oksigen bagi organisme di Bumi. Oksigen merupakan zat yang diperlukan untuk proses

respirasi aerobik dan berperan dalam menjaga keseimbangan ekosistem.

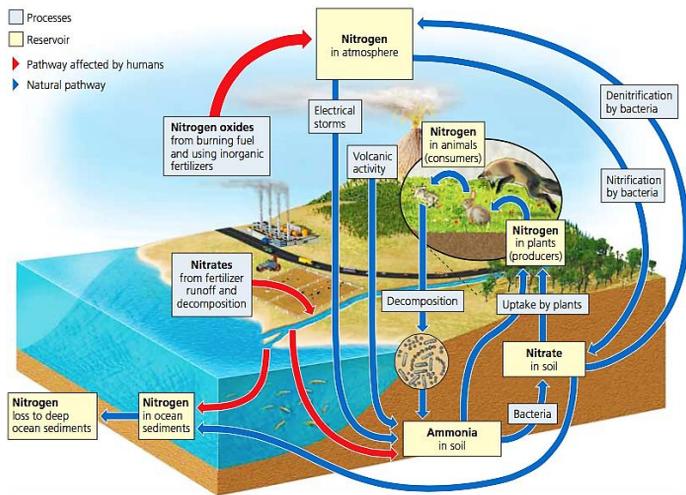
#### **f. Siklus Belerang**

Siklus belerang atau siklus sulfur adalah salah satu siklus biogeokimia yang menjaga keseimbangan unsur sulfur di alam. Dalam siklus belerang, sulfur bergerak dalam rantai makanan. Proses-proses yang terjadi dalam siklus belerang antara lain:

- 1) Perubahan sulfur menjadi senyawa belerang lainnya. Proses ini terjadi melalui reaksi antara sulfur, oksigen, dan air serta oleh aktivitas mikroorganisme. Beberapa mikroorganisme yang berperan dalam siklus sulfur adalah dari golongan bakteri, antara lain adalah bakteri *Desulfomaculum* dan bakteri *Desulfibrio* yang akan mereduksi sulfat menjadi sulfida dalam bentuk hidrogen sulfida ( $H_2S$ ). Sulfida sendiri nantinya akan dimanfaatkan oleh bakteri fotoautotrof anaerob seperti halnya *chromatium* dan melepaskan sulfur serta oksigen. Bakteri kemolitotrof seperti halnya *Thiobacillus* yang akhirnya akan mengoksidasi menjadi bentuk sulfat.
- 2) Perpindahan sulfur dalam rantai makanan. Tanaman mengambil sulfur dari tanah dan mengubahnya menjadi senyawa organik. Kemudian, tanaman dimakan oleh hewan dan manusia, sehingga unsur sulfat terus berpindah dalam tubuh makhluk hidup. Saat makhluk hidup mati, sisa-sisa bahan organik tubuhnya masih

mengandung unsur sulfur. Unsur sulfur tersebut kemudian direduksi oleh bakteri agar dapat kembali ke alam.

- 3) Sumber alam. Ada beberapa sumber alam seperti letusan gunung berapi, penguapan air, dan penguraian bahan organik di rawa-rawa, yang melepaskan belerang langsung ke atmosfer. Belerang ini jatuh di Bumi dengan curah hujan



Gambar 7.15 Siklus belerang

Manfaat dari daur sulfur bagi kehidupan manusia yaitu untuk membantu pembentukan hijau daun, meningkatkan kandungan protein dan vitamin di tanaman, membantu pembentukan zat gula, pembentukan asam amino, memperbaiki warna, aroma, dan struktur tanaman, serta mengurangi polusi udara.

Selama transfer energi dan nutrisi, tidak semua energi atau nutrisi yang dikonsumsi oleh satu organisme dapat digunakan sepenuhnya oleh organisme tersebut. Sebagian energi hilang dalam bentuk panas melalui proses metabolisme, dan sebagian nutrisi tidak dapat dicerna atau diserap sepenuhnya. Barulah sisa energi dan nutrisi ini kemudian ditransfer ke organisme berikutnya melalui rantai makanan. Oleh karena itu, semakin panjang rantai makanan, semakin sedikit energi dan nutrisi yang tersedia untuk konsumsi organisme di bagian atas rantai makanan. Ini juga mengapa jumlah predator yang lebih tinggi umumnya memiliki jumlah populasi yang lebih sedikit dibandingkan dengan jumlah herbivora atau produsen yang lebih rendah.

Karena sedikit energi dan nutrisi yang tersedia di setiap level rantai makanan, komunitas ekologi harus mempertahankan keseimbangan dalam transfer energi dan nutrisi untuk menjaga kelangsungan hidup semua organisme yang terlibat. Berikut beberapa contoh proses biokimia yang melibatkan transfer energi dan nutrisi.

1. *Photosynthetic autotrophs*, merupakan proses biokimia yang menggunakan energi dari sinar matahari untuk menghasilkan glukosa dan nutrisi lainnya melalui fotosintesis. Proses ini melibatkan transfer energi dari foton cahaya ke pigmen fotosintetik seperti klorofil dalam kloroplas. Nutrisi dan energi kemudian dapat ditransfer melalui rantai makanan saat konsumen mengkonsumsi organisme produsen.

2. *Chemosynthetic autotrophs*, menghasilkan energi melalui reaksi kimia yang mengoksidasi senyawa anorganik seperti belerang, amonia, atau hidrogen sulfida, dan menghasilkan nutrisi seperti karbohidrat. Proses ini melibatkan transfer energi dari reaksi kimia ke ATP, yang kemudian dapat digunakan oleh organisme tersebut untuk membantu membangun molekul organik yang lebih kompleks.
3. *Heterotrophs*, seperti hewan dan jamur, memperoleh energi dan nutrisi dengan memakan organisme lain. Proses ini melibatkan transfer energi dan nutrisi dari organisme yang dikonsumsi ke organisme konsumen. Nutrisi yang terkandung dalam makanan tersebut kemudian dipecah menjadi komponen yang lebih kecil dan diubah menjadi energi melalui proses respirasi.

## **G. Produktivitas Hewan**

Produktivitas adalah jumlah biomassa atau energi yang diproduksi oleh organisme dalam suatu ekosistem dalam satu waktu tertentu. *Photosynthetic autotrophs* dan *chemosynthetic autotrophs* biasanya memiliki produktivitas yang lebih tinggi daripada heterotrophs karena mereka dapat memproduksi nutrisi dan energi sendiri, sementara heterotrophs harus mengonsumsi organisme lain untuk memperoleh nutrisi dan energi. Namun, heterotrophs juga dapat memiliki produktivitas yang tinggi dalam rantai makanan karena mereka dapat memakan banyak organisme produsen atau konsumen yang berbeda.

Produktivitas pada hewan adalah kemampuan hewan untuk menghasilkan biomassa atau energi dalam suatu periode waktu tertentu. Produktivitas pada hewan umumnya berasal dari heterotroph, yaitu organisme yang memperoleh energi dari mengonsumsi organisme lain atau bahan organik yang terdapat dalam lingkungan. Hewan yang memakan tumbuhan (herbivora) atau hewan lain (karnivora atau omnivora) merupakan contoh heterotrof.

Produktivitas pada hewan dibagi menjadi 2 tipe, yaitu:

- Produktivitas sekunder yaitu jumlah energi yang dihasilkan oleh hewan melalui konsumsi tumbuhan atau hewan lain. Produktivitas sekunder dapat diukur dengan menghitung biomassa hewan atau laju pertumbuhan hewan.
- Produktivitas tersier yaitu jumlah energi yang dihasilkan oleh hewan karnivora yang memakan hewan herbivora atau karnivora lain. Produktivitas tertier dapat diukur dengan menghitung biomassa hewan karnivora atau laju pertumbuhan hewan karnivora.

Produktivitas pada hewan dipengaruhi oleh beberapa faktor, antara lain ketersediaan makanan, suhu, kelembaban, dan cahaya. Ketersediaan makanan yang cukup dan berkualitas tinggi sangat penting dalam meningkatkan produktivitas hewan.

Untuk menghitung produktivitas hewan, terdapat beberapa metode yang dapat digunakan, tergantung pada jenis hewan yang dihitung. Pengukuran produktivitas hewan bisa dilakukan berdasarkan biomassa dan laju pertumbuhan hewan. Metode yang

mungkin digunakan untuk menghitung biomassa hewan adalah dengan melakukan sampling dan pengukuran berat individu dalam gram berat kering. Namun penting untuk diketahui bahwa metode penghitungan biomassa hewan dapat bervariasi tergantung pada jenis hewan yang sedang dihitung dan tujuan penghitungan. Selain itu, faktor-faktor seperti ukuran sampel, metode pengambilan sampel, dan faktor-faktor lingkungan juga dapat mempengaruhi hasil perhitungan biomassa hewan.

Berikut adalah beberapa cara umum untuk menghitung produktivitas hewan:

1. Menghitung jumlah hewan yang dihasilkan. Cara paling sederhana untuk menghitung produktivitas hewan adalah dengan menghitung jumlah hewan yang dihasilkan dalam suatu periode waktu tertentu. Misalnya, dalam budidaya ikan, kita dapat menghitung jumlah ikan yang dihasilkan dari kolam budidaya ikan dalam periode tertentu.
2. Menghitung pertumbuhan atau penambahan berat badan. Metode ini umumnya digunakan dalam menghitung produktivitas hewan ternak seperti sapi potong atau domba. Dalam hal ini, kita dapat menghitung pertumbuhan atau penambahan berat badan hewan selama periode waktu tertentu. Hal ini dapat dilakukan dengan membandingkan berat badan awal dan berat badan akhir hewan.
3. Menghitung jumlah anak yang dihasilkan. Metode ini sering digunakan dalam menghitung produktivitas hewan betina seperti kambing atau sapi perah. Kita dapat menghitung jumlah

anak yang dihasilkan oleh hewan betina dalam periode waktu tertentu.

4. Menghitung produksi susu atau telur. Metode ini digunakan dalam menghitung produktivitas hewan yang menghasilkan susu atau telur, seperti sapi perah atau ayam. Kita dapat menghitung jumlah susu atau telur yang dihasilkan oleh hewan dalam periode waktu tertentu.

### **Studi Kasus**

Di tahun 2023, dunia khususnya NTB dan sekitarnya mengalami musim kemarau yang cukup panjang disertai cuaca panas yang cukup ekstrim. Suhu bumi mengalami peningkatan sekitar 1.8 °C. Musim panas ini tercatat menjadi yang terpanas dalam 72 tahun terakhir, dan diperkirakan akan berlanjut sampai November 2023. Cuaca panas dalam periode yang panjang ini menyebabkan terjadinya kekeringan sehingga menyulitkan petani dalam mengirigasi lahannya dan berkurangnya hasil panen. Cuaca panas juga menyebabkan munculnya berbagai penyakit pernapasan dan penyakit-penyakit lainnya. Selain itu cuaca panas yang ekstrim telah mengakibatkan kematian massal pada beberapa spesies hewan, seperti ikan dan mamalia akibat naiknya suhu air laut secara drastis. Berdasarkan hasil observasi anda terhadap fenomena yang terjadi saat ini:

- a. Mengapa fenomena tersebut dapat terjadi?
- b. Analisalah bagaimana efek cuaca panas yang ekstrim terhadap siklus hidrologi (air), nitrogen dan fosfor di lingkungan.

- c. Analisislah efek pemanasan global terhadap interaksi hewan dengan lingkungannya. Berikan contoh rilnya.
- d. Analisislah lalu simpulkan, apakah musim kemarau yang berkepanjangan dan pemanasan global saat ini timbul akibat aktivitas manusia? Jelaskan.

### **Latihan**

1. Identifikasilah spesies kunci dan spesies dominan pada ekosistem (amati pada area terdekat dari tempat tinggal) berikut:
  - a. Ekosistem sawah
  - b. Ekosistem sungai
  - c. Ekosistem pesisir pantaiKemudian uraikan peranan dan alasan anda.
2. Identifikasilah rantai makanan dan jaring-jaring makanan pada ekosistem di lingkungan terdekat anda. Buatlah dalam bentuk bagan.
3. Pada ekosistem yang sama pada no.2, identifikasilah jenis-jenis interaksi yang terjadi pada dalam ekosistem berikut:
  - a. Interaksi langsung dan tidak langsung
  - b. Kompetisi intraspesifik dan interspesifik
  - c. Interaksi eksploitatif spesies
  - d. SimbiosisLalu gambarkannya bagan tingkatan trofiknya.



## **BAB IX**

### **STRUKTUR KOMUNITAS**

Komunitas adalah kumpulan populasi yang terdiri dari berbagai spesies yang hidup bersama dalam suatu ekosistem. Struktur komunitas dalam ekologi adalah suatu konsep yang mempelajari susunan atau komposisi spesies dan kelimpahannya dalam suatu komunitas. Struktur komunitas mencakup beberapa aspek, seperti ukuran, komposisi, keanekaragaman, dominasi, dan interaksi antara spesies dalam komunitas. Ukuran struktur komunitas dapat diukur dengan jumlah individu atau biomassa dari setiap spesies dalam komunitas.

