

Buku ini membahas tentang pengertian ekologi kepulauan, konsep dasar ekologi dan tingkat organisasi kehidupan, ekosistem pulau, proses daur biogeokimia dalam kaitannya dengan kondisi kepulauan, distribusi dan kelimpahan hewan dan tumbuhan di suatu pulau dan interaksi hewan, tumbuhan dan manusia, endemik species dan faktor-faktor yang mempengaruhinya serta keunikan budaya masyarakat kepulauan. Meskipun sajian buku ini dimulai dengan deskripsi ekologi secara umum, kemudian memfokuskan pada paparan mengenai ekologi kepulauan, proses terjadinya suatu pulau, kondisi suatu pulau beserta kehidupan masyarakat di pulau tersebut, species endemik yang berada pada pulau, dan kebudayaan dari masyarakat yang hidup pada suatu pulau. Semoga buku ini dapat dibaca oleh semua kalangan baik mahasiswa, praktisi lingkungan, LSM, bahkan peminat ilmu lingkungan serta pihak-pihak pemegang kebijakan tentang lingkungan.

PENERBIT

CV RIZMEDIA PUSTAKA INDONESIA
Jl. Batara Ugi/Griya Astra Blok C. No.18
(Yogyakarta/Makassar)

Telp/Wa:085242065812

Email: rizmediapustaka@gmail.com

Website: rizmediapustakaindonesia.com



035/SSL/2022

EKOLOGI KEPULAUAN

BUKU AJAR

EKOLOGI KEPULAUAN

(Terintegrasi Pendidikan Karakter Kebangsaan)

Tim Penyusun

Prof. Dr. Abdurasyid Tolangara, M.Si

Dr. Bahtiar, M.Si

Dr. M. Nasir Tamalene, M.Pd

Dr. Zulkifli Zamzam, M.Sc

Dr. Andi Tenri Pada Agustang, S.Sos., M.Pd.

Zulkifli Ahmad, S.Pd, M.Sc

Nuraini Siradjudin, S.Pd, M.Si

Editor

Dr. Suratman Sudjud, SP., MP.

Dr. Rusman Rasyid., S.Pd., M.Pd.



BUKU AJAR

EKOLOGI KEPULAUAN (*Terintegrasi Pendidikan Karakter Kebangsaan*)

Prof. Dr. Abdulrasyid Tolangara, M.Si
Dr. Bahtiar, M.Si
Dr. M. Nasir Tamalene, M.Pd
Dr. Zulkifli Zamzam, M.Sc
Dr. Andi Tenri Pada Agustang, S.Sos., M.Pd.
Zulkifli Ahmad, S.Pd, M.Sc
Nuraini Siradjudin, S.Pd, M.Si

PENERBIT



2022

UU No 28 tahun 2014 tentang Hak Cipta

Fungsi dan sifat hak cipta Pasal 4

Hak Cipta sebagaimana dimaksud dalam Pasal 3 huruf

a merupakan hak eksklusif yang terdiri atas hak moral dan hak ekonomi.

Pembatasan Pelindungan Pasal 26

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

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

Sanksi Pelanggaran Pasal 113

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

BUKU AJAR
EKOLOGI KEPULAUAN
(Terintegrasi Pendidikan Karakter Kebangsaan)

Penulis : **Prof. Dr. Abdulrasyid Tolangara, M.Si**
Dr. Bahtiar, M.Si
Dr. M. Nasir Tamalene, M.Pd
Dr. Zulkifli Zamzam, M.Sc
Dr. Andi Tenri Pada Agustang, S.Sos., M.Pd.
Zulkifli Ahmad, S.Pd, M.Sc
Nuraini Siradjudin, S.Pd, M.Si

Editor : **Dr. Suratman Sudjud, SP., MP.**
Dr. Rusman Rasyid., S.Pd., M.Pd.

Layout & Desain Cover : Tim creative Rizmedia

Ukuran unesco : (15,5 x 23 cm)

Halaman : xvi + 447

Isbn : 978-623-8050-04-8

Rizmedia Pustaka Indonesia

Redaksi :

Jl. Batara Ugi Blok/Griya Astra

Blok C. No.18 (Yogyakarta/Makassar)

IKAPI : 035/SSL/2022

Telp/Wa:085242065812

Email:rizmediapustaka@gmail.com

Cetakan Pertama, September 2022

Hak Cipta 2022 @Rizmedia Pustaka Indonesia

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



BUKU AJAR

EKOLOGI KEPULAUAN (*Terintegrasi Pendidikan Karakter Kebangsaan*)



Tim Penyusun

Prof. Dr. Abdulrasyid Tolangara, M.Si
Dr. Bahtiar, M.Si
Dr. M. Nasir Tamalene, M.Pd
Dr. Zulkifli Zamzam, M.Sc
Dr. Andi Tenri Pada Agustang, S.Sos., M.Pd.
Zulkifli Ahmad, S.Pd, M.Sc
Nuraini Siradjudin, S.Pd, M.Si

Editor

Dr. Suratman Sudjud, SP., MP.
Dr. Rusman Rasyid., S.Pd., M.Pd.

baik dari segi bahasa ataupun tata tulisnya, untuk itu segala saran dan kritik yang bersifat membangun sangat penulis harapkan demi penyempurnaan penyusunan buku ajar berikutnya. Akhirnya, semoga buku ajar ini bermanfaat bagi pembaca.

Ternate, September 2022

Tim Penulis





DAFTAR ISI

Kata Pengantar	v
Daftar Isi	vii
Daftar Tabel	ix
Daftar Gambar	x
Petunjuk Penggunaan Buku	xv

BAB 1. Pengertian Ekologi Kepulauan

A. Capaian Pembelajaran	2
B. Kemampuan Akhir yang diharapkan	3
C. Materi Pembelajaran	3
D. Latihan	58
E. Penugasan 1	58
F. Penugasan 2	59
G. Daftar Pustaka	61

BAB 2. Konsep Dasar Ekologi & Tingkat Organisasi Kehidupannya

A. Capaian Pembelajaran	63
B. Kemampuan Akhir yang diharapkan	63
C. Materi Pembelajaran	64
D. Tingkat-Tingkat Organisasi Kehidupan Alam di Suatu Pulau	98
E. Latihan	114
F. Penugasan 1	114
G. Daftar Pustaka	117

BAB 3. Ekosistem Pulau

A. Capaian Pembelajaran	119
-------------------------------	-----

B. Kemampuan Akhir yang diharapkan	120
C. Materi Pembelajaran	120
D. Latihan	176
E. Penugasan 1	177
F. Daftar Pustaka.....	180

BAB 4. Proses Daur Biogeokimia Dalam kaitannya Dengan Kondisi Kepulauan

A. Materi.....	194
B. Latihan.....	262
C. Penugasan.....	262
D. Daftar Pustaka.....	264

BAB 5 Distribusi dan Kelimpahan Hewan dan Tumbuhan di Suatu Pulau

A. Capaian Pembelajaran	269
B. Kemampuan Akhir yang diharapkan	270
C. Materi Pembelajaran	270
D. Latihan.....	337
E. Penugasan	338
F. Daftar Pustaka.....	340

BAB 6. Interaksi Hewan, Tumbuhan dan Manusia, Endemik Spesies dan Faktor-Faktor yang Mempengaruhinya Serta Keunikan Budaya Masyarakat Kepulauan

A. Capaian Pembelajaran	343
B. Kemampuan Akhir yang diharapkan	344
C. Materi Pembelajaran	431
D. Penugasan	432
E. Daftar Pustaka.....	437

BIODATA PENULIS.....	438
-----------------------------	------------



DAFTAR TABEL

BAB I PENGERTIAN EKOLOGI KEPULAUAN

Tabel 1. Hasil pengamatan ciri Tubuh Hewan di sekitar Lingkungan.....	60
Tabel 2. Hasil pengamatan Bagian Tubuh Tumbuhan disekitar Lingkungan	60

BAB III. EKOSISTEM PULAU

Tabel 1. Pengamatan Kondisi fisik dan Biologi di Suatu Pulau	77
Tabel 2. Pengamatan Kondisi Fisik,Biologi Wilayah Pesisir Pulau.....	178
Tabel 3. Pengamatan Kondisi Fisik,Biologi di Ekosistem aquatik dan Pulau	178

BAB IV. PROSES DAUR BIOGEOKIMIA DALAM KAITANYA DENGAN KONDISI KEPULAUAN

Tabel 1. Jenis- Jenis Nitrogen di Laut	227
Tabel 2. Cadangan Tempat penyimpanan Utama Nitrogen.....	229
Tabel 3. Perbandingan sumber Alami dan Antropogenik Nitrogen Terikat	234



DAFTAR GAMBAR

BAB I PENGERTIAN EKOLOGI KEPULAUAN

Gambar 1. Hubungan Faktor Abiotik (iklim dan tanah) dan Vegeratsi	6
Gambar 2. Spesies Pioner Berupa Jamur dan Ganggang membentuk Lichenes	8
Gambar 3. Komunitas Tumbuhan yang Mulai Terbentuk pada Suatu Area Baru Terbentuk (Pulau)	9
Gambar 4. Komunitas Tumbuhan telah Terbentuk pada Suatu pulau	10

BAB II. KONSEP DASAR EKOLOGI DAN TINGKAT ORGANISASI KEHIDUPANYA

Gambar 1 Tingkat organisasi Mahluk Hidup	67
Gambar 2 Individu	68
Gambar 3 Populasi Hewan	73
Gambar 4 Komunitas Tumbuhan	74
Gambar 5 Ekosistme	78
Gambar 6 Ekosistem	80
Gambar 7 Siklus Energi	82
Gambar 8 Piramida Ekologi	83
Gambar 9. Daur Pospat	85
Gambar10 Ekologi dalam Ekosistem	86
Gambar11 Kebakaran Hutan Penyebab Rusaknya Ekosistem	87
Gambar 12Asap Pabrik Mengakibatkan Polusi Udara	89
Gambar 13 Tingkat Organisasi Kehidupan di Alam	99



Gambar 14. Organisasi Kehidupan	106
Gambar 15. Kurva Pertumbuhan Populasi	112

BAB III. EKOSISTEM PULAU

Gambar 1. Pulau yang tampak dari samping	122
Gambar 2. Pulau Membentuk Daratan yang Luas	122
Gambar 3. Pulau Dataran Contoh Pulau Halmahera	135
Gambar 4. Pulau Alivium Contoh Pulau Tabailenge di Morotai	136
Gambar 5. Pulau Berbukit Contoh Pulau Ternate	136
Gambar 6. Tumbuhan Mangrove yang Tumbuh di Ekosistem Pesisir	141
Gambar 7. Tumbuhan Lamun	142
Gambar 8. Udang-udangan	143
Gambar 9. Molusca	144
Gambar 10. Bintang Laut	145
Gambar 11. Ikan	147
Gambar 12. Terumbu karang	148
Gambar 13. Ekosistem Air Tawar yang Diam Contoh danau Laguna Ternate	157
Gambar 14. Ekosistem Air Tawar yang Mengalir contoh Air Terjur 3 Bidadri dan Kali Madoru di Anggai Obi	159
Gambar 15. Ekosistem laut dengan Pulau yang Indah	160
Gambar 16. Zona Fotik pada Bagian Laut	161
Gambar 17. Berbagai Jenis dan Bentuk Karang	163

Gambar 18 Wetlands di Daerah Pedalaman dan Daerah Pesisir contohnya hutan Mangrove	165
Gambar 19. Rawa Sagu di Pedalaman Pulau Halmahera ...	169

**BAB IV. PROSES DAUR BIOGEOKIMIA DALAM
KAITANYA DENGAN KONDISI KEPULAUAN**

Gambar 1. Siklus Oksigen	199
Gambar 2. Siklus karbon	203
Gambar 3. Siklus Karbon Global	212
Gambar 4. Barometrik Pressure Gradient	216
Gambar 5. Siklus Hidrologi	220
Gambar 6. Kestimbangan dan Pergerakan Air secara Hidrologis	222
Gambar 7. Distribusi Input Presipitasi dan Siklus Hidrologi	222
Gambar 8. Siklus Pendek Air	223
Gambar 9. Siklus Sedang Air	223
Gambar 10. Siklus Panjang	224
Gambar 11. Skema Siklus Biogeokimia Nitrogen	232
Gambar 12. Siklus Nitrogen pada Air Alami	241
Gambar 13. Siklus Nitrogen di Alam	244
Gambar 14. Skema Beberapa Jalur Berbeda yang Terlibat dalam Siklus sulfur Mikrobial	255
Gambar 15. Siklus sulfur	261

Bab V. Distribusi dan kelimpahan Hewan dan Tumbuhan di suatu Pulau

Gambar 1. Pembagian Wilayah Persebaran fauna di Indonesia	274
Gambar 2. Gajah Sumatera	275
Gambar 3. Badak Jawa	277
Gambar 4. Badak Sumatera	278
Gambar 5. Banteng Jawa	280
Gambar 6. Kerbau Sumatera	281
Gambar 7. Harimau Sumater	282
Gambar 8. Macan Tutul	283
Gambar 9. Beruang Madu	285
Gambar 10. Orang Utan	286
Gambar 11. Bekantan	287
Gambar 12. Siamang	289
Gambar 13. Elang Jawa	290
Gambar 14. Jalak bali	292
Gambar 15. Merak	293
Gambar 16. Rangkong	295
Gambar 17. Pesut	296
Gambar 18. Arwana	297
Gambar 19. Pohon Sagu	307
Gambar 20. Pohon Nipah	308
Gambatr 21. Pohon Mangrove	309
Gambar 22. Hutan Hujan tropis	310
Gambar 23. Tumbuhan Matoa	312

Gambar 24. Hutan Musim	317
Gambar 25. Hutan Sabana	318
Gambar 26. Padang Rumput	319
Gambar 27. Hutan lumut	320
Gambar 28 Hutan Rawa	321

**BAB VI. INTERAKSI HEWAN, TUMBUHAN DAN
MANUSIA, ENDEMIK SPESIES DAN FAKTOR-
FAKTOR YANG MEMPENGARUHINYA SERTA
KEUNIKAN BUDAYA MASYARAKAT
KEPULAUAN**

Gambar 1. Rhyticeros plicatus dan Geogffroyus geofroyi, Spesies yang di Temukan di Taman Nasional Aketajawe-Lolobata	377
Gambar 2. Burung Bidadari Halmahera	383
Gambar 3. Bahelo Tumbuhan yang dimanfaatkan sebagai Tanaman Obat	390

APK

AKTIVITAS PENGEMBANGAN KARAKTER

Pada bagian ini anda mengerjakan kegiatan untuk mengukur kemampuan anda terhadap materi yang telah anda pelajari.

PP

PERSIAPAN PRAKTEK

Anda harus melaksanakan tugas pada bagian ini sebelum melaksanakan praktik.

PP

PRAKTEK

Pada bagian ini anda melakukan kegiatan praktek

E

EVALUASI

Pada bagian ini anda mengerjakan soal-soal sebagai pengukur kemampuan anda setelah mempelajari keseluruhan isi buku ini.



BAB 1

PENGERTIAN EKOLOGI KEPULAUAN

Pada bagian ini akan diuraikan tentang pengertian Ekologi Kepulauan adalah ilmu yang mempelajari interaksi organisme hidup dengan lingkungannya pada suatu pulau. Istilah Ekologi mula-mula diciptakan oleh Ernest Haeckel pada tahun 1866. Kata ekologi mengacu kepada ilmu (logos), dan rumah (oikos) yang berkepetingan dengan rumah tangga, atau organisme yang berada di sekitar kita. Sejarah ekologi dimulai di Eropa, di mana bidang botani disebut Geobotani, Geobotani mula-mula hanya terdiri taxonomi tumbuhan secara tradisional. Tetapi dalam tahun 1800 Alexander von Humboldt memperluas ke dalam disiplin geografi tumbuhan. Dekat tahun 1900 kajian komunitas tumbuhan dimasukkan sebagai dimensi baru dalam geobotan (penyebaran tumbuhan). Pada saat ini ilmu ekologi telah berkembang pesat, sehingga melahirkan bagian dari ekologi menjadi ekologi tumbuhan, ekologi hewan dan yang lebih khusus adalah ekologi kepulauan.

Ekologi Kepulauan bahan kajiannya meliputi pengertian, faktor biotik dan abiotik kondisi geografi, konsep dasar ekologi kepulauan, tingkat organisasi, ekosistem pulau ekosistem pesisir, ekosistem aquatic dan wetlands, daur

biogeokimia, distribusi dan kelimpahan tumbuhan dan hewan pada suatu pulau, bentuk interaksinya, species endemik, faktor yang mempengaruhinya, keunikan budaya masyarakat di suatu pulau, strategi pengelolaan sumberdaya alam yang berkelanjutan, model pengembangan pendidikan berbasis kearifan lokal serta pengembangan eko-eduwisata pada suatu pulau.

Uraian pada bab ini bertujuan agar Anda memiliki wawasan tentang pengertian ekologi kepulauan sebagai bagian tatanan lingkungan hidup yang ada pada suatu wilayah kepulauan, faktor-biotik dan abiotik pada pulau serta gambaran kondisi geografis pulau yang dapat dikelola secara berkesinambungan guna pemanfaatan yang lebih baik.

A. CAPAIAN PEMBELAJARAN

Capaian dalam pembelajaran tentang Pengertian Ekologi Kepulauan adalah sebagai berikut:

1. Mendeskripsikan pengertian ekologi kepulauan melalui kegiatan pembelajaran,
2. Mendeskripsikan faktor biotik dan abiotik pada suatu pulau melalui pengamatan,
3. Memahami kondisi geografi pada suatu pulau melalui kegiatan pembelajaran,
4. Memahami pemanfaatan faktor biotik dan abiotik dalam kehidupansehari-hari.



B. KEMAMPUAN AKHIR PEMBELAJARAN

Adapun tujuan akhir pembelajaran yang harus dicapai adalah sebagai berikut:

1. Menjelaskan tentang pengertian ekologi kepulauan dalam suatu kegiatan pembelajaran,
2. Menyebutkan faktor-faktor biotik dan abiotik pada suatu pulau melalui pengamatan langsung,
3. Menjelaskan tentang kondisi geografi suatu pulau melalui kegiatan pembelajaran sesuai informasi wacana pada bab ini,
4. Menjelaskan tentang pemanfaatan faktor biotik dan abiotik dalam kehidupan sehari-hari oleh masyarakat di suatu pulau melalui pengamatan langsung.

C. MATERI PERKULIAHAN

1. Pendahuluan

Ekologi kepulauan yang akan dibicarakan dalam uraian ini tidak hanya membahas mengenai makhluk hidup disuatu pulau, namun lebih luas termasuk faktor-faktor yang mempengaruhinya serta bentuk interaksi, keunikan budaya masyarakat, strategi pengelolaan sumberdaya alam dan model pengembangan pendidikan berbasis kearifan lokal serta pengembangan eko-eduwisata pada suatu pulau. Jadikajian ini merupakan kajian dalam bentuk komunitas.

Ekologi kepulauan sangat berkepentingan dengan hubungan antara makhluk hidup dan lingkungan (kondisi geografi) serta sebab-sebab terbentuknya formasi komunitas pada suatu pulau serta keadaan lingkungan yang turut mempengaruhi terhadap keberadaan makhluk hidup di daerah tersebut. Guna menghindarkan tumpang tindih dengan ilmu sejenis yang erat maka bidang autekologi, ekofisiologi tidak disinggung, karena ini merupakan ilmu yang luas.

2. Pengertian Ekologi Kepulauan

Kepulauan secara umum merupakan suatu bentang lahan/landscape dijumpai pada suatu wilayah yang dikelilingi oleh laut dan di dalamnya terdapat penutup tumbuhan (*plant cover*), hewan dan manusia beserta faktor-faktor lingkungan yang saling mendukung akan kehidupan di pulau tersebut. Namun terkadang ada pulau yang penghuni manusia, yang ada hanya berupa penutup tumbuhan dan hewan serta faktor-faktor lingkungan lainnya. Keberadaan tumbuhan, hewan dan manusia serta faktor lingkungan dengan kondisi geografi tertentu yang secara bersama dapat membentuk satu atau beberapa komunitas dengan ciri tertentu atau menggambarkan komunitas tertentu.

Ekologi kepulauan dapat didefinisikan sebagai kumpulan makhluk hidup berupa tumbuhan, hewan dan manusia serta faktor-faktor lingkungan secara keseluruhan

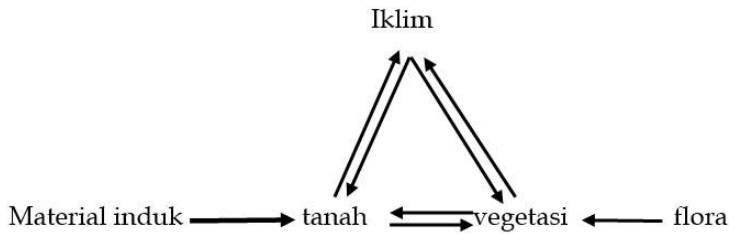


(*assemblage*) dapat hidup bersama pada suatu area khusus (pulau), yang dicirikan dengan spesies penyusun maupun oleh gabungan karakter struktural dan fungsional yang memberi ciri fisiognomi (kenampakan luar) (Tolangara, 2015).