Komposisi struktur komunitas mencakup jenis-jenis spesies yang ada dalam komunitas. Keanekaragaman struktur komunitas mencakup jumlah spesies yang ada dalam komunitas dan seberapa merata distribusi spesies tersebut. Dominasi struktur komunitas mencakup spesies yang memiliki jumlah individu atau biomassa yang paling banyak dalam komunitas. Interaksi antara spesies dalam komunitas, seperti kompetisi, predasi, atau simbiosis, juga merupakan bagian dari struktur komunitas. Melalui konsep struktur komunitas, kita dapat memahami bagaimana spesies hidup bersama dalam suatu ekosistem dan bagaimana mereka saling berinteraksi. Konsep ini juga penting dalam menjaga keseimbangan dan keberlanjutan ekosistem.

Struktur komunitas dan ekosistem dapat diukur secara kualitatif dan kuantitatif, tergantung pada jenis data yang

digunakan untuk menganalisis interaksi antar organisme dan lingkungannya.

## **A. Kualitatif**

Struktur komunitas kualitatif berkaitan dengan pola hubungan antar spesies dalam sebuah komunitas yang tidak dapat diukur secara kuantitatif, melainkan dinyatakan dalam kata-kata atau deskripsi berikut beberapa parameter-parameter yaitu:

### **a. Komposisi**

Komposisi komunitas mengacu pada spesies atau jenis organisme yang hidup dalam suatu wilayah. Faktor-faktor yang mempengaruhi komunitas hewan yaitu:

- Jenis dan jumlah individu yang menyusun suatu komunitas di suatu tempat. Komposisi jenis yang berbeda dapat mempengaruhi interaksi antar organisme dalam komunitas tersebut.
- Jumlah individu dari setiap jenis organisme yang terdapat dalam suatu komunitas. Jumlah individu dapat berbeda-beda tergantung pada faktor-faktor seperti ketersediaan sumber daya, persaingan, dan predasi.
- Pola interaksi antar organisme dalam suatu komunitas. Struktur komunitas dapat mencakup hierarki trofik, pola migrasi, dan pola reproduksi.
- Spesies invasif, yaitu spesies yang berasal dari luar dan dapat mengganggu keseimbangan ekosistem. Spesies invasif dapat mempengaruhi komposisi jenis dan jumlah individu dalam suatu komunitas.

Komposisi komunitas dapat berubah seiring waktu dan dipengaruhi oleh faktor-faktor lingkungan seperti perubahan iklim, perubahan penggunaan lahan, dan polusi. Oleh karena itu, pemantauan dan pemahaman yang baik mengenai komposisi komunitas dapat membantu dalam pengelolaan dan pelestarian ekosistem.

b. Fenologi

Fenologi berkaitan dengan waktu terjadinya peristiwa penting dalam kehidupan organisme, seperti musim kawin, masa migrasi, dan lain-lain. Misalnya:

- Pada burung, fenologi mencakup waktu migrasi, musim kawin, dan masa berkicau. Misalnya, burung walet datang untuk berkembang biak pada awal musim hujan di Indonesia.
- Pada serangga, fenologi mencakup waktu munculnya larva, pupa, dan dewasa, serta waktu aktivitas seperti pengisian makanan atau perkawinan. Misalnya, beberapa spesies kupu-kupu di Amerika Utara menempuh jarak ribuan mil untuk menemukan tempat berkembang biak yang sesuai.
- Pada ikan, fenologi mencakup waktu bertelur, menetas, memasuki sungai dari laut, dan waktu migrasi ke tempat yang lebih dingin pada musim panas. Misalnya, ikan salmon bertelur di musim gugur di tempat yang sama di mana mereka menetas.

Studi fenologi dalam komunitas hewan penting untuk memahami bagaimana hewan berinteraksi dengan lingkungan

mereka dan bagaimana perubahan lingkungan dapat mempengaruhi kehidupan dan kelangsungan hidup hewan. Fenologi juga dapat memberikan wawasan tentang respons hewan terhadap perubahan iklim dan perubahan lingkungan lainnya.

c. Bentuk

Studi mengenai bentuk struktur komunitas hewan dapat dikaji melalui beberapa pendekatan yaitu:

- Bentuk interaksi antar spesies. Interaksi antar spesies dalam komunitas dapat terjadi dalam berbagai bentuk, seperti predasi, kompetisi, mutualisme, parasitisme, dan amensalisme.
- Bentuk struktur komunitas. Struktur komunitas dapat memiliki bentuk-bentuk yang berbeda, tergantung pada spesies yang hadir, hubungan interaksi antar spesies, dan sumber daya yang tersedia. Misalnya, ada komunitas dengan struktur pohon yang tinggi seperti hutan hujan, dan ada komunitas dengan struktur semak yang rendah seperti padang rumput.
- Bentuk kelimpahan spesies. Kelimpahan spesies dalam komunitas dapat memiliki bentuk yang berbeda-beda.

d. Vitalitas

Vitalitas adalah kesehatan dan kekuatan organisme dalam komunitas. Organisme yang lebih kuat dan sehat cenderung lebih sukses dalam bersaing untuk memperoleh

sumber daya dan beradaptasi dengan lingkungan. Berikut beberapa konsep penting mengenai vitalitas dalam komunitas.

- Vitalitas komunitas hewan dapat dilihat dari tingkat kesehatan populasi hewan dalam komunitas tersebut. Kesehatan populasi hewan dapat dipengaruhi oleh faktor-faktor seperti akses terhadap pakan yang cukup dan berkualitas, kebersihan, dan kesehatan lingkungan.
- Vitalitas komunitas hewan juga mencakup kemampuan komunitas untuk beradaptasi dengan perubahan lingkungan. Komunitas hewan yang memiliki kemampuan beradaptasi yang baik dapat bertahan dan berkembang dalam jangka waktu yang lama.
- Vitalitas komunitas hewan juga mencakup kemampuan komunitas untuk bekerja sama dan saling mendukung satu sama lain. Kerjasama yang baik dapat memperkuat komunitas dan meningkatkan kesejahteraan populasi hewan.

Dengan mempertimbangkan faktor-faktor ini, struktur komunitas dapat dipahami secara kualitatif, dengan memeriksa jenis spesies, interaksi antara spesies, dan cara spesies tersebut hidup dan berkembang dalam wilayah tertentu. Tujuan memahami struktur komunitas digunakan untuk memahami bagaimana komunitas organisme berevolusi dan beradaptasi terhadap lingkungan yang berubah seiring waktu (Rokhman et al.,2019).

## **B. Kuantitatif**

Struktur komunitas secara kuantitatif mengacu pada organisasi dan pola hubungan antar spesies dalam sebuah komunitas yang dapat diukur dan dinyatakan dalam angka atau statistik. Beberapa parameter penting dalam struktur komunitas yaitu:

### 1. Frekuensi

Frekuensi adalah jumlah individu dari spesies tertentu dalam komunitas. Frekuensi suatu spesies menunjukkan penyebaran spesies dalam suatu areal. Spesies yang menyebar secara merata mempunyai nilai frekuensi yang besar, sebaliknya spesies yang mempunyai nilai frekuensi yang kecil mempunyai daerah sebaran yang kurang luas. Frekuensi suatu spesies dapat dihitung dengan rumus:

$$\textit{Frekuensi} = \frac{\textit{jumlah petak temuan suatu spesies}}{\textit{jumlah seluruh petak}}$$

### 2. Kepadatan

Kepadatan spesies adalah jumlah individu dari spesies tertentu per luas area yang ditempati. Makin besar kerapatan suatu spesies, makin banyak individu spesies tersebut per satuan luas. Kepadatan suatu spesies/populasi dapat dihitung dengan rumus:

$$\textit{Kepadatan} = \frac{\textit{jumlah seluruh individu}}{\textit{luas area}}$$

### 3. Keanekaragaman

Keanekaragaman spesies mencerminkan jumlah dan relatif keberadaan spesies yang berbeda dalam komunitas. Keanekaragaman spesies yang lebih tinggi menunjukkan keberagaman spesies yang lebih besar dalam suatu komunitas. Semakin banyak jumlah spesies, maka semakin tinggi keanekaragamannya. Indeks keanekaragaman menunjukkan hubungan antara jumlah spesies dengan jumlah individu yang menyusun suatu komunitas. Indeks keanekaragaman spesies merupakan indeks yang menyatakan struktur komunitas dan kestabilan ekosistem. Semakin baik indeks keragaman spesies maka suatu ekosistem semakin stabil. Keanekaragaman suatu komunitas dapat dihitung dengan rumus indeks Shannon:

$$H' = -\sum (P_i \ln P_i)$$

$$\text{dimana, } P_i = \frac{N_i}{N}$$

Keterangan:

$H'$  : Indeks keanekaragaman

$N_i$  : Jumlah individu suatu spesies

$N$  : Jumlah seluruh individu dari seluruh spesies

Penafsiran komunitas berdasarkan indeks keanekaragaman menggunakan kriteria sebagai berikut:

$H' < 1$  = Keragaman rendah

$1 \leq H' \leq 3$  = Keragaman sedang

$H' > 3$  = Keragaman tinggi

#### 4. Keceragaman

Keceragaman spesies dapat diukur dengan menggunakan Evenness Index sebagai berikut:

$$E = \frac{H'}{H'_{maks}} \text{ dimana, } H'_{maks} = \ln S$$

Keterangan:

E : Indeks keceragaman

H' maks : Keanekaragaman maksimum

S : Jumlah seluruh spesies

#### 5. Dominansi

Dominansi spesies mengukur kontribusi relatif spesies tertentu dalam jumlah total biomassa atau frekuensi individu dalam suatu komunitas. Dominansi suatu spesies merupakan nilai yang menunjukkan penguasaan suatu jenis terhadap komunitas (Odum, 1971). Dominansi dihitung dengan rumus dari Simpson sebagai berikut :

$$C = \sum \left( \frac{n_i}{N} \right)^2$$

Keterangan:

C : Indeks dominansi

$n_i$  : Jumlah individu suatu spesies

N : Jumlah seluruh individu dari seluruh spesies

Nilai indeks dominansi Simpson berkisar antara 0 dan 1. Ketika hanya ada satu spesies dalam komunitas maka nilai indeks dominansinya 1, tetapi pada saat kekayaan spesies dan pemerataan spesies meningkat maka nilai indeks dominansi

akan mendekati 0. Kategori indeks dominansi (Fachrul, 2007) sebagai berikut:

$C < 0,5$  = Tidak ada spesies yang mendominasi

$C > 0,5$  = Ada spesies yang mendominasi

#### 6. Similaritas

Indeks similaritas digunakan untuk membandingkan kesamaan antara dua atau lebih komunitas dengan membandingkan komposisi spesies dan keberadaan spesies yang relatif sama di antara komunitas tersebut.

$$Ss = \frac{2C}{A + B}$$

Keterangan:

Ss : Indeks similaritas Sorensen

A : Jumlah spesies pada habitat A

B : Jumlah spesies pada habitat B

C : Jumlah pasangan spesies yang dijumpai pada habitat A dan B

#### 7. Indeks nilai penting.

Indeks nilai penting digunakan untuk mengukur kontribusi relatif spesies tertentu dalam struktur komunitas, dengan mempertimbangkan faktor-faktor seperti frekuensi, kepadatan, dan dominansi. Indeks nilai penting (INP) dapat dihitung melalui rumus berikut:

$$INP = KR + FR + DR$$

Keterangan:

KR : kerapatan relatif, dengan rumus:  $(\text{kerapatan spesies} : \text{kerapatan total}) \times 100\%$

FR : frekuensi relatif, dengan rumus:  $(\text{frekuensi spesies} : \text{frekuensi total}) \times 100\%$

DR : dominansi relatif, dengan rumus:  $(\text{kerapatan spesies} : \text{dominansi total}) \times 100\%$

Dengan menggunakan parameter-parameter diatas, peneliti dapat memperoleh pemahaman yang lebih mendalam tentang struktur dan komposisi suatu komunitas. Hal ini dapat membantu dalam memprediksi perubahan dalam populasi dan komunitas secara umum, serta dalam memahami efek lingkungan dan interaksi antar spesies dalam suatu komunitas.

## **Studi Kasus**

Makrozoobenthos merupakan organisme yang hidup di dasar perairan. Struktur komunitas makrozoobentos dapat digunakan untuk menggambarkan kestabilan ekosistem yang ada di lingkungannya. Secara teoritis dan empiris, struktur komunitas dapat menjadi bioindikator mengenai pencemaran pantai. Beberapa penelitian mengenai komunitas makrozoobentos di perairan pantai di pulau Lombok, menunjukkan hasil yang bervariasi dari tinggi hingga rendah. Misalnya, makrozoobenthos yang terdapat di perairan pantai Tanjung Karang memiliki keanekaragaman spesies yang lebih rendah dibandingkan yang ada di pantai Gili Meno.