3. Faktor Abiotik dan Biotik pada suatu Pulau

Suatu pulau sama halnya dengan wilayah lain di muka bumi ini, yang juga dibentuk karena pengaruh beberapa faktor, faktor tersebut baik berupa faktor abiotik dan biotik dengan karakteristik tersendiri bergantung pada kondisi geografisnya. faktor-faktor abiotik yang menunjang pembentukan suatu pulau (skala kecil) maupun kepulauan (skala luas), faktor tersebut antara lain: material induk, tanah, iklim, kalau di daerah pesisir berupa karang atol yang besar, koral, terumbu karang yang membentang luas, sebagai dasar terbentuknya suatu daratan yang luas.

Hubungan antara faktor abiotik berupa material induk pembentuk tanah berupa batuan, tanah dan iklim serta vegetasi memiliki hubungan erat yang “Sifatnya timbal balik, dan dinamik”. Walter secara skematik menggambarkan hubungan tersebut sebagai berikut:



Gambar 1. Hubungan Faktor abiotik (tanah, Iklim) dan vegetasi

Berdasarkan Gambar 1 di atas menunjukkan bahwa iklim berpengaruh tidak hanya pada tanah dan vegetasi. Suhu dan air adalah parameter penting dalam pembentukan formasi tanah. Sebaliknya vegetasi dan tanah hanya berpengaruh kecil terhadap iklim, biasanya hanya berhubungan dengan lapisan udara dekat permukaan saja. Interaksi tanah dan vegetasi begitu erat, sehingga terbentuk satu satuan yang jelas dan komponennya hampir tak dapat diperlakukan secara terpisah. Tanah dan iklim merupakan faktor lingkungan secara bersama membentuk lingkungan yang baik untuk tumbuhnya vegetasi (tumbuhan). Namun, tanah dan vegetasi mempunyai sifat sendiri, yang dapat dipahami kaitannya dengan sejarah mereka. Vegetasi berasal dari flora suatu wilayah sedangkan asal usul tanah dari material induk. Sifat batuan induk akan menonjol pada tanah muda; dan kajian material ini adalah, salah satu tujuan pokok bidang geologi. Dengan makin bertambahnya formasi tanah, maka sifat tanah menjadi sangat terpengaruh oleh iklim dan vegetasi.



Dengan mengetahui hubungan tiga aspek tersebut, kita akan dapat mengerti mengapa ada paralelisme erat antara zona iklim, zona tanah dan zona vegetasi. Tanah daerah beriklim lembab (*humid*) dan yang beriklim kering (*arid*) mempunyai perbedaan jelas. Tanah iklim lembab terdapat gerakan air terutama menuju ke arah bawah dalam profil tanah, sehingga sifat pelindihan/pencucian (*leaching*) menjadi jelas pada horizon atas. Pelindihan yang demikian tak terdapat pada tanah daerah kering dan di daerah ini akan terjadi naiknya substansi yang terlarut dari pelapukan. Kemudian zat ini didepositkan dalam horizon tertentu atau bahkan didepositkan di permukaan tanah, karena proses evaporasi yang kuat, akan menyebabkan gerakan air tanah ke atas. Kondisi ini berjalan terus pada material induk dan menyebabkan pelapukan material induk tersebut.

Proses pelapukan material induk (batuan) ini sangat dipengaruhi pula oleh makhluk hidup perintis berupa jamur dan ganggang yang kemudian bersimbiosis mutualistik membentuk lichenes. Ketika batuan yang ditempati lichenes ini mengalami pelapukan, karena pengaruh faktor alam berupa perubahan suhu dan intensitas cahaya yang berbeda, maka batuan tadi akan lapuk membentuk tanah. Kondisi ini akan menjadi dasar pembentukan tanah pada area daratan baru, yang disebut pulau bahkan kepulauan. Berikut ini ditunjukkan spesies pioner berupa jamur dan ganggang yang membentuk lichens dan

berperan dalam pembentukan kehidupan baru di suatu wilayah daratan baru.

“A group of organisms, such as lichens, found in the primary stage of succession and that begin an area's soil-building process”



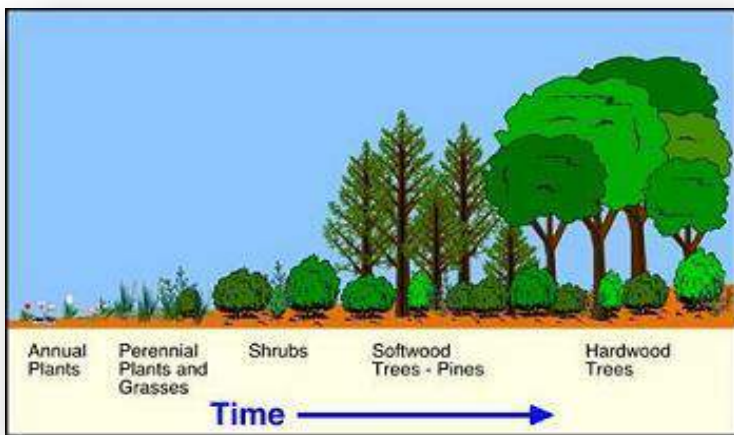
Gambar 2. Species Pioner berupa jamur dan ganggang membentuk Lichenes

Kondisi seperti ini sudah berlangsung ribuan bahkan jutaan tahun yang lalu, sehingga area daratan baru terbentuk makin meluas dan membentuk suatu area pulau yang besar. Kemudian dengan bantuan faktor abiotik lain berupa: angin dan air yang selalu bekerja untuk membawa benih (biji), diaspora, maupun propagul suatu jenis tumbuhan ke daratan baru (pulau), maka pulau tersebut akan ditumbuhi oleh berbagai jenis tumbuhan hasil pemencaran benih (diaspora) yang di bawah angin dan air, sehingga akan terbentuk komunitas baru yang ditumbuhi oleh tumbuhan dari berbagai



tingkatan baik tingkat rendah hingga tumbuhan tingkat tinggi, yang menjadi penghuni wilayah pulau tersebut.

Dengan hadirnya berbagai jenis tumbuhan pada suatu pulau, akan memberi peluang untuk hadirnya berbagai faktor biotik lain berupa; tumbuhan, hewan maupun manusia untuk mengelola sumberdaya alam yang berada pada pulau tersebut, hal ini dapat dilihat pada Gambar 3 berikut ini.



Gambar 3. Komunitas tumbuhan yang mulai terbentuk pada suatu area baru terbentuk (pulau)

Menurut Tansley *dalam* Mueller-Dombois & Ellenberg, (1974) yang memberi gambaran terbentuknya pulau atau daratan yang kemudian ditumbuhi oleh vegetasi sebagai berikut: berbagai tumbuhan di alam hidup berkelompok dan tumbuh secara bersama, karena tumbuhan terikat dengan faktor

tanah (*edafik*) sebagai tempat tumbuhnya, untuk mengambil unsur hara dan air, maka tumbuhan tersebut memperbanyak diri secara masal dengan perantaraan biji atau spora, atau dengan sarana lain berupa: rhizome, runner, tuber, bulbus atau cormus, kadang kadang dengan tunas akar (*sucker*). Dengan cara tersebut tumbuhan akan membentuk vegetasi yang luas sebagai masa tumbuhan dan memungkinkan dapat dibedakan menjadi unit-unit yang jelas, unit ini dinamakan komunitas tumbuhan. Berikut gambaran komunitas tumbuhan yang tumbuh pada suatu pulau. Komunitas tumbuhan ini mencirikan keberhasilan interaksi antara tumbuhan dengan faktor-faktor lingkungan abiotiknya, yang mengandung makna adaptasi makhluk hidup dengan lingkungannya.



Gambar 4. Komunitas tumbuhan telah terbentuk pada suatu pulau. Sumber: Tolangara, A.R. 2016

Mengingat keberhasilan atas kemampuan tumbuhan dalam melaksanakan adaptasi tersebut, maka para pembuat peta vegetasi, mengarahkan definisi vegetasi yang lebih mempunyai pengertian praktis untuk tujuan pemetaan vegetasi: sehingga vegetasi didefinisikan mempunyai makna yang terdiri dari berbagai unit yang dipetakan secara jelas. Untuk kepentingan kajian berupa tutupan vegetasi, kajian fisiognomi vegetasi (penampakan luar vegetasi), dominansi, bahkan yang lebih luas adalah struktur biomassa vegetasi pada suatu area yang sangat luas misalnya kepulauan.

4. Komunitas pada suatu Pulau

Komunitas pulau merupakan satuan/unit yang membentuk kumpulan baik vegetasi maupun hewan, dan komunitas terbentuk tidak sekedar persatuan tumbuhan maupun hewan secara acak yang hanya berdasar kesempatan tumbuh dan berkembang semata-mata, tapi merupakan suatu organisasi yang kompleks dengan komposisi floristik maupun species hewan secara tipikal dengan karakteristik morfologi tertentu dan merupakan hasil interaksi populasi spesies melalui waktu yang lama. Mengenai definisi komunitas disajikan lebih lanjut.

Definisi komunitas.

Di luar pengaruh interaksi dalam komunitas tumbuhan dan hewan secara bersama-sama saling memberi tempat pada suatu pulau (area) secara bersama dalam habitat dan lingkungan secara yang sama. Jadi integrasi dalam komunitas adalah fenomena yang telah terbentuk dengan perbedaan tingkat organisasinya. Komunitas yang terintegrasi ini mempunyai resistensi (ketahanan) terhadap guncangan lingkungan (homeostasis), dan perubahan lingkungan yang spesifik dapat menimbulkan tanggapan yang dapat diprediksi dalam komunitas. Begitupula integrasi bukan merupakan syarat penyatuan dalam komunitas tumbuhan dan hewan, karena tingkat dan macam integrasi juga merupakan subyek penting dalam riset ekologi. Menurut paham ini komunitas dapat didefinisikan sebagai organisasi organisme secara ruang (*spatial*) dan waktu (*temporal*) dengan perbedaan tingkat integrasi yang berbeda, jadi jelas komunitas mempunyai tingkat organisasi lebih tinggi daripada organisme itu sendiri (Dansereau).

Jadi komunitas tumbuhan maupun hewan dapat dipahami sebagai gabungan individu yang tergantung pada lingkungannya dan tumbuhan dan hewan saling mempengaruhi satu sama lain serta memodifikasi lingkungannya sendiri. Tumbuhan dan hewan secara bersama membentuk habitatnya serta organisme assosiasi lain pada

suatu ekosistem dan ekosistem ini berkaitan dengan ekosistem tetangganya maupun makrolimat di wilayah/region atau pada suatu pulau.