Gambar 8.1 Makrozoobentos

Berdasarkan informasi diatas:

1. Identifikasilah faktor-faktor biotik dan abiotik yang dapat mempengaruhi struktur komunitas makrozoobentos.
2. Analisalah manfaat dari informasi mengenai struktur komunitas makrozoobentos bagi lingkungan.
3. Analisalah peran manusia terhadap struktur komunitas makrozoobentos.

**Latihan:**

1. Seorang mahasiswa meneliti struktur komunitas makrozoobenthos di pantai Setangi, Lombok Utara. Dari hasil pengamatan, diperoleh data sebagai berikut.

No.	Nama spesies	Jumlah	
		Stasiun 1	Stasiun 2
1	<i>Telescopium telescopium</i>	10	14
2	<i>Terebralia palustris</i>	4	0
3	<i>Neritina turrita</i>	21	11
4	<i>Neritodryas dubia</i>	12	20
5	<i>Cerithidea cingulata</i>	6	15
6	<i>Cerithidea quadrata</i>	9	14
7	<i>Faunus ater</i>	14	10
8	<i>Nerita picea</i>	0	3

9	<i>Neritina natalensis</i>	17	19
10	<i>Polymesoda bengalensis</i>	15	13

Berdasarkan data di atas, analisislah:

- a. Kepadatan
  - b. Keanekaragaman
  - c. Dominansi
  - d. Kemerataan
  - e. Similaritas
  - f. Indeks nilai penting
2. Analisislah 3 artikel penelitian ekologi hewan. Uraikan metode pengambilan sampel pada 3 jenis hewan yang berbeda.

## **BAB X**

### **DINAMIKA SPASIAL DAN MUSIMAN**

Dinamika spasial dan musiman merupakan perubahan yang terjadi dalam pola distribusi dan perilaku hewan di lingkungan seiring dengan perubahan musiman dan spasial. Hal ini dapat mempengaruhi strategi hidup hewan, termasuk pola migrasi, reproduksi, dan interaksi dengan spesies lainnya dan berkaitan dengan pola distribusi hewan di dalam lingkungan.

Dalam beberapa kasus, dinamika spasial dan musiman pada ekologi hewan dapat saling terkait. Misalnya, hewan yang melakukan migrasi musiman mungkin mempengaruhi pola distribusi hewan di tempat-tempat yang berbeda sepanjang tahun. Begitu juga, perubahan dalam pola distribusi hewan di lingkungan dapat mempengaruhi strategi migrasi atau reproduksi hewan. Oleh karena itu, memahami dinamika spasial dan musiman sangat penting dalam memahami interaksi antar spesies dan menjaga keseimbangan ekosistem.

Beberapa faktor yang mempengaruhi dinamika spasial dan musiman adalah sebagai berikut.

1. Variasi lingkungan. Perubahan dalam faktor lingkungan, seperti suhu, kelembaban, dan ketersediaan sumber daya, dapat mempengaruhi kehadiran dan kelimpahan spesies di suatu lokasi tertentu.
2. Migrasi. Organisme dapat bermigrasi ke wilayah yang lebih cocok untuk kelangsungan hidup mereka, seperti burung yang

bermigrasi dari daerah yang lebih dingin ke daerah yang lebih hangat selama musim dingin.

3. Interaksi antar spesies. Interaksi antar spesies seperti persaingan, *predator-prey*, atau mutualisme dapat mempengaruhi kehadiran dan kelimpahan spesies dalam suatu komunitas.
4. Perubahan musim. Pada banyak spesies, faktor musim seperti perubahan dalam suhu dan ketersediaan sumber daya dapat mempengaruhi siklus hidup mereka, seperti periode kawin, masa subur, dan migrasi.

### **A. Dinamika Spasial**

Dinamika spasial adalah perubahan yang terjadi dalam distribusi spasial atau penyebaran populasi hewan di suatu area atau ekosistem. Faktor-faktor seperti ketersediaan sumber daya, interaksi antar spesies, dan perubahan lingkungan dapat mempengaruhi dinamika spasial. Contoh dinamika spasial adalah perpindahan atau migrasi hewan dari satu habitat ke habitat lainnya dalam rangka mencari makanan, tempat berkembang biak, atau menghindari predator. Dinamika spasial juga dapat mempengaruhi interaksi antar spesies, seperti persaingan atau ketergantungan mutualistik antara spesies yang mendiami area yang sama.

Pengaruh dinamika spasial terhadap populasi hewan dapat sangat signifikan. Beberapa pengaruh penting dari dinamika spasial adalah sebagai berikut:

1. Perpindahan Habitat. Dinamika spasial dapat mempengaruhi perpindahan habitat hewan dari satu tempat ke tempat lain dalam rangka mencari sumber daya seperti makanan, tempat berkembang biak, atau tempat perlindungan. Perubahan dalam distribusi spasial dapat mempengaruhi ketersediaan sumber daya dan interaksi antar spesies.
2. Interaksi Antar Spesies. Dinamika spasial juga mempengaruhi interaksi antar spesies. Ketika populasi hewan berpindah atau berubah dalam distribusi spasial, interaksi seperti persaingan, predasi, atau ketergantungan mutualistik antara spesies dapat terjadi. Perubahan dalam pola penyebaran populasi dapat mempengaruhi dinamika ekosistem secara keseluruhan.
3. Fragmentasi Habitat. Dinamika spasial juga terkait dengan fragmentasi habitat, yaitu pembagian habitat menjadi bagian-bagian yang lebih kecil akibat aktivitas manusia atau perubahan lingkungan. Fragmentasi habitat dapat mempengaruhi pergerakan dan penyebaran populasi hewan, serta mengurangi ketersediaan sumber daya dan meningkatkan risiko kepunahan.

## **B. Dinamika Musiman**

Dinamika musiman adalah perubahan yang terjadi dalam populasi hewan atau ekosistem seiring dengan perubahan musim. Faktor-faktor seperti suhu, curah hujan, dan panjang hari dapat mempengaruhi dinamika musiman. Contoh dinamika musiman adalah perubahan dalam aktivitas reproduksi, migrasi, atau pola makan hewan seiring dengan perubahan musim. Beberapa hewan

memiliki adaptasi khusus untuk menghadapi perubahan musiman, seperti hibernasi pada beberapa mamalia untuk bertahan dalam kondisi musim dingin. Berikut adalah pengaruh dinamika musiman terhadap populasi hewan.

### 1. Aktivitas Reproduksi

Dinamika musiman dapat mempengaruhi aktivitas reproduksi hewan. Beberapa hewan hanya berkembang biak pada musim tertentu, seperti pada musim semi atau musim hujan. Perubahan dalam faktor-faktor musiman dapat mempengaruhi aktivitas reproduksi dan kelangsungan hidup populasi hewan.

### 2. Migrasi

Beberapa hewan melakukan migrasi pada musim tertentu untuk mencari makanan atau tempat berkembang biak yang lebih baik. Perubahan dalam faktor-faktor musiman dapat mempengaruhi pola migrasi dan penyebaran populasi hewan.

### 3. Pola Makan

Dinamika musiman juga dapat mempengaruhi pola makan hewan. Beberapa hewan hanya makan pada musim tertentu, seperti pada musim panas atau musim dingin. Perubahan dalam faktor-faktor musiman dapat mempengaruhi ketersediaan makanan dan pola makan hewan.

Dinamika spasial dan musiman merupakan aspek penting dalam memahami bagaimana populasi hewan berinteraksi dengan lingkungan mereka. Studi tentang dinamika ini membantu ilmuwan dan ahli ekologi untuk memahami perubahan dalam

populasi hewan, pola migrasi, interaksi antar spesies, dan adaptasi terhadap perubahan musiman.

### **Studi Kasus**

Beberapa lahan hutan maupun pertanian di NTB telah mengalami alih fungsi menjadi perkebunan dan perumahan. Contoh kasus yang paling ramai diperbincangkan ialah maraknya penggundulan gunung di wilayah Kabupaten Bima karena pembukaan ladang jagung. Hal ini menyebabkan perubahan yang sangat signifikan dan mengakibatkan terjadinya bencana alam (seperti banjir dan longsor) pada ekosistem hutan. Penebangan pohon diduga juga berdampak pada dinamika spasial hewan-hewan yang mendiami ekosistem asli (asal).

Analisalah bagaimana pengalihfungsian lahan dapat mempengaruhi dinamika spasial hewan? Lalu apa yang dapat anda lakukan untuk perbaikan ekosistem ke depannya?

### **Latihan:**

1. Uraikanlah perbedaan antara dinamika spasial dan dinamika musiman.
2. Apakah katak mengalami dinamika spasial dan musiman? Jelaskan pendapatmu.
3. Perubahan musim adalah salah satu faktor yang mempengaruhi terjadinya dinamika musiman. Jika kita membandingkan cuaca saat ini, dimana cuaca tidak menentu dan sulit diprediksi, apakah hal tersebut akan mengubah dinamika musiman pada hewan? Uraikan jawaban anda dan berikan contoh kongkritnya.



## **BAB XI SUKSESI**

Suksesi adalah proses perubahan pada aspek ekologi dan lingkungan yang berjalan terus-menerus secara teratur dalam jangka waktu tertentu dan membentuk komunitas baru. Suksesi terjadi karena adanya perubahan lingkungan, yaitu gangguan alami seperti banjir, kebakaran, angin kencang, dan gangguan buatan seperti penebangan hutan dan pembakaran padang rumput dengan sengaja. Proses suksesi berakhir saat sebuah komunitas atau ekosistem mencapai klimaks atau telah tercapai keadaan seimbang (homeostatis).

### **A. Tipe Suksesi**

Suksesi dapat dibedakan menjadi dua jenis, yaitu suksesi primer dan suksesi sekunder.

#### **1. Suksesi Primer**

Suksesi primer terjadi pada daerah baru di mana sebelumnya tanah tidak mampu menopang kehidupan. Contohnya adalah daerah yang baru terbentuk akibat letusan gunung berapi atau pengangkatan lautan. Suksesi primer dimulai dengan kolonisasi organisme-organisme perintis seperti lumut, ganggang, dan bakteri, yang kemudian diikuti oleh tumbuhan-tumbuhan yang lebih kompleks dan akhirnya membentuk komunitas baru.

#### **2. Suksesi Sekunder**

Suksesi sekunder terjadi pada daerah yang sebelumnya telah memiliki komunitas, namun mengalami gangguan atau

kerusakan. Contohnya adalah kebakaran hutan atau penebangan hutan. Suksesi sekunder dimulai dengan kolonisasi oleh organisme-organisme pada tingkatan sekunder seperti gulma dan semak, yang kemudian diikuti oleh tumbuhan-tumbuhan yang lebih kompleks dan akhirnya membentuk komunitas baru

## **B. Model-model suksesi**

Model terjadinya suksesi dibagi menjadi 3 yaitu model toleransi, inhibisi, dan fasilitasi (Pickett & White, 1985).

### **1. Model Toleransi**

Model suksesi toleransi adalah model yang menjelaskan perubahan dalam komposisi spesies dalam suatu komunitas ekologi seiring waktu. Model ini berfokus pada toleransi spesies terhadap perubahan lingkungan. Dalam model suksesi toleransi, suksesi komunitas dimulai dengan spesies pionir yang mampu bertahan dalam kondisi lingkungan yang ekstrem atau terganggu. Kemudian, spesies berikutnya memasuki komunitas saat kondisi lingkungan menjadi lebih stabil dan lebih toleran terhadap perubahan.

Ada beberapa tahap dalam model suksesi toleransi:

- a. Fase Pionir. Tahap ini melibatkan kolonisasi oleh spesies pionir yang mampu bertahan dalam kondisi lingkungan yang ekstrem atau terganggu. Spesies pionir biasanya memiliki karakteristik seperti kemampuan bersifat *r-selected*, tumbuh dengan cepat, dan memiliki adaptasi untuk memperoleh sumber daya dalam kondisi yang keras.

Spesies R-selected adalah spesies-spesies yang memiliki tingkat reproduksi yang tinggi, memproduksi banyak keturunan, tetapi sulit bertahan hidup. Umumnya ditandai dengan proses pematangan (pedewasaan) yang sangat cepat, umur yang pendek, dan keturunannya tidak membutuhkan perawatan.

- b. Fase Peralihan. Seiring waktu, kondisi lingkungan menjadi lebih stabil dan lebih cocok untuk spesies-suksesi berikutnya. Spesies yang lebih toleran terhadap perubahan menggantikan spesies pionir dan menjadi dominan dalam komunitas.
  - c. Fase Klimaks. Pada tahap ini, komunitas mencapai keadaan klimaks, di mana komposisi spesies menjadi relatif stabil dan mencapai keseimbangan dengan lingkungan. Spesies yang hadir di tahap klimaks dianggap paling toleran terhadap kondisi lingkungan yang ada dan cenderung memiliki peran penting dalam mempertahankan keseimbangan ekosistem.
2. Model Inhibisi

Model suksesi inhibisi (*inhibition*) adalah model suksesi yang menjelaskan bahwa, kemampuan spesies pada tahap awal suksesi dapat menghambat atau mempersulit penyebaran spesies baru dalam lingkungan tersebut. Model suksesi inhibisi menekankan bahwa spesies pada tahap awal suksesi memiliki keunggulan yang signifikan dalam persaingan untuk sumber daya. Karena spesies ini telah berkembang dan menyebar

sebelum spesies baru datang, mereka dapat mengambil alih sebagian besar sumber daya dan menciptakan kondisi lingkungan yang kurang menguntungkan bagi spesies baru. Hal ini dapat menyebabkan spesies baru sulit untuk tumbuh dan berkembang dalam lingkungan tersebut, bahkan mungkin tidak bisa bertahan hidup sama sekali.

Model suksesi inhibisi umumnya terjadi komunitas yang memiliki kondisi lingkungan yang stabil dan relatif konstan, sehingga spesies awal suksesi dapat mempertahankan dominasi mereka untuk jangka waktu yang lebih lama. Beberapa contoh dari spesies yang dapat menghambat suksesi komunitas lain adalah tumbuhan semak dan pohon yang dapat menutupi permukaan tanah dan menghambat pertumbuhan tumbuhan di bawahnya.

### 3. Model Terfasilitasi

Model suksesi terfasilitasi adalah model yang menjelaskan bagaimana spesies pada tahap awal suksesi memfasilitasi atau mempermudah penyebaran spesies baru dalam lingkungan tersebut. Dalam model ini, spesies pada tahap awal suksesi menciptakan kondisi yang lebih menguntungkan bagi spesies baru dengan menyediakan sumber daya atau mengurangi tekanan lingkungan tertentu.

Pada suksesi terfasilitasi, spesies pionir pada tahap awal suksesi mempengaruhi lingkungan melalui berbagai mekanisme, seperti pengendalian persaingan, peningkatan ketersediaan sumber daya, atau perubahan struktur lingkungan.

Mekanisme ini memungkinkan spesies suksesi berikutnya untuk tumbuh dan berkembang dengan lebih baik daripada jika mereka berada dalam lingkungan yang tidak dipengaruhi oleh spesies pionir.

Beberapa contoh suksesi terfasilitasi yakni:

- Tumbuhan pionir menanam akar mereka dan memperbaiki tanah yang longsor atau terdegradasi, sehingga memungkinkan spesies tumbuhan lain untuk mengakar dan tumbuh di daerah tersebut.
- Spesies pohon pionir memberikan naungan, sehingga menyediakan kondisi yang lebih cocok bagi spesies tumbuhan yang lebih rentan terhadap sinar matahari langsung maupun angin.
- Tumbuhan legum memperbaiki kandungan nitrogen di tanah melalui simbiosis mutualistik dengan bakteri yang hidup dalam akar mereka. Ini meningkatkan ketersediaan nitrogen bagi spesies tumbuhan lain yang membutuhkannya.

### **C. Tahapan Suksesi**

Proses perubahan dalam suksesi primer untuk mencapai klimaks, membutuhkan waktu puluhan, ratusan bahkan ribuan tahun. Waktu yang dibutuhkan suksesi sekunder untuk mencapai klimaks lebih cepat dibandingkan dengan suksesi primer. Tingkat perubahan komunitas dapat berlangsung dalam periode pendek disebabkan habitat (tanah dan air) sudah terbentuk untuk

menyokong pertumbuhan vegetasi. Proses yang terjadi pada saat suksesi adalah sebagai berikut.

1. Nudasi adalah proses terbentuknya tanah baru akibat pengendapan partikel-partikel tanah yang terbawa oleh air atau angin. Proses ini merupakan awal dari suksesi primer.
2. Invasi adalah proses masuknya organisme-organisme ke dalam suatu daerah yang kosong atau terganggu. Organisme-organisme ini biasanya adalah tumbuhan-tumbuhan perintis yang mampu tumbuh di daerah yang belum memiliki tanah yang cukup.
3. Kompetisi, terjadi ketika organisme-organisme yang telah masuk ke dalam suatu daerah mulai bersaing untuk mendapatkan sumber daya seperti air, nutrisi, dan cahaya matahari. Organisme yang lebih kuat akan mendominasi daerah tersebut dan menghambat pertumbuhan organisme yang lebih lemah.
4. Reaksi. Reaksi adalah proses di mana lingkungan fisik dan kimia di sekitar organisme berubah akibat keberadaan organisme tersebut. Contohnya adalah peningkatan kadar nutrisi di tanah akibat penguraian bahan organik oleh bakteri dan fungi.
5. Pertumbuhan dan perkembangan. Setelah organisme-organisme berhasil menetap di suatu daerah, mereka akan tumbuh dan berkembang menjadi tumbuhan yang lebih kompleks. Proses ini akan berlangsung terus-menerus hingga terbentuk suatu komunitas yang stabil.

Kecepatan proses suksesi pada suatu komunitas atau ekosistem dipengaruhi beberapa faktor, yaitu:

1. Kecepatan pemancaran biji atau benih. Kecepatan pemancaran biji atau benih dalam ekosistem dapat mempengaruhi kecepatan suksesi. Jika biji atau benih dapat tersebar dengan cepat dan efisien, maka proses suksesi akan berlangsung lebih cepat
2. Luasnya habitat asal yang mengalami kerusakan. Luasnya habitat asal yang mengalami kerusakan juga mempengaruhi kecepatan suksesi. Semakin luas habitat yang rusak, semakin banyak area yang perlu direstorasi, dan ini dapat mempengaruhi kecepatan suksesi.
3. Jenis-jenis tumbuhan di sekitar ekosistem yang terganggu. Jenis-jenis tumbuhan yang ada di sekitar ekosistem yang mengalami gangguan juga dapat mempengaruhi kecepatan suksesi. Beberapa tumbuhan memiliki kemampuan untuk tumbuh dan berkembang dengan cepat, sehingga mereka dapat mendominasi area yang terganggu dan mempercepat proses suksesi.
4. Iklim. Iklim, terutama arah dan kecepatan angin yang membawa biji, spora, dan benih lain serta curah hujan, juga dapat berpengaruh dalam proses suksesi. Iklim yang mendukung penyebaran biji dan pertumbuhan tanaman akan mempercepat suksesi.
5. Jenis substrat baru yang terbentuk. Jenis substrat baru yang terbentuk setelah gangguan atau kerusakan juga dapat

mempengaruhi kecepatan suksesi. Beberapa jenis substrat mungkin lebih cocok untuk pertumbuhan tanaman daripada yang lain, dan ini akan mempengaruhi kecepatan suksesi.

## Studi Kasus

Pada tahun 1815, tanggal 10 April terjadi erupsi Gunung Tambora, Pulau Sumbawa. Erupsi ini merupakan erupsi yang paling dahsyat dalam sejarah manusia. Erupsi ini mengakibatkan perubahan yang sangat signifikan pada iklim global, sehingga menyebabkan hilangnya cahaya matahari selama setahun di tahun 1815. Sekitar 10.000 orang meninggal akibat erupsi, dan puluhan ribu lainnya meninggal akibat kelaparan dan penyakit. Erupsi gunung Tambora menyisakan kaldera berukuran 6-7 km panjangnya dan kedalaman sekitar 600-700 m. Kini, status gunung Tambora telah dinyatakan *stratovolcano* aktif.

Gunung Rinjani merupakan gunung berapi yang masih aktif di Pulau Lombok. Erupsi terakhir gunung Rinjani terjadi di tahun 2016, khususnya pada puncak gunung Barujari. Erupsi ini mengakibatkan awan debu pada ketinggian 2000 m, dan menutup jalur pendakian selama beberapa waktu.

Berdasarkan informasi di atas, analisislah:

- a. Apakah terjadi suksesi pada erupsi kedua gunung tersebut? Jelaskan alasanmu.
- b. Apakah yang membedakan erupsi gunung Tambora dan gunung Barujari, Rinjani? Jelaskan perbedaan pengaruh antara kedua

erupsi tersebut terhadap kehidupan hewan, tumbuhan dan manusia.

- c. Analisa dan prediksilah, peristiwa apa yang dapat memungkinkan terjadinya suksesi primer di masa depan? Bagaimana dampaknya? Dan apa yang dapat kita lakukan untuk mengantisipasi efek negatifnya?

### **Latihan**

1. Uraikan pendapat anda, apakah pandemi covid-19 memungkinkan terjadinya suksesi?
2. Di daerah Pusuk, Lombok Barat sering terjadi longsor berulang-kali. Jelaskan proses suksesi yang terjadi disana.
3. Jika bencana alam terjadi secara beruntun misalnya gunung meletus dan banjir. Apa yang akan terjadi pada ekosistem di gunung dan sekitarnya?



## **BAB XII**

# **HOMEOSTATIS EKOSISTEM DAN KESTABILAN KOMUNITAS**

### **A. Homeostatis Ekosistem**

Ekosistem mempunyai kemampuan untuk menangkal berbagai perubahan ataupun gangguan yang dialaminya sehingga terjagalah keseimbangan yang ada di dalamnya. Keseimbangan ekosistem disebut homeostatis ekosistem. Mekanisme homeostatis 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.

Homeostatis ekosistem tidak berarti bahwa kondisi ekosistem harus benar-benar stabil. Ekosistem dapat mengalami perubahan, namun tetap mempertahankan keseimbangan dan stabilitasnya melalui mekanisme pengaturan yang tepat. Homeostatis ekosistem sangat penting untuk menjaga kesehatan dan keberlanjutan ekosistem. Jika homeostatis terganggu, dapat menyebabkan perubahan yang signifikan dalam jumlah dan karakteristik spesies dalam suatu komunitas. Beberapa faktor yang dapat membantu mempertahankan homeostatis ekosistem adalah sebagai berikut.

#### **1. Keanekaragaman Hayati**

Keanekaragaman hayati yang tinggi dalam suatu ekosistem dapat memberikan kestabilan dan ketahanan terhadap perubahan. Semakin banyak spesies yang ada dalam

ekosistem, semakin besar kemungkinan adanya organisme yang dapat mengisi peran penting dalam menjaga keseimbangan ekosistem.

## 2. Interaksi Simbiotik

Interaksi simbiotik antara organisme dalam ekosistem, seperti mutualisme dan simbiosis, dapat membantu menjaga keseimbangan dan homeostasis. Contohnya, hubungan mutualisme antara tumbuhan dan bakteri rhizobia yang membantu dalam penyerapan nitrogen dapat mempertahankan keseimbangan nutrisi dalam ekosistem.

## 3. Siklus Biogeokimia

Siklus biogeokimia, seperti siklus karbon, nitrogen, dan fosfor, merupakan proses alami yang membantu menjaga keseimbangan nutrisi dan energi dalam ekosistem. Siklus ini melibatkan interaksi antara organisme dan lingkungan fisik, dan berkontribusi dalam mempertahankan homeostasis ekosistem.

## 4. Regulasi Populasi

Regulasi populasi melalui mekanisme seperti persaingan, predasi, dan interaksi antara predator dan mangsa dapat membantu menjaga keseimbangan populasi dan mencegah ledakan populasi yang dapat mengganggu homeostasis ekosistem.

## 5. Kapasitas Pemulihan

Kemampuan ekosistem untuk pulih setelah mengalami gangguan atau perubahan dapat membantu mempertahankan

homeostasis. Ekosistem yang memiliki kapasitas pemulihan yang baik dapat mengembalikan keseimbangan dan fungsi ekosistem setelah mengalami gangguan.

## 6. Pengelolaan Manusia yang Berkelanjutan

Tindakan pengelolaan ekosistem yang berkelanjutan oleh manusia, seperti penggunaan sumber daya alam yang bijak dan pengurangan pencemaran, dapat membantu menjaga homeostasis ekosistem. Melibatkan masyarakat dalam pengelolaan dan perlindungan ekosistem juga penting untuk mempertahankan keseimbangan dan keberlanjutan ekosistem.

Meskipun ekosistem mempunyai kemampuan untuk menangkal setiap gangguan dari luar untuk menjaga keseimbangannya, tetapi kemampuan tersebut ada batasnya. Manusia yang sebetulnya merupakan salah satu unsur dalam ekosistem, justru seringkali merupakan pengganggu yang terbesar terhadap kelangsungan hidup ekosistem itu sendiri. Hal ini terjadi ketika manusia memanfaatkan sumber daya alam untuk kesejahteraan mereka. Ada beberapa faktor yang dapat mengganggu homeostasis ekosistem antara lain:

### 1. Perubahan Iklim

Perubahan iklim dapat mempengaruhi suhu, curah hujan, dan faktor fisik lainnya yang terkait dalam studi ekologi. Perubahan ini dapat mengganggu keseimbangan ekosistem dan mengakibatkan pergeseran dalam populasi spesies tertentu.