Walaupun tumbuhan dan hewan berkaitan erat dengan anggota individu lainnya, namun tetap mempertahankan individualitasnya sendiri, karena masing-masing individu dapat hidup di luar komunitas. Jadi unit paling akhir tumbuhan maupun hewan bukan komunitas tumbuhan atau hewan, tetapi tumbuhan dan hewan secara individual. Tipe tumbuhan dan hewan terakhir ini adalah suatu bentuk populasi spesies, subspecies, varietas atau ekotipe, yang secara genetik sangat erat kaitannya dan masing-masing memperlihatkan tipe ekologi yang sama di suatu pulau.

Walter mendefinisikan komunitas tumbuhan dan hewan sebagai suatu kombinasi spesies secara tetap yang terdapat secara alami, dan dalam keseimbangan ekologi baik diantara tumbuhan itu sendiri maupun dengan lingkungannya.

Oosting membuat definisi kerja tentang komunitas tumbuhan dan hewan merupakan kumpulan (*aggregation*) berbagai organisme hidup yang mempunyai hubungan timbal balik (*mutual relationship*) baik diantara tumbuhan dan hewan itu sendiri maupun dengan lingkungannya.

Komunitas tumbuhan dan hewan dapat dicirikan oleh spesies yang mempunyai pertumbuhan paling besar, paling melimpah atau paling mencirikan pada komunitas tersebut. Jadi,

komunitas tidak dapat dideskripsi hanya sekedar dengan mendaftar semua jenis penyusun seperti pada tumbuhan dan hewan, tetapi harus memberi informasi tentang jumlah atau kelimpahan (*abundance*) atau sifat unik pada komunitas pulau tersebut.

Dalam komunitas pulau terdapat semacam organisasi tumbuhan dan hewan. Populasi spesies pada suatu lokasi pulau atau kepulauan merupakan dasar karakteristik komunitas tumbuhan dan hewan. Dengan adanya perubahan secara kontinyu dalam populasi spesies membuat tumbuhan dan hewan pada komunitas begitu beragam (*variable*). Distribusi tiap populasi spesies dipengaruhi oleh faktor interspesifik maupun intraspesifik yang secara langsung akan mencirikan fenotip spesies. Tiap populasi spesies mempunyai potensi optimal yang dipengaruhi oleh interferensi internal dan eksternal, sehingga ukuran populasi dan ruangnya dimodifikasi secara beragam menurut sifat-sifat kompetisi, reproduksi dan kepastian toleransi individu. Segala macam proses yang berpengaruh pada kumpulan tumbuhan dan hewan. Disamping itu tiap populasi mempunyai persyaratan iklim (klimatik) dan tanah (edafik) secara nyata, dan hanya akan tumbuh di bawah kondisi tertentu. Tiap spesies mempunyai persyaratan yang mencirikan untuk kisaran/range pada kondisi lingkungan fisik agar tumbuh atau sering disebut sebagai **amplitude ekologi**.



Species yang berbeda mempunyai amplitudo yang berbeda, fenomena ini akan melahirkan variasi dalam penyusun (komposisi) tumbuhan dan hewan pada suatu komunitas disuatu pulau. Ini semua dikenal sebagai level kedua dalam organisasi masyarakat tumbuhan dan hewan. Kalau kedua level tersebut digabung, maka tiap spesies mempunyai **niche ekologi** (*ecological niche*) sendiri-sendiri (**Shinwell**).

Kemudian, keseluruhan total niche ekologi spesies tumbuhan dan hewan serta lingkungan, dapat diacu sebagai ekosistem (tansley) atau biogeocoenose (**Sukachev**)

a. Komunitas tumbuhan

Mengingat obyek kajian tumbuhan (vegetasi) yang merupakan komunitas, maka sangat penting untuk mengetahui beberapa titik pandang (*point of view*) kondisi alami (*nature*) komunitas. Ini sangat penting karena tiap pandangan akan membawa konsekuensi metode tertentu dalam riset vegetasi. Telah banyak literature membahas kriteria yang membentuk suatu komunitas tumbuhan dan dijumpai banyak definisi tentang apa yang disebut komunitas tumbuhan. Lepas dari bagaimana bunyi definisi komunitas tumbuhan, maka akan dijumpai tumbuhan di alam secara bersama dalam kelompok asosiasi secara berulang dan kelompok-kelompok tersebut disebut sebagai komunitas.

Pada dasarnya ada dua pandangan tentang kondisi alami komunitas tumbuhan yang saling bertentangan dan sering dijumpai dalam literature:

1. Kelompok yang berpandangan bahwa komunitas tumbuhan adalah unit-unit dengan karakteristik komposisi. Sehingga menggunakan term komposisi tumbuhan atau *phytoceology* untuk memberi batasan ilmu yang berkaitan dengan komunitas tumbuhan. Dalam kelompok ini terdapat berbagai macam pandangan pula, misalnya ada yang memandang bahwa komunitas tumbuhan seperti organisme, dan yang lain memandang komunitas sebagai unit lebih kompleks yang terdiri dari beberapa lapisan komunitas yang disebut *synusie*.

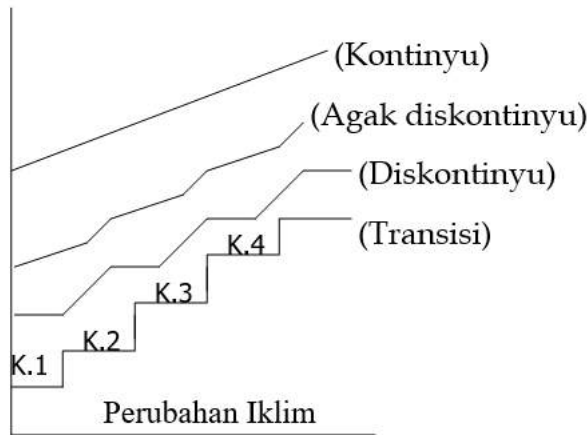
Sebagai contoh Elments mempunyai pandangan komunitas tumbuhan dianalogikan sebagai organisme. Komunitas tumbuhan dianggap sebagai unit kesatuan (*entity*), sehingga pandangan ini juga disebut sebagai titik pandang holistic, karena komunitas persis seperti organisme: lahir, tumbuh berkembang menjadi dewasa, bereproduksi dan kemudian mati. Proses perkembangan suksesi mulai dari perkembangan stadia pioneer sampai stadia klimax dan stabil, ini menggambarkan proses dari lahir sampai dewasa.

Sudah barang tentu pandangan ini ada kelemahannya, misalnya, mati atau hilangnya komunitas klimax sesungguhnya

tidak dapat disamakan dengan matinya organisme yang kehilangan fungsi organnya. Populasi spesies yang dalam hal ini dapat disamakan sebagai organisme tidak musnah karena ketuaan, tetapi karena sebagian atau keseluruhan populasi diganti oleh populasi spesies lain, karena perubahan lingkungan misalnya bencana alam.

Braun Blanquet juga berpandangan analogi organisme sehingga aspek klasifikasi komunitas serupa seperti organisme yang diklasifikasikan ke dalam kelompok *taxonomi*. Komunitas tumbuhan dapat disamakan dengan spesies dan komunitas dipandang sebagai unit dasar klasifikasi vegetasi serupa dengan spesies dalam klasifikasi *taxonomi* karenanya, Braun- Blanquet mempunyai titik pandang sistematis.

Beberapa ahli menekankan adanya penyebaran secara kontinyu diantara komunitas tumbuhan, sedang lainnya menekankan adanya diskontinyu dan bentuk transisi dalam vegetasi. Komnitas tumbuhan dapat tersebar secara kontinyu maupun diskontinyu, bergantung pada iklim, faktor iklim yang sangat berpengaruh adalah suhu, kelembahan udara, cahaya matahari, selain itu terdapat pula faktor edafik (tanah) yakni (pH tanah) juga turut mempengaruhi penyebaran (kontinu maupun diskontinu pada komunitas tumbuhan. Berikut ini gambaran komunitas tumbuhan yang kontinyu, diskontinyu dan transisi.



Gambar 5. Perubahan komunitas tumbuhan yang dipengaruhi Iklim

Penekanan pada diskontinyu menganggap bahwa komunitas masing masing jelas terpisah satu sama lain, sehingga tiap komunitas dapat dikelompokkan dalam sistem klasifikasi. Dalam hal ini tiap komunitas dapat diidentifikasi sebagai anggota dari tipe komunitas tertentu, karena adanya spesies karakter (species penciri) atau disebut spesies kunci. Tetapi ini ada kelemahannya, karena spesies kunci ini akan kehilangan nilai diagnosanya kalau kajian komunitas diperluas diluar batas wilayah aslinya.

Pandangan kontinyu (bersambungan) menganggap komunitas tumbuhan bersifat dinamik, sehingga penekannya pada kontinyu dalam ruang dan tidak ada batas yang jelas antara komunitas yang berdekatan. Pandangan ini dikenal sebagai pandangan kontinum atau pandangan Ciseonsin.

Pendekatan riset continuum ini secara efektif dimulai dari Curtis yang memberi sumbangan ilmu vegetasi dengan perumusan metode analisis gradient lingkungan dan ordinasasi.

2. Kelompok kedua berpandangan bahwa tumbuhan secara individu sebagai satu-satunya unit yang nyata di alam. Komunitas tumbuhan secara individu hidup secara bersama, sehingga tidak jelas ditentukan sebagai unit. Gleason termasuk dalam kelompok ini yang sangat terkenal, dia mengajukan konsep komunitas tumbuhan yang disebut sebagai konsep individualistik komunitas tumbuhan. Menurut pandangan ini penutup vegetasi dipandang sebagai bentuk kontinum, yang berarti itu terdiri dari kombinasi tumbuhan yang berubah secara kontinyu. Dan untuk dapat menentukan batas-batannya mungkin sangat sulit atau bahkan tidak dapat ditentukan sama sekali.

Gleason beranggapan bahwa komunitas tumbuhan konsistensinya tergantung pada kekuatan selektif lingkungan tertentu dan berubah secara tetap dalam ruang (*spatial*) dan waktu (*temporal*). **Karenanya menurut pandangan ini tidak ada dua komunitas yang serupa atau mempunyai hubungan yang erat, dan masing masing bersifat individualistic (memiliki ciri yang berbeda).**

Kemudian Walter mempunyai pandangan yang berada diantara kedua pendapat di atas. Munculnya kelompok tanaman yang sama atau kombinasi spesies yang samapada

habitat sama hampir tidak dapat diingkari. Ini berarti bahwa komunitas dapat dikenal, dengan demikian dapat dikaji. Komunitas seperti itu dengan mudah ditentukan batasnya pada tiap habitat yang berbeda.