### 2. Kerusakan Habitat

Kerusakan habitat dapat mengganggu keseimbangan ekosistem dan mengakibatkan penurunan populasi spesies tertentu. Contohnya, penebangan hutan dan perusakan terumbu karang dapat mengganggu keseimbangan ekosistem di darat dan laut.

### 3. Pencemaran

Pencemaran dapat mempengaruhi kualitas air, udara, dan tanah yang dapat mengganggu keseimbangan ekosistem. Contohnya, limbah industri dan pertanian dapat mencemari air dan tanah, sehingga mengganggu keseimbangan ekosistem di sekitarnya.

### 4. Spesies Invasif

Spesies invasif dapat mengganggu keseimbangan ekosistem dengan mengambil sumber daya dari spesies asli dan mengurangi populasi spesies asli. Contohnya, tanaman invasif dapat mengambil nutrisi dari tanah dan mengurangi populasi hewan asli.

### 5. Pemanenan Berlebihan

Pemanenan berlebihan dapat mengganggu keseimbangan ekosistem dengan mengurangi populasi spesies tertentu. Contohnya, pemanenan ikan yang berlebihan dapat mengurangi populasi ikan di suatu perairan dan mengganggu keseimbangan ekosistem di sekitarnya.

### 6. Pencemaran Suara

Pencemaran suara dapat mengganggu keseimbangan ekosistem dengan mengganggu komunikasi dan perilaku

hewan tertentu. Contohnya, suara bising dari lalu lintas dapat mengganggu perilaku burung dan mamalia di sekitarnya.

Untuk mempertahankan dan memperbaiki homeostasis ekosistem, dapat dilakukan beberapa langkah dan tindakan, antara lain:

#### 1. Konservasi Habitat.

Melindungi dan mempertahankan habitat alami serta mengurangi kerusakan habitat seperti penebangan hutan dan perusakan terumbu karang. Hal ini akan membantu menjaga keseimbangan ekosistem dan memperbaiki kondisi lingkungan.

#### 2. Pengelolaan Sumber Daya

Mengelola sumber daya alam dengan bijak, termasuk pemanenan ikan dan tumbuhan, untuk mencegah pemanenan berlebihan dan menjaga keseimbangan populasi spesies.

#### 3. Pengendalian Spesies Invasif

Mengidentifikasi dan mengendalikan spesies invasif yang dapat mengganggu keseimbangan ekosistem. Tindakan ini dapat melibatkan penghapusan spesies invasif dan pemulihan habitat asli.

#### 4. Pengurangan Pencemaran

Mengurangi pencemaran air, udara, dan tanah dengan mengadopsi praktik yang ramah lingkungan dan menggunakan teknologi yang lebih bersih. Hal ini akan membantu menjaga kualitas lingkungan dan memperbaiki homeostasis ekosistem.

## 5. Pengelolaan Perubahan Iklim

Mengurangi emisi gas rumah kaca dan mengadopsi praktik yang berkelanjutan untuk mengurangi dampak perubahan iklim. Langkah-langkah ini dapat meliputi penggunaan energi terbarukan, penghematan energi, dan penanaman kembali hutan.

## 6. Pendidikan dan Kesadaran Lingkungan

Meningkatkan kesadaran masyarakat tentang pentingnya menjaga keseimbangan ekosistem dan memperbaiki homeostasis. Pendidikan lingkungan yang efektif dapat mendorong tindakan individu dan kolaborasi dalam menjaga keberlanjutan ekosistem.

### **B. Kestabilan Komunitas**

Stabilitas komunitas mengacu pada kemampuan suatu komunitas ekologi untuk mempertahankan struktur dan fungsi yang relatif konstan dari waktu ke waktu, bahkan jika terjadi gangguan atau perubahan lingkungan. Konsep stabilitas komunitas didasarkan pada gagasan bahwa ekosistem memiliki tingkat ketahanan atau ketangguhan yang berbeda terhadap gangguan atau perubahan lingkungan. Ada beberapa teori dan model yang menjelaskan konsep stabilitas komunitas, namun ada dua teori utama yang banyak dibahas dalam studi ekologi, yaitu:

#### 1. Teori Kestabilan Klasik

Teori ini menyatakan bahwa suatu komunitas stabil jika ia kembali ke kondisi yang sama setelah terjadi gangguan atau

perubahan lingkungan. Ini berarti bahwa komunitas tersebut memiliki kemampuan untuk mengembalikan keadaan awalnya secara otomatis dan mampu mempertahankan struktur dan fungsi yang relatif konstan dari waktu ke waktu.

## 2. Teori Kestabilan Domain

Teori ini menyatakan bahwa suatu komunitas stabil jika ia tetap berada di dalam domain atau batas yang didefinisikan oleh faktor lingkungan tertentu. Artinya, suatu komunitas tidak selalu kembali ke kondisi awalnya setelah terjadi gangguan atau perubahan lingkungan, namun masih mampu mempertahankan struktur dan fungsi yang relatif konstan selama tetap berada dalam domain atau batas yang didefinisikan oleh faktor lingkungan tertentu.

Beberapa faktor yang mempengaruhi stabilitas komunitas meliputi keanekaragaman spesies, interaksi antar spesies, dan ketersediaan sumber daya. Keanekaragaman spesies dapat meningkatkan stabilitas komunitas dengan memberikan cadangan spesies untuk mengisi relung ekologis yang hilang akibat gangguan atau perubahan lingkungan. Interaksi antar spesies seperti mutualisme, predasi, dan kompetisi juga dapat mempengaruhi stabilitas komunitas dengan mempengaruhi kelimpahan dan distribusi spesies di dalam komunitas. Ketersediaan sumber daya seperti air, nutrisi, dan energi juga dapat mempengaruhi stabilitas komunitas dengan membatasi kelimpahan dan distribusi spesies.

Untuk mencapai kestabilan, suatu komunitas harus memiliki daya *resistensi* dan *resiliensi* dalam menghadapi gangguan (perubahan) lingkungan yang drastis.

## 1. Resistensi

Konsep resistensi komunitas merujuk pada kemampuan suatu komunitas ekologi untuk tetap stabil atau mempertahankan struktur dan fungsi yang relatif konstan saat terjadi gangguan atau perubahan lingkungan. Resistensi komunitas adalah ukuran sejauh mana suatu komunitas dapat menghadapi atau menahan efek negatif dari gangguan atau perubahan tersebut.

Dalam konteks resistensi komunitas, terdapat beberapa konsep yang relevan (Tilman, 1996):

### a. Resistensi Terhadap Gangguan

Resistensi komunitas terhadap gangguan mengacu pada kemampuan komunitas untuk tetap stabil atau mempertahankan struktur dan fungsi meskipun ada gangguan eksternal. Sebuah komunitas yang resisten terhadap gangguan akan mengalami perubahan yang minimal atau cepat pulih setelah terjadinya gangguan.

### b. Resistensi Terhadap Perubahan Lingkungan

Resistensi komunitas terhadap perubahan lingkungan menggambarkan kemampuan komunitas untuk mempertahankan struktur dan fungsi saat terjadi perubahan lingkungan yang bertahap. Komunitas yang resisten terhadap perubahan lingkungan mampu tetap berfungsi secara efektif

meskipun ada perubahan dalam faktor-faktor lingkungan seperti suhu, curah hujan, atau komposisi tanah.

### c. Resistensi Terhadap Invasi Spesies Asing

Resistensi komunitas terhadap invasi spesies asing menggambarkan kemampuan komunitas untuk mencegah, menahan, atau mengurangi dampak invasi spesies yang tidak asli atau eksotis. Komunitas yang resisten terhadap invasi spesies asing mampu menjaga keanekaragaman spesies asli, struktur rantai makanan, dan fungsionalitas ekosistemnya.

Faktor-faktor yang mempengaruhi resistensi komunitas meliputi keanekaragaman spesies, interaksi antar spesies, adaptabilitas, dan ketersediaan sumber daya. Keanekaragaman spesies yang tinggi dapat meningkatkan resistensi komunitas dengan memberikan lebih banyak opsi dan potensi interaksi yang kompleks di dalam komunitas. Interaksi antar spesies, seperti mutualisme dan predasi, juga dapat memberikan resistensi terhadap perubahan dan gangguan dengan mempengaruhi struktur dan kelimpahan spesies di dalam komunitas. Kemampuan adaptasi spesies terhadap perubahan lingkungan juga memainkan peran penting dalam resistensi komunitas. Selain itu, ketersediaan sumber daya yang memadai seperti air, nutrisi, dan tempat berlindung dapat meningkatkan resistensi komunitas.

## 2. Resiliensi

Resiliensi komunitas adalah kemampuan komunitas untuk beradaptasi dengan perubahan lingkungan atau kondisi yang tidak stabil, sehingga mampu mempertahankan fungsi dan strukturnya.

Konsep resiliensi komunitas merujuk pada kemampuan suatu komunitas untuk pulih dan kembali ke keadaan awal setelah mengalami gangguan atau perubahan yang signifikan. Gangguan tersebut misalnya seperti kebakaran, banjir, angin topan, ledakan populasi serangga, dan aktivitas manusia seperti penggundulan hutan, pengeboran untuk ekstraksi minyak, pestisida yang disemprotkan ke dalam tanah, dan introduksi spesies tanaman atau hewan eksotik. Gangguan dengan besaran yang cukup atau durasi yang lama dapat sangat mempengaruhi ekosistem dan dapat memaksa ekosistem untuk mencapai ambang batas. Aktivitas manusia yang berdampak buruk pada ketahanan ekologis seperti pengurangan keanekaragaman hayati, eksploitasi sumber daya alam, polusi, penggunaan lahan, dan perubahan iklim semakin menyebabkan pergeseran keseimbangan ekosistem.

Untuk mencapai resiliensi komunitas, ada beberapa faktor yang mempengaruhi yaitu:

### 1. Kapasitas Pulih

Kapasitas pulih ialah kemampuan komunitas untuk pulih setelah mengalami gangguan atau perubahan. Komunitas yang memiliki kapasitas pulih yang tinggi akan mampu pulih dengan cepat setelah mengalami gangguan.

### 2. Perubahan Adaptif

Perubahan adaptif ialah kemampuan suatu komunitas untuk beradaptasi dengan perubahan lingkungan atau kondisi yang tidak stabil. Komunitas yang memiliki perubahan adaptif

yang baik akan mampu mengubah struktur dan fungsi mereka agar tetap dapat berfungsi secara efektif di bawah kondisi yang berubah.

### 3. Keberlanjutan

Keberlanjutan ialah kemampuan suatu komunitas untuk mempertahankan keseimbangan dan fungsi meskipun terjadi perubahan lingkungan atau gangguan. Komunitas yang berkelanjutan akan terus berfungsi secara efektif dan mampu bertahan lama.

Faktor-faktor lain yang mempengaruhi resiliensi komunitas meliputi keanekaragaman spesies, interaksi antar spesies, adaptabilitas, dan ketersediaan sumber daya. Keanekaragaman spesies yang tinggi dapat meningkatkan resiliensi komunitas dengan memberikan lebih banyak opsi dan potensi interaksi yang kompleks di dalam komunitas. Interaksi antar spesies, seperti mutualisme dan predasi, juga dapat memberikan resiliensi terhadap perubahan dan gangguan dengan mempengaruhi struktur dan kelimpahan spesies di dalam komunitas. Kemampuan adaptasi spesies terhadap perubahan lingkungan juga memainkan peran penting dalam resiliensi komunitas. Selain itu, ketersediaan sumber daya yang memadai seperti air, nutrisi, dan tempat berlindung dapat meningkatkan resiliensi komunitas.

Upaya yang dapat dilakukan manusia untuk mendukung resiliensi ekosistem antara lain:

1. Mengintegrasikan ekosistem ke dalam praktik resiliensi, untuk membantu meningkatkan kapasitas adaptasi dan mitigasi terhadap perubahan iklim dan bencana alam. Hal ini dapat dilakukan dengan memperkuat kapasitas masyarakat dalam mengelola ekosistem dan memulihkan habitat asli.
2. Memelihara dan meningkatkan resiliensi masyarakat dalam memanfaatkan ekosistem sangat diperlukan dalam upaya pengelolaan ekosistem. Hal ini dapat dilakukan dengan memberikan pendidikan dan pelatihan kepada masyarakat tentang cara mengelola ekosistem secara berkelanjutan.
3. Meningkatkan kapasitas adaptasi masyarakat terhadap perubahan iklim dan bencana alam dapat membantu meningkatkan resiliensi ekosistem. Hal ini dapat dilakukan dengan memberikan akses informasi dan teknologi yang diperlukan untuk menghadapi perubahan iklim dan bencana alam.
4. Meningkatkan kapasitas mitigasi terhadap perubahan iklim dan bencana alam dapat membantu meningkatkan resiliensi ekosistem. Hal ini dapat dilakukan dengan mengurangi emisi gas rumah kaca dan mengadopsi praktik yang berkelanjutan untuk mengurangi dampak perubahan iklim.
5. Meningkatkan pemahaman tentang ekosistem dan pentingnya menjaga keseimbangan ekosistem dapat membantu meningkatkan resiliensi ekosistem. Hal ini dapat dilakukan dengan memberikan pendidikan dan kampanye tentang pentingnya menjaga keberlanjutan ekosistem.

## **Studi Kasus**

Sungai Babak di Kebon Kongok, Desa Taman Ayu, Kecamatan Gerung, Lombok Barat teridentifikasi sebagai sungai paling tercemar kelima di Indonesia. Peneliti Walhi NTB menyatakan, ditemukan 1.046 partikel fiber di badan sungai Babak. 81% partikel fiber tersebut diduga berasal dari limbah pencucian kain, *laundry*, dan industri limbah tekstil yang dibuang ke sungai Babak. Menurut Bima (Peneliti Walhi NTB), kandungan fragmen sebagian besar berasal dari *sachet multilayer*, tutup botol, botol sampo dan sabun. Hal ini menyebabkan Sungai Babak menjadi sungai dengan tingkat pencemaran yang tinggi.

Berdasarkan informasi di atas:

1. Analisislah bagaimana stabilitas ekosistem sungai Babak saat ini?
2. Bagaimana persepsi masyarakat terhadap sungai Babak?
3. Apa saja yang perlu dilakukan untuk mendukung pemulihan ekosistem sungai Babak?

## **Latihan**

1. Sejak tahun 2019 hingga saat ini, dunia menghadapi pandemi yang diakibatkan oleh covid-19. Analisislah fenomena tersebut. Menurut anda, saat ini kita berada pada tahapan apa?
2. Menurut anda apa saja faktor-faktor yang dapat mendukung resistensi komunitas?
3. Analisislah lingkungan tempat tinggal anda. Apakah lingkungan anda telah mencapai kestabilan komunitas? Apa

saja faktor-faktor yang mempengaruhi/menentukan kestabilan komunitas disana? Uraikan jawaban anda disertai penjelasan yang logis dan ilmiah.

## **BAB XIII**

### **KONSERVASI**

Undang-Undang Nomor 5 Tahun 1990 tentang Konservasi Sumber Daya Alam Hayati dan Ekosistemnya pada Pasal 1 ayat 2, menjelaskan pengertian konservasi sumber daya alam hayati adalah pengelolaan sumber daya alam hayati yang pemanfaatannya dilakukan secara bijaksana untuk menjamin kesinambungan persediaannya dengan tetap memelihara dan meningkatkan kualitas keanekaragaman dan nilainya.

#### **A. Konservasi Lingkungan**

Konservasi lingkungan atau ekosistem adalah suatu upaya untuk menjaga dan melestarikan lingkungan hidup dan keanekaragaman hayati di dalamnya. Konservasi lingkungan bertujuan untuk meminimalkan dampak negatif manusia terhadap lingkungan dan memastikan keberlanjutan sumber daya alam. Beberapa strategi yang perlu dilakukan dalam konservasi lingkungan atau ekosistem adalah sebagai berikut.

1. Menjaga dan memulihkan habitat alami sebagai salah satu strategi utama konservasi lingkungan. Hutan, lautan, dan ekosistem lainnya perlu dipelihara agar spesies yang hidup di dalamnya dapat bertahan hidup
2. Membuat suaka marga satwa, cagar alam, taman nasional, dan hutan suaka alam, sehingga dapat membantu melindungi spesies yang terancam punah dan menjaga keberlanjutan ekosistem.

3. Memperbanyak penggunaan pupuk organik dan pupuk kandang untuk menjaga kelestarian tanah dan mengurangi penggunaan pupuk kimia yang dapat merusak lingkungan.
4. Mengurangi penggunaan bahan kimia berbahaya seperti pestisida dan herbisida dapat membantu menjaga keberlanjutan lingkungan dan kesehatan manusia.
5. Mengurangi penggunaan energi fosil dapat membantu mengurangi emisi gas rumah kaca dan dampak negatifnya terhadap lingkungan.

Manfaat konservasi lingkungan atau ekosistem bagi manusia dan lingkungan antara lain:

1. Menjaga keberlanjutan sumber daya alam. Konservasi lingkungan dapat membantu menjaga keberlanjutan sumber daya alam dan mencegah kekurangan sumber daya di masa depan.
2. Meningkatkan kualitas hidup manusia. Konservasi lingkungan dapat membantu meningkatkan kualitas hidup manusia dengan menjaga kesehatan lingkungan dan mencegah terjadinya bencana alam.
3. Melestarikan keanekaragaman hayati. Konservasi lingkungan dapat membantu melestarikan keanekaragaman hayati dan menjaga spesies yang terancam punah.
4. Mengurangi dampak negatif perubahan iklim: Konservasi lingkungan dapat membantu mengurangi dampak negatif perubahan iklim dengan mengurangi emisi gas rumah kaca.

Dalam melakukan konservasi lingkungan atau ekosistem, perlu dilakukan dengan bijaksana dan melibatkan partisipasi masyarakat. Konservasi lingkungan yang baik dapat memberikan manfaat jangka panjang bagi manusia dan lingkungan. Selain itu perlu dilakukan upaya konservasi terhadap hewan/fauna langka dan endemik baik di tingkat lokal maupun ekosistem secara keseluruhan.

## **B. Konservasi Hewan**

Indonesia memiliki banyak hewan langka dan endemik yang perlu dilindungi seperti komodo, burung jalak bali, macan tutul jawa, burung cendrawasih, kucing merah kalimantan, harimau sumatera, badak jawa, dugong, elang flores, dan owa jawa. Upaya konservasi terhadap hewan langka dan hewan endemik dapat dilakukan dengan berbagai cara, antara lain:

1. Memberikan edukasi dan sosialisasi kepada masyarakat tentang jenis hewan langka dan endemik yang dilindungi oleh pemerintah. Hal ini bertujuan agar masyarakat lebih memahami pentingnya menjaga keberadaan hewan langka dan endemik serta tidak melakukan tindakan yang merugikan hewan tersebut.
2. Mendukung upaya pelestarian lingkungan, seperti menjaga keberadaan habitat alami hewan langka dan endemik, mengurangi penggunaan bahan kimia berbahaya, dan mengurangi penggunaan energi fosil.
3. Membuat penangkaran untuk hewan langka dan endemik yang terancam punah. Penangkaran dapat membantu memperbanyak

populasi hewan langka dan endemik serta menjaga keberlanjutan spesies tersebut.

4. Membuat papan larangan untuk melarang masyarakat melakukan tindakan yang merugikan hewan langka dan endemik.
5. Melaporkan orang yang berburu atau memperjualbelikan hewan langka dan endemik yang dilindungi oleh pemerintah.

Upaya konservasi terhadap hewan langka dan endemik sangat penting dilakukan untuk menjaga keberlanjutan sumber daya alam dan keanekaragaman hayati. Selain itu, upaya konservasi juga dapat memberikan manfaat jangka panjang bagi manusia dan lingkungan. Oleh karena itu, perlu adanya partisipasi masyarakat dalam menjaga keberadaan hewan langka dan endemik serta menjaga keberlanjutan lingkungan hidup.

Peran manusia dalam menjaga kestabilan komunitas dan ekosistem sangat penting untuk memastikan keberlanjutan dan keseimbangan alam. Berikut adalah beberapa peran penting yang dapat dimainkan oleh manusia:

#### 1. Konservasi Sumber Daya Alam

Manusia dapat berperan dalam menjaga kestabilan ekosistem dengan melindungi dan melestarikan sumber daya alam. Ini termasuk menjaga hutan, melindungi spesies terancam, memperbaiki lahan yang terdegradasi, dan mengelola air dan tanah secara berkelanjutan.

## 2. Praktik Pertanian Berkelanjutan

Pertanian yang berkelanjutan melibatkan penggunaan metode dan teknik yang ramah lingkungan, seperti pengendalian hama yang alami, penggunaan pupuk organik, rotasi tanaman, dan pengelolaan air yang efisien. Dengan mengadopsi praktik pertanian berkelanjutan, manusia dapat mencegah degradasi tanah, pencemaran air, dan kerusakan ekosistem.

## 3. Pengurangan Pencemaran

Manusia dapat berperan dalam mengurangi pencemaran udara, air, dan tanah. Ini bisa dilakukan dengan mengurangi emisi gas rumah kaca dari aktivitas industri dan transportasi, memperbaiki sistem pengelolaan limbah, dan menggunakan teknologi yang lebih bersih dan ramah lingkungan.

## 4. Edukasi dan Kesadaran Lingkungan.

Manusia dapat berperan sebagai agen perubahan dengan meningkatkan kesadaran lingkungan dan memberikan edukasi kepada masyarakat. Dengan memahami pentingnya menjaga kestabilan ekosistem, orang akan lebih cenderung mengadopsi perilaku yang ramah lingkungan dan melakukan tindakan yang berkelanjutan.

## 5. Pengelolaan Ruang dan Pembangunan Berkelanjutan.

Manusia dapat berperan dalam pengelolaan ruang dan pembangunan yang berkelanjutan. Ini melibatkan perencanaan yang bijaksana dalam penggunaan lahan, pengembangan

infrastruktur yang ramah lingkungan, dan perlindungan area konservasi serta habitat alam.

## 6. Kolaborasi dan Partisipasi.

Untuk mencapai kestabilan komunitas dan ekosistem, kolaborasi antara pemerintah, masyarakat sipil, dan sektor swasta sangat penting. Partisipasi aktif dari semua pemangku kepentingan dalam pengambilan keputusan dan implementasi tindakan lingkungan akan memperkuat upaya menjaga kestabilan komunitas dan ekosistem.

Semua peran ini memerlukan kesadaran, tanggung jawab, dan kerjasama manusia untuk menjaga kelestarian alam. Dengan mengadopsi tindakan berkelanjutan dalam kehidupan sehari-hari, manusia dapat berperan dalam menjaga kestabilan komunitas dan ekosistem serta mewariskan lingkungan yang baik kepada generasi mendatang.

### **Studi Kasus**

Lombok *Wild Life Park* merupakan tempat wisata bertema alam dan berkonsep kebun binatang yang ada di NTB. Kebun binatang berisi berbagai jenis spesies mamalia, aves dan reptil yang dilindungi. Analisalah informasi tersebut, menurut anda:

- a. Apakah fasilitas wisata tersebut termasuk dalam upaya konservasi lingkungan? Mengapa?
- b. Bagaimana relevansi dan efektivitas kebun binatang sebagai upaya pelestarian hewan?

- c. Bagaimana peran manusia, khususnya masyarakat lokal dalam upaya perlindungan hewan?

Suplemen.

Carilah informasi mengenai kearifan lokal, budaya atau kebiasaan masyarakat yang ada di lingkungan tempat tinggal (asal) anda, yang berkaitan dengan pengelolaan dan pelestarian lingkungan. Paparkan dalam bentuk laporan.

**Latihan**

1. Sebutkan beberapa spesies hewan endemik Lombok. Jelaskan beserta morfologi (karakteristik) serta habitatnya.
2. Uraikan peran hewan endemik bagi ekosistem lokal. Sertakan contohnya.
3. Sebagai mahasiswa pendidikan biologi, upaya apa yang dapat anda lakukan untuk mengkonservasi ekosistem dan komunitas hewan yang ada di lingkungan tempat tinggal anda.



## **BAB XIV**

### **KESIMPULAN**

#### **A. Simpulan**

Ekologi hewan mempelajari tentang hubungan antara hewan dan lingkungannya, baik faktor biotik maupun abiotik. Ekologi hewan juga membahas tentang strategi hewan dalam menghadapi kondisi lingkungan, seperti strategi hewan endoterm dalam mengatur suhu tubuh, dan lain sebagainya. Selain itu, bagaimana manusia berfikir dan bertindak, turut mempengaruhi kehidupan hewan dan lingkungan di sekitarnya. Oleh karenanya, pembahasan mengenai ekologi hewan tidak dapat dipisahkan dari manusia sebagai bagian dari komunitas biosfer. Berikut simpulan dari pembahasan materi Ekologi Hewan.

1. Pembelajaran Bermuatan Etnoekologi membahas tentang hubungan antara etnoekologi dan ekologi hewan melalui pendekatan *sustainable learning*. Etnoekologi merupakan bidang studi khusus yang fokus pada interaksi manusia dan lingkungan. Etnoekologi menjelaskan bagaimana adat/budaya masyarakat yang berbeda dapat mempengaruhi lingkungan, termasuk kehidupan hewan di dalamnya. Adapun *sustainable learning* merupakan suatu pendekatan yang menekankan pada pentingnya keberlanjutan dalam setiap aspek pembelajaran, yang diimplikasikan dalam bentuk tindakan (behavior). *Sustainable learning* dapat berjalan selaras dengan etnoekologi dalam mendorong pelestarian kearifan lokal dan latihan-latihan yang dapat mendukung interaksi manusia dengan

lingkungan secara berkelanjutan. Melalui etnoekologi dan *sustainable learning*, mahasiswa dapat memahami secara mendalam hubungan antara manusia dengan lingkungan, memperoleh pengalaman belajar yang berkelanjutan, dan memahami dampak aktivitas manusia terhadap hewan dan lingkungan.