Namun kalau kita merintis komunitas tumbuhan yang luas dan penutupannya dengan jarak yang jauh dan disertai dengan perubahan makroklimat, maka selama merintis komunitas tersebut akan dapat diamati adanya satu spesies tumbuhan pada satu saat hilang dari komunitasnya dan kemudian muncul spesies baru. Sampai akhirnya pada suatu tempat muncul kombinasi spesies yang sama sekali berbeda. Jika kita hanya memandang dua lokasi pada awal dan akhir transek saja, maka seakan-akan komunitas tersebut hanya terdiri dari dua komunitas yang jelas berbeda. Tetapi kalau kita memandang perubahan komposisi jenis secara bertingkat sepanjang transek, maka akan sukar untuk memberi batasan yang tegas antara dua komunitas yang saling berdampingan tersebut pada suatu pulau.

b. Komunitas Hewan

Di alam jarang sekali ditemukan kehidupan hewan yang secara individu terisolasi, biasanya suatu kehidupan hewan lebih suka mengelompok atau membentuk koloni. Kumpulan berbagai jenis organisme termasuk hewan disebut komunitas hewan yang terdiri atas berbagai populasi hewan. Komunitas itu

berhubungan erat dan saling bergantung. Ilmu untuk menelaah komunitas (masyarakat) ini disebut sinekologi. Di dalam komunitas hewan, percampuran jenis-jenis tidak demikian saja terjadi, melainkan setiap spesies menempati ruang tertentu sebagai kelompok yang saling mengatur di antara mereka. Kelompok ini disebut populasi sehingga populasi merupakan kumpulan individu-individu dari satu macam spesies.

Komunitas merupakan konsep yang penting karena di alam berbagai jenis organisme, hidup bersama dalam suatu aturan dan tidak tersebar begitu saja dan apa yang dialami oleh komunitas akan dialami oleh organisme. Jadi untuk memusnahkan sesuatu organisme kita dapat lakukan dengan jalan mengubah komunitasnya. Komunitas adalah kumpulan dari berbagai populasi yang hidup pada waktu dan daerah tertentu yang saling bertinteraksi dan saling mempengaruhi. Komunitas memiliki derajat keterpaduan yang lebih kompleks bila di dibandingkan dengan populasi (Prihartina, 2009).

Komunitas tidak hanya mempunyai kesatuan fungsional tertentu dengan struktur trofik dan arus energi khas saja, tetapi juga merupakan kesatuan yang di dalamnya terdapat peluang bagi jenis tertentu untuk dapat hidup dan berdampingan. Walaupun demikian tetap masih ada kompetisi diantaranya, sehingga akan ditemukan populasi tertentu yang berperan sebagai dominansi dalam komunitas tersebut, karena tidak semua organisme dalam komunitas sama pentingnya dalam

menentukan keadaan alamiah dan fungsi dari seluruh komunitas, maka populasi yang mendominasi tersebut terutama adalah populasi yang dapat mengendalikan sebagian besar arus energi dan kuat sekali mempengaruhi lingkungan pada semua jenis yang ada di dalam komunitas yang sama (Prihartina, 2009).

Berbicara mengenai komunitas hewan yang menempati suatu daeah misalnya pulau atau kepulauan, merupakan, berarti membahas mengenai distribusi hewan dalam menempati ruang atau habitat dengan berbagai kondisi lingkungan yang beragam, sehingga hewan tersebut harus mampu beradaptasi dengan kondisi lingkungan, untuk dapat bertahan hidup di wilayah tersebut. Begitu pula dengan wilayah Ekotone yang merupakan peralihan antara dua atau lebih komunitas yang berbeda di suatu wilayah (pulau). Daerah ini adalah daerah pertemuan yang dapat berbentuk bentangan luas daratan tetapi masih lebih sempit/kecil jumlah populasinya dari komunitas sekitarnya. Komunitas ekotone biasanya banyak mengandung organisme dari masing-masing komunitas yang saling tumpang tindih, dan sebagai tambahan, ataupun sebagai organisme yang khas yang tidak terdapat pada masing-masing komunitas pendampingnya.



Hewan dan Lingkungan Biotik

Menurut Begon, *et al.*, (1986) setiap organisme di muka bumi menempati habitatnya masing-masing. Dalam suatu habitat terdapat lebih dari satu jenis organisme dan semuanya berada dalam satu komunitas. Komunitas menyatu dengan lingkungan abiotik dan membentuk suatu ekosistem. Dalam ekosistem hewan berinteraksi dengan lingkungan biotik, yaitu hewan lain, tumbuhan serta mikroorganisme. Interaksi tersebut dapat terjadi antar individu, antar populasi dan antar komunitas.

Interaksi tersebut merupakan fungsi ekologis dari suatu ekosistem. Interaksi antara individu dapat terjadi antar individu dalam suatu populasi atau berbeda populasi. Misalnya interaksi ayam jantan dengan pejantan lainnya untuk memperebutkan teritorial, antar seekor kucing dengan tikus. Interaksi populasi terjadi antar kelompok hewan dari suatu jenis organisme dengan kelompok lain yang berbeda jenis organisme. Misalnya sekelompok anjing berburu sekelompok rusa di suatu pulau. Interaksi antar komunitas terjadi antar kelompok-kelompok kambing dan sapi, di satu pihak dengan rumput dan semak-semak di pihak lain ketika hewan tersebut merempati wilayah rumput tertentu di suatu pulau. Hubungan antar hewan dengan lingkungan biotiknya terjadi antar organisme yang hidup terpisah dengan organisme yang hidup bersama. Faktor-faktor biotik yang mempengaruhi kehidupan hewan adalah sebagai berikut:

Komunitas (biocenose) adalah beberapa jenis organisme yang merupakan bagian dari jenis ekologis tertentu yang disebut ekosistem unit, yaitu suatu satuan lingkungan hidup yang di dalamnya terdapat bermacam-macam makhluk hidup (tumbuhan, hewan dan mikroorganisme) dan antar sesamanya dan lingkungan di sekitarnya (abiotik) membentuk hubungan timbal balik yang saling mempengaruhi.

Produsen terdiri dari organisme autotrof, yaitu organisme yang dapat menyusun bahan organik dari bahan anorganik sebagai bahan makanannya. Penyusunan bahan organik itu berhubungan dengan pemenuhan kebutuhan energi yang diperlukan untuk aktivitasmetabolisme dan aktivitas hidup lainnya. Organisme autotrof sebagian besar adalah organisme berklorofil, yang terdiri dari tumbuhan hijau dan sebagian kecil berupa bakteri.

Konsumen adalah komponen biotik yang terdiri dari organisme heterotrof, yaitu organism yang tidak dapat memanfaatkan energi secara langsung untuk memenuhi kebutuhan energinya. Organisme heterotrof sebagai organisme yang tidak dapat menyusun bahan organik dari bahan anorganik. Energi kimia dan bahan organik yang diperlukan dipenuhi dengan cara mengkonsumsi energi kimia dan bahan organic yang diproduksi oleh tumbuhan hijau (produsen). Organisme yang tergolong konsumen adalah;

Herbivore, yaitu pemakan tumbuhan, misalnya sapi, kuda, kambing, kupu-kupu, belalang dan siput. **Karnivor**, adalah hewan pemakan hewan lain baik herbivore maupun sesama karnivor. Karnivor pada umumnya adalah hewan buas (harimau, singa, ular), dan hewan pemakan bangkai (burung hantu). Predator juga termasuk sebagai karnivor. **Omnivor**, adalah hewan pemakan segala yang baik tumbuhan maupun hewan yang sudah mati, misalnya kucing, ayam, musang, tikus dan lain-lain. **Detritivor**, adalah organisme yang berperan sebagai pengurai (mikroorganisme) seperti bakteri. **Predator**, adalah hewan yang makan hewan lain dengan cara berburu dan membunuh. Hewan yang dimangsanya adalah hewan yang masih hidup. Contohnya adalah kucing makan tikus, capung makan serangga. **Parasit**, adalah hewan yang hidup pada hewan lain. Hidupnya sangat mempengaruhi inangnya karena semua zat makanan dari inang diserapnya untuk memenuhi kebutuhan hidupnya. Parasit berupa hewan kecil dan organisme kecil yang termasuk jamur dan bakteri patogen. **Parasitoid**, adalah serangga yang pada fase dewasanya hidup bebas, tetapi pada fase larva berkembang di dalam tubuh (telur, larva dan pupa) serangga lain yang merupakan inangnya. Serangga parasitoid pada umumnya termasuk pada ordo Hymenoptera dan Diptera. Hewan dewasa parasitoid meletakkan telurnya di dekat atau pada tubuh serangga lain (telur, larva dan pupa). Ketika telur parasitoid yang diletakkan pada tubuh inangnya

menetas, selama fase larva itu belum dewasa akan hidup terus dalam tubuh inang. Larva tersebut akan makan sebagian atau seluruh tubuh dari inang sehingga menyebabkan kematian bagi inangnya. **Pengurai**, adalah organisme yang berperan sebagai pengurai. Cara mengonsumsi makanan tidak dapat menelan dan mencerna makanan di dalam sel tubuhnya, melainkan harus mengeluarkan enzim pencernaan keluar sel untuk dapat menguraikan makanannya yang berupa organik mati menjadi zat-zat yang molekulnya kecil sehingga dapat diserap oleh sel. **Mikrobivor**, adalah hewan-hewan kecil yang makan mikroflora (bakteri dan fungi). Hewan ini berupa protozoa dan nematoda. **Detritivor**, adalah hewan yang makan detritus, yaitu bahan-bahan organik mati yang berasal dari tubuh tumbuhan dan hewan. Hewan yang tergolong detritus antara lain; rayap, anjing tanah dan cacing tanah.

Di dalam suatu komunitas pulau juga dapat terjadi berbagai interaksi maupun hubungan timbal balik antara organisme, berikut ini akan diuraikan bentuk-bentuk interaksi tersebut antara lain:

a. **Intraspesifik dan interspesifik**

Hubungan timbal balik antara dua individu dalam suatu jenis organisme (intraspesifik) dan hubungan antara dua individu yang berbeda jenis (interspesifik). Hubungan-hubungan ini meliputi:

Kompetisi, adalah hubungan antara dua individu untuk memperebutkan satu macam sumberdaya, sehingga hubungan

itu bersifat merugikan bagi salah satu pihak. Sumberdaya berupa; makanan, energi dan tempat tinggal. Persaingan ini terjadi pada saat populasi meledak sehingga hewan akan berdesak-desakan di suatu tempat tertentu. Dalam kondisi demikian biasanya hewan yang kuat akan mengusir yang lemah dan akan menguasai tempat itu sedangkan yang lemah akan bermigrasi atau mati bahkan punah.

Simbiosis, Hubungan interspesifik ada yang bersifat simbiosis ada yang non simbiosis. Hubungan simbiosis adalah hubungan antara dua individu dari dua jenis organisme yang keduanya selalu bersama-sama. Contoh dari simbiosis adalah Flagellata yang hidup dalam usus rayap. Flagellata itu mencerna selulosa kayu yang dimakan rayap. Dengan demikian rayap dapat menyerap karbohidrat yang berasal dari selulosa itu. Hubungan nonsimbiosis adalah hubungan antara dua individu yang hidup secara terpisah, dan hubungan terjadi jika keduanya bertemu atau berdekatan. Contohnya adalah kupu-kupu dengan tanaman bunga. Bunga akan terbantu dalam penyerbukan yang disebabkan terbawanya serbuk sari bunga oleh kaki kupu-kupu dengan tidak sengaja ke bunga yang lain pada saat kupu-kupu mengisap nectar dari bunga tersebut. Simbiosis sebagai hidup bersama antara dua individu dari dua jenis organisme, baik yang menguntungkan maupun yang merugikan.

Pemisahan Kegiatan Hidup, peristiwa ini adalah hubungan kompetitif antara satu hewan dengan hewan yang lain dan

dapat berkembang menjadi kegiatan pemisahan hidup (*partition*). Dalam hubungan ini hewan-hewan yang hidup di suatu habitat mengadakan spesialisasi dalam hal jenis makanan atau dalam metode dan tempat memperoleh makanannya. Misalnya burung Flaminggo mempunyai kaki dan leher yang panjang yang berfungsi dalam hal pengambilan makanannya berupa organisme kecil dan di tempat berlumpur, sehingga burung tersebut mudah meraihnya. **Kanibalisme**, adalah sifat suatu hewan untuk menyakiti dan membunuh bahkanmemakannya terhadap individu lain yang masih sejenis. Contoh belalang sembah betinamembunuh belalang jantan setelah melakukan perkawinan, ayam dalam satu kandang yang berdesak-desakan, sehingga ruangan dan makananya terbatas menyebabkan persaingan yang hebat. **Amensalisme**, hubungan antara dua jenis organisme yang satu menghambat atau merugikan yang lain,tetapi dirinya tidak berpengaruh apa-apa dari organisme yang dihambat atau dirugikan. **Komensalisme**, hubungan antara dua jenis organisme yang satu memberi kondisi yang menguntungkan bagiyang lain sedangkan dirinya tidak terpengaruh oleh kehadiran organisme yang lain itu. **Mutualisme**, hubungan antara dua jenis organisme atau individu yang saling menguntungkan tanpa adayang dirugikan.

Hewan dan Lingkungan Abiotik

Menurut Kendeigh (1980) bahwa hewan adalah organisme yang bersifat motil, yaitu dapat bergerak dan berpindah tempat. Gerakannya disebabkan oleh rangsangan tertentu yang berasal dari lingkungannya. Faktor-faktor yang merangsang hewan untuk bergerak adalah makanan, air, cahaya, suhu, kelembaban, dan lain-lain. Faktor lingkungan yang berpengaruh pada kehidupan hewan dibedakan atas kondisi dan sumberdaya. Sumberdaya tersebut terdiri atas:

Materi, adalah bahan-bahan atau zat yang diperlukan oleh organisme untuk membangun tubuh. Materi terdiri atas; zat-zat anorganik (air, garam-garam mineral) dan zat-zat organik (tubuh organisme lain atau sisa-sisa tubuh organisme yang sudah mati). **Energi**, adalah daya yang diperlukan oleh organisme untuk melakukan aktivitas hidup. **Ruang**, adalah tempat yang digunakan organisme untuk menjalankan siklus hidupnya. Hewan dan organisme lain mempunyai hubungan yang saling ketergantungan dengan lingkungannya, sehingga timbulah hubungan timbal balik (mutual relation-ship) antara keduanya. Hubungan timbal balik tersebut meliputi; Aksi, Reaksi dan Koasi. Lingkungan abiotik hewan meliputi faktor-faktor Medium dan Substrat. **Medium**, adalah bahan yang secara langsung melingkupi organisme dan organisme tersebut berinteraksi dengan medium, seperti; Ikan menerima zat-zat

mineral dari air, sebaliknya air menerima kotoran ikan dalam air. Bagi beberapa jenis hewan, medium merupakan habitatnya. Beberapa fungsi medium bagi hewan;

- a. sebagai tempat tinggal misalnya: ikan hidup di air dan cacing hidup di tanah,
- b. sumber materi yang diperlukan untuk metabolisme tubuh, misalnya hewan darat memperoleh oksigen dari udara,
- c. tempat membuang sisa metabolisme seperti karbondioksida dan feces,
- d. tempat bereproduksi, misalnya katak pergi ke air untuk kawin dan bertelur,
- e. menyebarkan keturunan, misalnya larva ketam air tawar (megalopa) menyebar di perairan sungai setelah bermigrasi dari laut ke arah hulu sungai.

Setiap medium akan berbeda komposisi dalam merambatkan panas, sifat perubahannya sebagai akibat perubahan suhu, tegangan permukaan, kekentalan, massa jenis dan tekanan.

Substrat, adalah permukaan tempat organisme hidup terutama untuk menetap atau bergerak, atau benda-benda padat tempat organisme menjalankan seluruh atau sebagian hidupnya. Setiap organisme memerlukan medium, tetapi tidak semua mempunyai substrat. Hewan air yang bersifat pelagik (berenang) tidak mempunyai substrat. Medium juga

tidak berubah sebagai akibat adanya aktifitas organisme. Substrat mengalami modifikasi oleh aktivitas organism, misalnya tanah, padang rumput yang gembur menjadi padat karena selalu digunakan untuk gembala kambing atau kerbau terus menerus. Substrat sebagai tempat berpijak, membangun rumah atau kandang dan tempat makanan. Beberapa hewan menggunakan substrat sebagai tempat berlindung, karena warna substrat sama dengan warna tubuhnya, misalnya bunglon dan belalang kayu.

Kendeigh (1980) menjelaskan bahwa beberapa faktor fisik juga berpengaruh terhadap kehidupan hewan berupa:

Tanah, tanah merupakan substrat bagi tumbuhan untuk tumbuh, merupakan medium untuk pertumbuhan akar dan untuk menyerap air dan unsur-unsur hara makanan. Bagi hewan tanah adalah substrat sebagai tempat berpijak dan tempat tinggal, kecuali hewan yang hidup di dalam tanah. Kondisi tanah yang berpengaruh terhadap hewan tersebut adalah kekerasannya. Faktor dalam tanah yang mempengaruhi kehidupan hewan tanah antara lain kandungan air (drainase), kandungan udara (aerose), suhu, kelembaban serta sisa-sisa tubuh tumbuhan yang telah lapuk. Jika tanah banyak mengandung air maka oksigen di dalam tanah akan berkurang dan karbondioksidanya akan meningkat. Air juga menyebabkan tanah menjadi cepat asam, karena air mempercepat pembusukan. Kurangnya oksigen menyebabkan gangguan

pernapasan, dan zat-zat yang bersifat asam dapat meracuni hewan di dalam air. Tanah yang terlalu kering menyebabkan hewan dalam tanah tidak dapat mengambil air secara normal. Sementara kandungan karbondioksida dalam tanah lebih banyak daripada di atmosfer. Jika tanah banyak mengandung rongga pertukaran udara antar tanah dengan atmosfer menjadi lebih lancar, karbondioksida dapat keluar sementara oksigen masuk. Rongga-rongga udara dalam tanah dapat diperbanyak, jika dalam tanah tersebut banyak hewan penggali tanah seperti cacing tanah dan anjing tanah serta kepiting.

Air, sangat menentukan kondisi lingkungan fisik dan biologis hewan. Perwujudan air dapat berpengaruh terhadap hewan. Misalnya jika air dalam tubuh hewan akan berubah menjadi dingin atau membeku, karena penurunan suhu lingkungan, menyebabkan sel dan jaringan tubuh akan rusak dan metabolisme tidak akan berjalan normal, sebaliknya penguapan air yang berlebihan dari dalam tubuh hewan menyebabkan tubuh kekurangan air. Hewan dapat dibedakan atas 3 kelompok ditinjau dari pengaruh air, yaitu; Hidrosol (Hydrosoles) atau hewan air, Mesosol (Mesocoles), hewan yang hidup di tempat yang tidak terlalu basah dan tidak terlalu kering dan Xerosol (Xerosoles), hewan yang hidup di tempat yang kering karena tingginya penguapan. Penyebaran dan kepadatan hewan air di lingkungan air ditentukan oleh kemampuannya



mempertahankan osmotik dalam tubuhnya dan berhubungan dengan kemampuannya untuk bertoleransi dengan salinitas air.

Temperatur, merupakan faktor lingkungan yang dapat menembus dan menyebar ke berbagai tempat. Temperatur dapat berpengaruh terhadap hewan dalam proses reproduksi, metabolisme serta aktivitas hidup lainnya. Suhu optimum adalah batas suhu yang dapat yang ditolerir oleh hewan, lewat atau kurang dari suhu tersebut menyebabkan hewan terganggu bahkan menuju kematian karena tidak tahan terhadap suhu.

Cahaya, dapat mempengaruhi hewan, misalnya warna tubuh, gerakan hewan dantingkah lakunya. **Gravitasi**, Pengaruh gravitasi dirasakan oleh hewan jika hewan sedang berpijak pada substrat yang horizontal. Hewan yang berdiri di suatu bidang yang miring atau tegak, berenang di air dan terbang di udara merasakan adanya pengaruh gravitasi bumi. Gravitasi juga berpengaruh pada perbedaan tekanan air dan udara.

Gelombang, Arus dan Angin, kehidupan hewan juga dipengaruhi oleh arus dan angin. Hewan yang hidup di lingkunganair mengalir menghadapi resiko hanyut karena adanya aliran dan arus air. Demikian denganhewan yang hidup di darat dan udara menghadapi arus angin. Namun demikian arus air danangin yang normal sangat berpengaruh positif terhadap hewan, karena air dan angin dapatmembantu sebagian aktivitas hewan.

pH, pengaruh pH terhadap organisme terjadi melalui 3 cara, yaitu; 1) secara langsung, mengganggu osmoregulasi, kerja enzim dan pertukaran gas di respirasi, 2) tidak langsung, mengurangi kualitas makanan yang tersedia bagi organisme, 3) meningkatkan konsentrasi racun logam berat terutama ion Al. Di lingkungan daratan dan perairan, pH menjadi faktor yang sangat berpengaruh terhadap kehidupan dan penyebaran organisme. Toleransi hewan yang hidup di lingkungan air umumnya pHnya bervariasi.