2. Lingkungan membahas tentang lingkungan merupakan tempat hidup bagi makhluk hidup tumbuh, berkembang dan bereproduksi, sehingga lingkungan juga sering disebut sebagai habitat. Lingkungan dibagi menjadi 2 tipe utama yaitu lingkungan darat dan lingkungan perairan. Lingkungan dipengaruhi oleh berbagai faktor abiotik maupun biotik. Faktor abiotik mencakup air, suhu, cahaya matahari, oksigen, kelembapan, elevasi, pH, dan lain-lain. Sedangkan faktor biotik mencakup produsen, konsumen, dekomposer, virus dan interaksi di dalamnya.
3. Mekanisme Adaptasi Fisiologis Hewan terhadap Lingkungan membahas tentang adaptasi hewan terhadap lingkungan. Adaptasi hewan umumnya dibagi menjadi 3 jenis yaitu adaptasi morfologi, adaptasi fisiologi, dan adaptasi tingkah laku. Pada bab ini dibahas lebih mendalam mengenai mekanisme adaptasi fisiologi hewan terhadap suhu dan air. Adaptasi fisiologi hewan terutama tampak pada saat hewan menghadapi suhu ekstrim, baik suhu tinggi maupun suhu rendah. Saat suhu rendah, beberapa hewan melakukan hibernasi, sedangkan saat suhu tinggi beberapa hewan mampu

melakukan ekskavasi. Di samping itu terdapat spesies ikan yang hidup di air laut dan air tawar, mampu meregulasi kadar air dan garam di dalam tubuhnya agar tidak mengalami isotonik atau hipertonik melalui mekanisme osmosis.

4. Behavior (Perilaku) Hewan, membahas perilaku-perilaku hewan yang dipengaruhi gen dan lingkungan. Perilaku hewantidakdapat dipengaruhi oleh gen dan lingkungann secara terpisah, melainkan kedua faktor tersebut saling mempengaruhi. Perilaku-perilaku hewan dibagi menjadi beberapa jenis yaitu perilaku reproduksi, bertahan, mencari makan, komunikasi, sosial, predasi, teritorial dan lain sebagainya. Selain itu hewan juga melakukan berbagai mekanisme pertahanan terhadap predator maupun perubahan lingkungan dengan cara mimikri, kamuflase, autotomi, menyemprotkan bau, dan lain-lain.
5. Variasi populasi dan Seleksi Alam adalah dua konsep penting dalam ekologi hewan dan evolusi. Variasi terjadi dalam semua populasi organisme karena mutasi acak yang muncul dalam genom organisme individu, sehingga keturunan mereka dapat memiliki sifat yang berbeda. Variasi ini dapat menghasilkan populasi yang berspesialisasi untuk relung ekologis tertentu dan pada akhirnya dapat menghasilkan spesiasi (munculnya spesies baru). Seleksi alam terjadi ketika alam menyeleksi individu yang memiliki variasi yang menguntungkan dan dapat diwariskan, sehingga keberhasilan reproduksi diferensial akan

menyebabkan seluruh populasi tersebut mendapatkan variasi tersebut dan dapat berevolusi.

6. Spesiasi adalah proses evolusi di mana terbentuknya spesies baru melalui pembentukan variasi genetik yang cukup besar antara dua atau lebih populasi yang terisolasi secara geografis. Terdapat empat jenis spesiasi alami, yaitu spesiasi alopatrik, spesiasi peripatrik, spesiasi parapatrik, dan spesiasi simpatrik. Spesiasi merupakan bagian dari makroevolusi karena evolusi terjadi dalam skala yang lebih tinggi dibandingkan spesies.
7. Ekologi Populasi adalah cabang ilmu ekologi yang mempelajari tentang populasi hewan, termasuk pertumbuhan populasi, dinamika populasi, dan faktor-faktor yang mempengaruhi kepadatan populasi. Populasi adalah semua organisme dari spesies yang sama yang hidup di tempat dan waktu yang sama. Pada bab ini dibahas tentang interaksi antara populasi dengan lingkungan, seperti faktor biotik dan abiotik yang mempengaruhi keberlangsungan hidup populasi, khususnya terhadap densitas, distribusi, laju pertumbuhan dan migrasi hewan.
8. Konsep Komunitas dan Ekosistem. Komunitas adalah kumpulan dari berbagai populasi yang hidup pada suatu waktu dan daerah tertentu yang saling berinteraksi dan mempengaruhi satu sama lain. Sedangkan ekosistem adalah sistem yang terdiri dari berbagai populasi dan lingkungan fisik tempat mereka hidup. Di dalam ekosistem terdapat habitat dan mikrohabitat, relung, dan interaksi antar spesies maupun

intraspesies. Di dalam interaksi itu terdapat interaksi langsung dan tidak langsung, kompetisi, interaksi eksploitatif, simbiosis, predasi, dan lain-lain. Keseluruhan elemen dalam ekosistem dan komunitas, memiliki perannya masing-masing dalam rantai makanan dan jaring-jaring makanan, atau lebih tepatnya dapat dilihat dari tingkatan trofik. Regulasi energi dan nutrisi di dalam suatu ekosistem terjadi melalui peristiwa rantai makanan dan jaring-jaring makanan. Adapun nutrisi yang berasal dari alam akan memasuki siklus nutrisi atau disebut siklus biogeokimia. Siklus nutrisi tersiri atas siklus karbon, nitrogen, oksigen, air, sulfur dan fosfor.

9. Struktur Komunitas dapat dianalisis dari 2 pendekatan yaitu kualitatif dan kuantitatif. Analisa kualitatif mencakup fenologi, komposisi, bentuk, dan vitalitas. Sedangkan analisa kuantitatif umumnya dilakukan melalui analisa struktur komunitas seperti densitas, keanekaragaman, dominansi, kesamaan, pemerataan, dan indeks nilai penting.
10. Dinamika Spasial dan Musiman, adalah konsep penting dalam ekologi hewan yang mempengaruhi keberlangsungan hidup populasi hewan. Dinamika spasial mengacu pada pergerakan populasi hewan dalam suatu wilayah atau habitat. Pergerakan ini dapat dipengaruhi oleh faktor lingkungan, seperti ketersediaan makanan, air, dan tempat berlindung, juga dapat dipengaruhi oleh interaksi antara spesies, seperti kompetisi dan predasi. Dinamika musiman mengacu pada perubahan yang terjadi pada populasi hewan sepanjang tahun, seperti

perubahan dalam pola reproduksi, migrasi, dan aktivitas harian. Perubahan ini dapat dipengaruhi oleh faktor lingkungan, seperti perubahan suhu, cahaya, dan ketersediaan makanan, interaksi antara spesies, seperti kompetisi dan predasi.

11. Suksesi adalah proses perubahan yang terjadi pada suatu komunitas dalam jangka waktu tertentu hingga terbentuk suatu komunitas baru pada suatu daerah yang diawali oleh suatu daerah yang kosong atau gundul. Suksesi terbagi menjadi dua tipe, yaitu suksesi primer dan suksesi sekunder. Suksesi primer terjadi pada daerah yang kosong atau gundul, sedangkan suksesi sekunder terjadi jika suatu gangguan terhadap suatu komunitas tidak bersifat merusak total tempat komunitas tersebut sehingga masih terdapat kehidupan/substrat seperti sebelumnya. Suksesi dapat dipengaruhi oleh faktor lingkungan seperti ketersediaan makanan, air, dan tempat berlindung, serta interaksi antara spesies seperti kompetisi dan predasi.
12. Homeostatis Ekosistem dan Kestabilan Komunitas adalah konsep penting dalam ekologi yang mempengaruhi keberlangsungan dan keseimbangan lingkungan. Kestabilan komunitas dapat dipengaruhi oleh keanekaragaman spesies, interaksi antara spesies, dan keseimbangan trofik dalam rantai makanan. Komunitas yang memiliki keanekaragaman yang tinggi cenderung lebih stabil karena adanya interaksi yang kompleks antara spesies. Gangguan atau perubahan dalam

komunitas dapat mengganggu kestabilan komunitas dan memicu perubahan dalam struktur dan fungsi ekosistem.

13. Konservasi merupakan upaya untuk melestarikan dan menjaga lingkungan hidup agar tetap berfungsi dengan baik dan mencegah kerusakan lingkungan. Konservasi Lingkungan memiliki manfaat yang sangat banyak bagi manusia dan lingkungan, seperti menjaga keseimbangan ekosistem, mencegah kerusakan lingkungan, dan memelihara keanekaragaman hayati. Perlindungan dan pengelolaan lingkungan hidup adalah upaya sistematis dan terpadu yang dilakukan untuk melestarikan fungsi lingkungan hidup dan mencegah kerusakan lingkungan. Upaya konservasi lingkungan dapat dilakukan dengan berbagai cara, seperti pengelolaan sumber daya alam yang berkelanjutan, pengurangan limbah, dan penghijauan. Konservasi Lingkungan juga memerlukan dukungan dari berbagai pihak, seperti pemerintah, masyarakat, dan dunia usaha.

## **B. Saran dan Rekomendasi**

1. Pematangan dan pengayaan materi dapat dilakukan dengan memperkaya referensi dari hasil-hasil penelitian terbaru.
2. Penggunaan buku ajar Ekologi Hewan sebaiknya diperkuat dan diselaraskan dengan panduan praktikum ekologi hewan, sehingga pementapan konsep dan praktiknya menjadi lebih komprehensif.

3. Buku ajar Ekologi Hewan dapat dikembangkan dengan menggunakan model pembelajaran berbasis saintifik.
4. Pengembangan buku ajar Ekologi Hewan dapat diperkaya dengan data-data khas/potensi lokal.

## DAFTAR ISTILAH

- Atmosfer : Lapisan udara di Bumi yang terdiri dari campuran gas-gas seperti nitrogen, oksigen, argon, dan karbon dioksida.
- Bakteri : Jenis bakteri yang menggunakan Kemolitotrof senyawa anorganik sebagai sumber energi untuk melakukan metabolisme.
- Biogeokimia : Ilmu yang mempelajari tentang perpindahan unsur-unsur kimia melalui makhluk hidup dan lingkungan abiotik.
- Biosfer : Lapisan kehidupan di Bumi.
- Degradasi : Kerusakan atau penurunan kualitas lingkungan hidup akibat aktivitas manusia.
- Dekomposisi : Suatu proses di mana bahan organik atau makhluk hidup yang sudah mati diurai menjadi bahan yang lebih sederhana melalui proses kimia oleh bakteri, jamur, dan organisme lainnya.
- Dinamika : Istilah yang merujuk pada perubahan, pergerakan, dan interaksi antara objek atau sistem.
- Ekosistem : Sistem yang terdiri dari komunitas hewan dan lingkungan fisik tempat mereka hidup.

- Emisi : Pelepasan atau pengeluaran zat atau gas tertentu ke lingkungan, seperti udara, air, atau tanah.
- Endemik : Suatu organisme yang hanya ditemukan di suatu tempat dan tidak ditemukan di tempat lain.
- Endoterm : Organisme yang dapat mempertahankan suhu tubuhnya dengan menghasilkan panas melalui metabolisme internal.
- Evaporasi : Proses pengeluaran panas melalui penguapan cairan, seperti keringat.
- Fenotip : Ciri fisik (tampilan) yang ditunjukkan oleh organisme.
- Fotoautotrof Anaerob : Organisme yang menggunakan energi dari cahaya matahari untuk membuat makanannya sendiri melalui proses fotosintesis, tanpa oksigen.
- Genotip : Susunan gen khas yang diwariskan orang tua pada anaknya.
- Geosfer : Lapisan padat yang terdiri dari batuan, mineral, dan bahan-bahan lainnya yang membentuk kerak bumi dan inti bumi.
- Heatstroke : Kondisi medis yang terjadi ketika suhu tubuh hewan meningkat secara drastis dan melebihi kemampuan tubuh untuk mengatur suhu.

- Heteroseksual : Hewan yang bereproduksi dengan kehadiran pasangan.
- Hidrosfer : Lapisan air di Bumi, termasuk air di laut, sungai, danau, dan air tanah.
- Hirarki : Urutan atau tingkatan.
- Homeostasis : Suatu kondisi di mana makhluk hidup mempertahankan kestabilan kondisi internalnya agar dapat berfungsi dengan normal, meskipun lingkungan di sekitarnya mengalami perubahan.
- Interaksi : Hubungan antara individu atau populasi yang dapat berupa kompetisi, predasi, simbiosis, dan lainnya.
- Keanekaragaman : Keragaman spesies dalam suatu komunitas atau ekosistem.
- Kelenjar Tiroid : Kelenjar yang terletak di leher dan berfungsi untuk menghasilkan hormon tiroid.
- Koeksistensi : Keadaan di mana dua atau lebih spesies hidup berdampingan secara damai dan saling menguntungkan dalam suatu lingkungan.
- Kompetisi: : Persaingan antara individu atau populasi untuk sumber daya yang terbatas.
- Komunitas : Kumpulan dari berbagai populasi yang hidup pada suatu waktu dan daerah

tertentu yang saling berinteraksi dan mempengaruhi satu sama lain.