Salinitas, adalah kondisi lingkungan yang menyangkut konsentrasi garam di lingkungan perairan dan air yang terkandung di dalam tanah. Di lingkungan perairan tawar, air cenderung meresap ke dalam tubuh hewan karena salinitas air lebih rendah daripada cairan tubuh. Hewan yang hidup di habitat laut umumnya bersifat isotonik terhadap salinitas air laut, sehingga tidak ada peresapan air ke dalam tubuh hewan.

Kisaran Toleransi dan Faktor Pembatas serta Terapannya

Setiap organisme harus mampu beradaptasi untuk menghadapi kondisi faktor lingkungan abiotik. Hewan tidak mungkin hidup pada kisaran faktor abiotik yang seluas-luasnya. Pada prinsipnya masing-masing hewan memiliki kisaran toleransi tertentu terhadap semua faktor lingkungan.

Hukum Toleransi Shelford

“Setiap organisme mempunyai suatu minimum dan maksimum ekologis, yang merupakan batas bawah dan batas atas dari kisaran toleransi organisme itu terhadap kondisi faktor lingkungan”

Apabila organisme terdedah pada suatu kondisi faktor lingkungan yang mendekati batas kisaran toleransinya, maka organisme tersebut akan mengalami cekaman (*stress*). Fisiologis. Organisme berada dalam kondisi kritis. Contohnya, hewan yang didedahkan pada suhu ekstrim rendah akan menunjukkan kondisi kritis Hipotermia dan pada suhu ekstrim tinggi akan mengakibatkan gejala Hipertemia apabila kondisi lingkungan suhunya demikian tidak segera berubah maka hewan akan mati.

Dalam menentukan batas-batas kisaran toleransi suatu hewan tidaklah mudah. Setiap organisme terdedah sekaligus pada sejumlah faktor lingkungan, oleh adanya suatu interaksi faktor-faktor maka suatu faktor lingkungan dapat mengubah efek faktor lingkungan lainnya. Misalnya suatu individu hewan akan merusak efek suhu tinggi yang lebih keras apabila kelembaban udara yang relative rendah. Dengan demikian hewan akan lebih tahan terhadap suhu tinggi apabila udara kering dibanding dengan pada kondisi udara yang lembab.

Dalam laboratorium juga sangat sulit untuk menentukan batas-batas kisaran toleransi hewan terhadap sesuatu faktor lingkungan. Penyebabnya ialah sulit untuk menentukan

secara tepat kapan hewan tersebut akan mati. Cara yang biasa dilakukan ialah dengan memperhitungkan adanya variasi individual batas-batas kisaran toleransi itu ditentukan atas dasar terjadinya kematian pada 50% dari jumlah individu setelah di letakkan pada suatu kondisi faktor lingkungan selama rentang waktu tertentu. Untuk kondisi suhu, misalnya ditentukan $LT_{50} \pm 24$ jam atau $LT_{50} \pm 48$ jam ($LT = Lethal Temperatur$). Untuk konsentrasi suatu zat dalam lingkungan biasanya ditentukan dengan $LC_{50} \pm X$ jam ($LC = Lethal Concentration$; X dapat 24, 48, 72 atau 96 jam) dan untuk sesuatu dosis ditentukan $LD_{50} \pm X$ Jam

Kisaran toleransi terhadap suatu faktor lingkungan tertentu pada berbagai jenis hewan berbeda-beda. Ada hewan yang kisarannya lebar (*euri*) dan ada hewan yang sempit (*steno*). Kisaran toleransi ditentukan secara herediter, namun demikian dapat mengalami perubahan oleh terjadinya proses aklimatisasi (di alam) atau aklimasi (di lab).

Aklimatisasi adalah usaha manusia untuk menyesuaikan hewan terhadap kondisi faktor lingkungan di habitat buatan yang baru. *Aklimasi* adalah usaha yang dilakukan manusia untuk menyesuaikan hewan terhadap kondisi suatu faktor lingkungan tertentu dalam laboratorium. Konsep kisaran toleransi, faktor pembatas maupun preferendum diterapkan di bidang-bidang pertanian, peternakan, kesehatan, konservasi dan lain-lain. Hal ini dilakukan dengan harapan kinerja biologi

hewan, pertumbuhan dan reproduksi dapat maksimum dan untuk kondisi hewan yang merugikan kondisi lingkungan biasanya dibuat yang sebaliknya.

Setiap hewan memiliki kisaran toleransi yang bervariasi, maka kehadiran di suatu habitat sangat ditentukan oleh kondisi dari faktor lingkungan di tempat tersebut. Kehadiran dan kinerja populasi hewan di suatu tempat menggambarkan tentang kondisi faktor-faktor lingkungan di tempat tersebut. Oleh karena itu ada istilah spesies indikator ekologi, baik kajian ekologi hewan maupun ekologi tumbuhan. Spesies indikator ekologi adalah suatu species organisme yang kehadirannya ataupun kelimpahannya dapat memberi petunjuk mengenai bagaimana kondisi faktor-faktor fisiko ± kimia di suatu tempat. Beberapa species hewan sebagai species indicator antara lain adalah *Capitella capitata* (Polychaeta) sebagai indikator untuk pencemaran bahan organik. Cacing *Tubifex* (Oligochaeta) dan lain-lain.

Faktor pembatas adalah suatu yang dapat menurunkan tingkat jumlah dan perkembangan suatu ekosistem.

Pertumbuhan organisme yang baik dapat tercapai bila faktor lingkungan yang mempengaruhi pertumbuhan berimbang dan menguntungkan. Bila salah satu faktor lingkungan tidak seimbang dengan faktor lingkungan lain, faktor ini dapat menekan atau kadang-kadang menghentikan pertumbuhan organisme. Faktor lingkungan yang paling tidak

optimum akan menentukan tingkat produktivitas organisme. Prinsip ini disebut sebagai prinsip faktor pembatas. Justus Von Liebig adalah salah seorang pioner dalam hal mempelajari pengaruh macam-macam faktor terhadap pertumbuhan organisme, dalam hal ini adalah tanaman.

Faktor Pembatas Fisik dan Indikator Ekologi

Kehadiran atau keberhasilan suatu organisme atau kelompok organisme tergantung kepada kompleks keadaan. Kadaan yang manapun yang mendekati atau melampaui batas-batas toleransi dinamakan sebagai yang membatasi atau faktor pembatas. Dengan adanya faktor pembatas ini semakin jelas kemungkinannya apakah suatu organisme akan mampu bertahan dan hidup pada suatu kondisi wilayah tertentu.

Jika suatu organisme mempunyai batas toleransi yang lebar untuk suatu faktor yang relatif mantap dan dalam jumlah yang cukup, maka faktor tadi bukan merupakan faktor pembatas. Sebaliknya apabila organisme diketahui hanya mempunyai batas-batas toleransi tertentu untuk suatu faktor yang beragam, maka faktor tadi dapat dinyatakan sebagai faktor pembatas. Beberapa keadaan faktor pembatas, termasuk diantaranya adalah temperatur, cahaya, air, gas atmosfer, mineral, arus dan tekanan, tanah, dan api. Masing-masing dari organisme mempunyai kisaran kepekaan terhadap faktor pembatas.

Dengan adanya faktor pembatas, dapat dianggap faktor ini bertindak sebagai ikut menseleksi organisme yang mampu bertahan dan hidup pada suatu wilayah termasuk pulau. Sehingga seringkali didapati adanya organisme-organisme tertentu yang mendiami suatu wilayah tertentu.pula misalnya suatu pulau. Organisme ini disebut sebagai indikator biologi (indikator ekologi) pada wilayah tersebut.

5. Kondisi Geografi suatu Pulau

Perlu diketahui bahwa Negara Republik Indonesia adalah Negara kepulauan berwawasan nusantara, sehingga batas wilayah di laut harus mengacu pada UNCLOS (*United Nations Convension on the Law of the Sea*) 82/ HUKLA (Hukum laut) 82 yang kemudian diratifikasi dengan UU No. 17 Tahun 1985. Indonesia memiliki sekitar 17.506 buah pulau dan 2/3 wilayahnya berupa lautan.

Wilayah pulau-pulau (kepulauan) ini merupakan daerah terpencil dan masyarakatnya miskin bahkan ada pulau yang tidak berpenduduk dan jauh dari perhatian pemerintah. Keberadaan pulau-pulau ini secara geografis sangatlah strategis, karena berdasarkan pulau inilah batas negara kita ditentukan. Pulau-pulau ini seharusnya mendapatkan perhatian dan pengawasan serius agar tidak menimbulkan permasalahan yang dapat mengganggu keutuhan wilayah Indonesia, khususnya

pulau yang terletak di wilayah perbatasan dengan negara negara yang tidak/ belum memiliki perjanjian (*agreement*) dengan Indonesia. Ada beberapa kondisi geografi yang membahayakan keutuhan wilayah jika terjadi pada pulau-pulau ini, diantaranya :

1. Hilangnya pulau secara fisik akibat abrasi, tenggelam, atau karena kesengajaan manusia,
2. Hilangnya pulau secara kepemilikan, akibat perubahan status kepemilikan akibat pemaksaan militer atau sebagai sebuah ketaatan pada keputusan hukum seperti yang terjadi pada kasus berpindahnya status kepemilikan Sipadan dan Ligitan dari Indonesia ke Malaysia
3. Hilang secara sosial dan ekonomi, akibat praktek ekonomi dan sosial dari masyarakat di pulau tersebut. Misalnya pulau yang secara turun temurun didiami oleh masyarakat dari negara lain.

Berdasarkan kondisi geografisnya suatu pulau, akan memicu anggapan bahwa luas wilayah Indonesia semakin sempit. Karena kenyataan bahwa suatu pulau akibat abrasi yang berlangsung secara terus-menerus akibat masyarakat yang selalu melakukan penambangan pasir, sehingga akan terjadi abrasi yang serius. Pasir ini kemudian dijual untuk reklamasi pantai Singapura dan Negara lain. Kondisi pulau seperti ini

sangat rawan dan memprihatinkan. Pada saat air pasang, maka wilayah Pulau ini yang ditumbuhi hutan mangrove, dimana peran hutan mangrove sebagai tanggul yang menahan terjadinya abrasi. Untuk menghindari terjadinya kehilangan sebagian daratan pada pulau, maka telah dilakukan penanaman 1000 pohon mangrove, dengan harapan pulau-pulau ini tidak lagi menjadi ancaman akibat menebang pohon mangrove dan melakukan reklamasi di daerah pantai secara luas di wilayah kepulauan.