- Konduksi : Proses perpindahan panas dari suatu benda ke benda lainnya yang bersentuhan langsung
- Konservasi Habitat : Upaya untuk melindungi dan mempertahankan habitat alami suatu spesies atau komunitas.
- Konservasi Spesies : Upaya untuk melindungi dan mempertahankan spesies yang terancam punah.
- Konservasi : Upaya untuk melestarikan dan menjaga lingkungan hidup agar tetap berfungsi dengan baik dan mencegah kerusakan lingkungan.
- Konveksi : Proses perpindahan panas yang terjadi pada fluida (cairan atau gas)
- Lingkungan : Semua faktor biotik dan abiotik yang ada di sekitar hewan dan dapat mempengaruhinya.
- Monoseksual : Hewan yang bereproduksi tanpa adanya pasangan.
- Mucus : Cairan kental yang diproduksi oleh sel-sel di dalam tubuh, terutama di saluran pernapasan dan saluran pencernaan.

- Normotermia : Kondisi di mana suhu tubuh berada dalam kisaran normal atau stabil.
- Organisme Pionir : Organisme yang menjadi pembuka dan pengawal kehidupan yang baru pada suatu ekosistem yang tidak terdapat makhluk hidup sebelumnya.
- Osmosis : Proses perpindahan air melalui membran semipermeabel dari daerah dengan konsentrasi zat terlarut yang lebih rendah ke daerah dengan konsentrasi zat terlarut yang lebih tinggi.
- Periodisitas Diurnal : Pola yang terjadi setiap 24 jam.
- Poikiloterm : Organisme yang suhu tubuhnya bervariasi dan cenderung fluktuatif dengan lingkungan sekitarnya.
- Populasi : Kumpulan individu dari spesies yang sama yang hidup pada suatu waktu dan daerah tertentu.
- Predasi : Proses di mana satu organisme memangsa organisme lain untuk mendapatkan makanan.
- Produktivitas : Kemampuan suatu ekosistem untuk menghasilkan biomassa atau energi

dalam bentuk bahan organik melalui proses fotosintesis oleh produsen.

- Radiasi : Proses pengeluaran suhu tubuh melalui gelombang elektromagnetik.
- Reseptor : Protein yang menerima sinyal kimia dari luar sel.
- Restorasi Ekosistem : Upaya untuk mengembalikan ekosistem yang rusak atau terdegradasi ke kondisi semula.
- Simbiosis : Suatu interaksi biologis yang erat dan berlangsung dalam jangka waktu lama antara dua organisme yang berbeda spesies, yang disebut simbiosis, baik itu mutualistik, komensal, atau parasitik.
- Spesies Diurnal : Spesies yang aktif pada siang hari dan tidur atau tidak aktif pada malam hari.
- Spesies Nokturnal : Spesies yang aktif pada malam hari dan tidur atau tidak aktif pada siang hari.
- Termogenesis : Proses produksi panas dalam organisme.
- Termoregulasi : Kemampuan organisme untuk menjaga suhu tubuhnya dalam batas-batas tertentu, bahkan ketika suhu lingkungan sangat berbeda.
- Transformasi : Suatu proses perubahan yang terjadi pada suatu hal atau keadaan, baik itu

perubahan rupa, struktur, nilai, perilaku, atau fungsi.

Trofik: : Suatu tingkat atau posisi dalam rantai makanan, yaitu produsen, konsumen, atau dekomposer.

Trunkus : Pusat dari anatomi hewan yang mempertemukan percabangan berbagai ekstremitas



## DAFTAR PUSTAKA

- Bayard H. McConnaughey and Robert Zottoli. (1983). Introduction to Marine Biology. Fourth Edition. *Blackwell Scientific Publications. Hydrobiology*, 70(2), 202-637. <https://doi.org/10.1002/iroh.19850700204>
- Boddum, T. (2008). Evolution and Speciation: Insects as Model Organism. Anlarp: Swedish University of Agriculture Sciences.
- Campbell, N.A., J.B Recce and LG. Mitchell. (2000). Biology. Jakarta: Erlangga.
- Candramila, W., Adrianto, O. M., & Ariyati, E. (2016). Pemahaman Konsep Evolusi di Perguruan Tinggi. Seminar Nasional Pendidikan dan Saintek: Isu-Isu Kontemporer Sains, Lingkungan, dan Inovasi Pembelajarannya. Simposium dilaksanakan oleh Universitas Muhammadiyah Surakarta, Solo. Diperoleh dari 130.pdf (ums.ac.id).
- Childhood Education International. (2023). *Sustainable Learning and the Sustainable Development Goals*. <https://ceinternational1892.org/cpl/sustainable-learning/>.
- Darmawan, A. (2005). Ekologi Hewan. Malang: Universitas Negeri Malang.
- Darwin, C. (2003). The Origin of Species (Terjemahan Tim UNAS). Jakarta: Yayasan Obor Indonesia.

- Makmun, D. (2017). *Ekologi: Populasi, Komunitas, Ekosistem. Mewujudkan Kampus Hijau Asri, Islami dan Ilmiah*. Cirebon: Nurjati Press.
- Randall, D., Burggren, W., French, K. (1997). *Eckert Animal Physiology: Mechanism and Adaptations*, 4<sup>th</sup> edn. W.H. Freeman and Company. *Experimental Physiology*, 83 (4): 571 – 572.  
<https://doi.org/10.1113/expphysiol.1998.sp004334>
- Clements, F. E., Shelford, V. E. (1939). *Bio-ecology*. New York: John Wiley & Sons, Inc. <https://doi.org/10.4039/Ent72108-5>.
- Hadi, I., Zamroni, Y., Tresnani, G., Suana, W. (2019). Survey Populasi Monyet Ekor Panjang di Wilayah Selatan Lombok Timur. *BioWallace: Jurnal Ilmiah Ilmu Biologi*, 5(3), 125-133.
- Hays, J. & Reinders, H. (2020). Sustainable learning and education: A curriculum for the future. *International Review of Education*, 66, 29–52.
- Irested, M. (2009). Sejarah Seleksi Seksual yang Tak Terduga Pada Burung Cendrawasih. *Biologi Evolusi BMC*, 9(1), 235.
- Irnaningtyas. (2018). *Biologi untuk SMA/MA Kelas XII Kurikulum 2013 Revisi*. Jakarta: Erlangga.
- Nyabakken, J.W. (1992). *Biologi laut: Suatu Pendekatan Ekologis*. Jakarta: Erlangga.

- Kramadibrata, H. (1996). *Ekologi Hewan*. Bandung: Institut Teknologi Bandung Press.
- Kusherawati, R., Sulistyorini, S., Kustiono. (2022). Pengembangan Modul Bermuatan Etnoekologi Untuk Mengukur Kemampuan Literasi Siswa Sekolah Dasar Terkait Asesmen Kompetensi Minimum (AKM). *Jurnal Basic-Edu: Research and Learning in Elementary Education*, 6(2), 2081-2088.
- Maknun. (2017). *Ekologi Populasi*. Perpustakaan Nasional Republik Indonesia. Samarinda: Mulawarman University.
- Noeryoko, M., Zulharman. (2023). Analisis Potensi Lanskap Bagi Pengembangan Wisata Desa Sambori, Bima, NTB. *DIKSI: Jurnal Kajian Pendidikan dan Sosial*, 4(1), 19-27.
- Odum, Eugene P. (1971). *Fundamentals of Ecology*. California: Saunders College Publishing.
- Pincheira-Donoso, Daniel, Hunt, John. (2017). Fecundity selection theory: concepts and evidence. *Biological Reviews of the Cambridge Philosophical Society*. 92 (1): 341–356.
- Susanto, P. (2000). *Pengantar Ekologi Hewan*. Jakarta: Direktorat Jendral Pendidikan Tinggi.
- Rastogi, S.C. (2007). *Essentials of Animal Physiology*. New Age International. [worldcat.org/oclc/1037943001](http://worldcat.org/oclc/1037943001).
- Vironika, R. (2015). *Seleksi Alam*. Kerinci: Institut Agama Islam Negeri Kerinci.
- Nikmatur, R. (2013). *Aklimatisasi, Penyesuaian Diri dan Pola Perilaku Hewan*. Malang: Universitas Negeri Malang.

- Sumarto, S., Koneri, R., Hadiprayitno, G. (2016). *Ekologi Hewan*. Bandung: Patra Media Grafindo.
- Sayuthi, M., Hanan, A., Muklis, M., & Satriyo, P. (2020). Distribusi Hama Tanaman Padi (*Oryza Sativa L.*) Pada Fase Vegetatif dan Generatif di Provinsi Aceh. *Jurnal Agroecotania: Publikasi Nasional Ilmu Budidaya Pertanian*, 3(1), 1-10.
- Sonta, M.A., Gunawan, Arsi, A.A.. (2017). Strategi Adaptasi Ekologi Masyarakat Dalam Menghadapi Pencemaran Limbah Produksi Batik (Studi Etnoekologi Di Daerah Aliran Sungai Setu, Kelurahan Jenggot, Kecamatan Pekalongan Selatan, Kota Pekalongan). *Solidarity*, 6(2), 214-227.
- Sopialena. (2018). Pengendalian Hayati Dengan Memberdayakan Potensi Mikroba. Diunduh dari <http://repository-ds.unmul.ac.id:8080/handle/123456789/666>.
- Sormin, A. A., Pane, S. M., Lubis, M., Ritonga, M.Y., Priyono, C.D.. (2022). Pengelolaan Lingkungan Berbasis Etnoekologi Melalui Pedagogi Kreatif Dalam Pembelajaran IPS. *Edukatif: Jurnal Ilmu Pendidikan*, 4(5), 6555-6563.
- Pickett, S.T.A and White, P.S. (1985). *The Ecology of Natural Disturbance and Patch Dynamics*. Elsevier. <https://doi.org/10.1016/C2009-0-02903-1>.
- Sukarsono. (2009). *Pengantar Ekologi Hewan*, Malang: UMM Press.

- Sumarto, S & Koneri, R. (2016). *Ekologi Hewan*. Bandung: Patra Media Grafindo.
- Susanto, P. (2000). *Pengantar Ekologi Hewan*. Jakarta: Proyek PPGSM Depdikbud Dirjen Dikti.
- Taufiq, T. T. (2017). Kearifan Lingkungan Berbasis Agama Komunitas Nelayan Di Pesisir Banyutowo Dukuhseti Pati. *Sosiologi Agama: Jurnal Ilmiah Sosiologi Agama dan Perubahan Sosial*, 11(2), 259-280.
- Tilman, D. (1996). Biodiversity: Population versus Ecosystem stability. *Ecology*, 77, 350-363. Diunduh dari <https://doi.org/10.2307/2265614>.
- Wijayanto, E. (2013). Memetika Sebagai Studi Kebudayaan Berbasis Evolusi. *MELINTAS*, 29(1) 42-55. Diunduh dari <https://doi.org/10.26593/mel.v29i1.264.42-55>.
- Wirakusumah, S. (2003). *Dasar-Dasar Ekologi*. Jakarta: UI Press.
- Woolis, D.D. (2018). *Sustainable Learning Framework: Advancing the UN Sustainable Development Goals*. Carey Institute for Global Good.
- Yenrizal. (2016). Sungai Dalam Pemaknaan Masyarakat Pedesaan Studi Etnoekologi Komunikasi Pada Masyarakat Desa Karanganyar, Banyuasin, Sumatera Selatan. *Nizham*, 5(2), 119-130.

## BIOGRAFI PENULIS



**Nurlita Lestariani, M.Pd**, lahir pada tanggal 23 Oktober 1989 di Mataram, Nusa Tenggara Barat. Meraih gelar Sarjana pada program studi Pendidikan Biologi di Universitas Mataram di tahun 2010. Setelah tamat pendidikan S1 mengabdikan selama 2 tahun sebagai guru SDIT dan dosen tidak tetap di beberapa perguruan tinggi swasta yaitu STKIP Taman Siswa Bima dan Poltekkes Bima. Pada tahun 2012-2014 kembali mendapatkan kesempatan melanjutkan studi magister melalui program Beasiswa Unggulan Dikti, pada program studi Pendidikan Biologi, Pascasarjana, Universitas Negeri Malang. Pasca meraih gelar Magister Pendidikan, mengabdikan diri pada tahun 2014 sebagai dosen di perguruan tinggi swasta STKIP Kie Raha, Ternate. Sejak tahun 2019 hingga saat ini, penulis aktif sebagai dosen tetap PNS di jurusan Tadris IPA Biologi, Fakultas Tarbiyah dan Keguruan, Universitas Islam Negeri Mataram.