Keberadaan pulau-pulau ini dengan kondisi geografis yang berbeda-beda sangatlah strategis, untuk dikembangkan menjadi kawasan wisata yang luas di wilayah kepulauan,

6. Manfaat Pulau dalam kehidupan sehari-hari

Seperti kita ketahui bumi diciptakan oleh Allah SWT sejak berjuta-juta tahun yang lalu sebelum ada kehidupan manusia dipermukaan bumi. Manusia sebagai makhluk sosial yang selalu tidak puas dengan apa yang telah didapatkannya dan selalu mencoba mencari hal-hal yang lebih mudah untuk menghasilkan sesuatu, untuk kepuasan dirinya sendiri tanpa berfikir efek samping dari kegiatan tersebut. Mungkin kalau ada bencana baru sadar dengan apa yang telah dilakukan, tapi sayangnya setelah bencana berlalu aktifitas kembali berlanjut seperti semula bahkan lebih dari itu.

Manusia merupakan komponen lingkungan alam yang bersama-sama dengan komponen alam lainnya, hidup bersama dan mengelola lingkungan dunia. Karena manusia adalah makhluk yang memiliki akal dan pikiran, peranannya dalam mengelola lingkungan sangat besar. Mengamati dari berbagai bencana yang terjadi akhir-akhir ini di tanah air, harusnya kita menyadari pentingnya merawat kelestarian dan kondisi alam dalam kehidupan sehari, sebagai contoh penghijauan, pemupukan, penanaman kembali hutan yang gundul, dan membuat resapan air di perkotaan, guna mengatasi bencana di kemudian hari.

Mempelajari tentang lingkungan, berarti mempelajari tentang segala aspek dan apa yang ada di alam. Selain itu, kurangnya kepedulian masyarakat terhadap menjaga alam juga menyebabkan kondisi lingkungan disekitarnya menjadi tidak nyaman, karena kondisi lingkungan terasa nyaman tergantung kita menjaganya. Buat apa banyak selogan "Jagalah Hutan Kita" tapi masih banyak yang melakukan ilegal logging.

Alam beserta isinya yang terdapat pada suatu pulau merupakan Sumber Daya Alam, dimana semua kekayaan alam baik berupa faktor abiotik maupun faktor biotic yang berada di alam atau di pulau dapat dimanfaatkan untuk memenuhi kebutuhan manusia. Oleh karena itu, nilai sumberdaya alam ditentukan oleh nilai kegunaannya bagi manusia, misalnya lahan yang subur dapat dijadikan daerah pertanian potensial

sehingga merupakan sumberdaya alam yang tinggi nilainya. Beberapa sumberdaya alam dapat dimanfaatkan dengan berbagai cara yang diklasifikasikan sebagai berikut:

a. Berdasarkan Bentuk yang Dapat Dimanfaatkan

Sumberdaya alam diklasifikasikan menjadi lima, yaitu sebagai berikut:

- 1). Sumberdaya Materi, yaitu sumberdaya alam apabila dimanfaatkan adalah materi sumber daya alam. Contoh: Mineral magnetit, hematite, limonitit dan pasir. Kuarsa dapat dilebur menjadi biji besi (baja) yang digunakan untuk memenuhi kebutuhan manusia, diantaranya bahan kendaraan, alat rumah tangga dan sebagainya.
- 2). Sumberdaya Alam Hayati, yaitu sumberdaya alam yang terdiri dari mahluk hidup, hewan (sumber daya hewani), dan tumbuhan (sumber daya nabati).
- 3). Sumberdaya Alam Energi, yaitu sumberdaya alam yang apabila barang yang dapat dimanfaatkan manusia adalah energi yang terkandung dalam sumberdaya alam tersebut. Contoh, bahan bakar minyak (bensin, solar, minyak tanah dan lain-lain), gas alam, batu bara dan kayu bakar merupakan sumberdaya energi. Manusia menggunakan sumberdaya tersebut untuk memasak, menggerakkan mesin, industri dan sebagainya.

- 4). Sumberdaya Alam Ruang, yaitu tempat atau ruang yang diperlukan manusia dalam hidupnya (tempat tinggal). Makin besar jumlah penduduk, maka sumber daya alam akan sulit untuk diperoleh. Ruang dalam hal ini dapat diartikan sebagai ruang mata pencaharian (pertanian, perikanan), tempat tinggal dan sebagainya. Contoh: di kota-kota besar seperti Jakarta sumber daya ruang semakin sulit untuk didapat.
- 5). Sumberdaya Waktu, sebagai sumberdaya alam, waktu tidak berdiri sendiri, melainkan tingkat dengan pemanfaatan sumberdaya alam lainnya. Contoh: air sangat sulit didapat pada musim kemarau, akibatnya mengganggu tanaman pertanian.

b. Berdasarkan Pembentukannya

1). Sumberdaya Alam yang Dapat Diperbaharui (*Renewable Resources*)

Sumberdaya alam yang tidak akan habis bila terus-menerus digunakan, karena masih bisa diusahakan agar tetap ada dan selalu tersedia. Dengan demikian, sumberdaya alam dapat diperbaharui dengan dua cara, yaitu sebagai berikut:

(a) Pembaharuan dengan reproduksi

Pembaharuan ini terjadi pada sumberdaya alam hayati, karena hewan dan tumbuhan dapat berkembang biak sehingga jumlahnya selalu bertambah. Walaupun sumber

daya alam dapat diperbaharui tap pemanfaatannya dapat dilakukan secara bijaksana, agar kesediaan di alam tetap terjaga dengan baik.

b). Pembaharuan dengan adanya siklus (Perputaran)

Sumber daya alam, misalnya: air dan udara terjadi dalam proses yang melingkar membentuk siklus. Dengan demikian, selalu terjadi pembaharuan. Aktifitas manusia seperti dapat menurunkan kualitas sumber daya alam, sebagai berikut:

- Pencemaran udara akan menimbulkan dampak tidak baik untuk atmosphere bumi
- Penebangan hutan dapat menurunkan penyimpanan air dalam tanah dan bias menyebabkan banjir.

Sumber daya alam yang dapat diperbaharui, pada dasarnya terdiri atas:

a). Sumber daya alam fisik (non hayati)

Sumber daya alam fisik ialah sumber daya alam yang berupa benda mati, seperrti tanah, air, udara, angina dan sinar matahari.

b) Sumber daya alam non fisik (hayati)

Sumber daya alam non fisik meliputi sumber daya nabati dan hewani.

2). Sumber Daya Alam yang Tidak Dapat Diperbaharui (*unrenewable resources*).

Sumber daya yang tidak dapat diperbaharui adalah sumber daya alam yang akan habis terpakai karena tidak dapat dibuat baru secara cepat, melainkan proses pembentukannya memerlukan waktu jutaan tahun untuk menjadi sumber daya alam tersebut. Sumber daya alam ini terdapat dalam jumlah yang relative statis, karena tidak ada pembentukan dan pembaharuannya.

Contoh: Minyak bumi, bahan mineral, gas alam, dan sumber daya alam fosil lainnya.

Berdasarkan daya pakai dan nilai konsumtifnya, sumberdaya alam ini dibedakan menjadi dua macam:

a). Sumberdaya alam yang tidak cepat habis

Sumber daya alam yang tidak akan cepat habis karena nilai konsumtifnya terhadap barang tersebut relative kecil, manusia hanya menggunakannya dalam jumlah yang sedikit. Disamping itu sumber daya alam ini dapat dipakai secara berulang-ulang dan tidak takut akan cepat habis.

Contoh: Intan, batu permata, logam mulia (emas).

b). Sumber daya alam yang cepat habis

Sumber daya alam yang cepat habis, karena nilai konsumtifnya barang tersebut tinggi, yang mengakibatkan penggunaannya sangat banyak, sehingga sumber daya alam ini akan semakin cepat habis, disamping itu daur ulangnya sangat sulit untuk dilakukan.

Contoh: bensin, gas alam, dan bahan bakar lainnya.

Sumber daya alam yang tidak dapat diperbaharui, kebanyakan didapat dari bahan galian. Dalam Undang-Undang No.11 Tahun 1976 tentang Pertambangan, bahan galian diklasifikasikan menurut kepentingan Negara, sebagai berikut:

a) Golongan A, yaitu golongan bahan galian strategis. Bahan galian ini penting untuk pertahanan dan keamanan Negara untuk menjamin perekonomian Negara.

Contoh: minyak, aspal, batu bara, uranium, timah, karbit, gas alam, nikel, kobalt.

b). Golongan B, yaitu bahan galian golongan vital. Bahan galian ini penting untuk memenuhi hajat hidup orang banyak.

Contoh: besi, mangan, kromium, wolfram, bauksit, tembaga, timbale seng, emas, platina, perak, air raksa, arsen, korondum, floustar, yodium.

c). Golongan C, yaitu bahan galian yang nilai kegunaannya banyak dilakukan untuk kegiatan industri, peralatan rumah tangga dan pembangunan.

Contoh: nitrat, nitrit, fosfat, asbestos, talk, mika, granit, magnesit, tawas, okes, batu permata, kaolin, teldstar, gypsum, batu apung, trass, obsidian, marmer, batu tulis, batu kapur, dolomite, kalsit, granit, andesit, basalt, trakhlit, tanah liat, pasir.

3. Persebaran Sumberdaya Alam

Persebaran sumberdaya alam di Indonesia pada berbagai wilayah kepulauan.

a). Sumberdaya alam hayati terdiri dari sumberdaya alam nabati dan hewani. Sumberdaya alam hewani yang ada di Indonesia sangat beragam jenisnya tersebar di darat dan di laut: Macam-macam Barang Tambang dan Manfaatnya Untuk Kebutuhan Manusia, antara lain:

1. Minyak Bumi

Minyak bumi berasal dari mikroplankton yang terdapat di danau, rawa, teluk dan laut dangkal. Sesudah mati, mikroplankton tersebut berjatuh dan mengendap di dasar laut kemudian bercampur dengan lumpur yang disebut dengan lumpur supropelium.

Akibat tekanan dari lapisan-lapisan atas dan pengaruh panas magma terjadilah proses distilasi hingga terjadilah minyak bumi kasar. Proses pembentukan minyak bumi memerlukan waktu jutaan tahun.

Daerah-daerah penghasil minyak bumi di Indonesia:

- a. Pulau Jawa: Cepu, Cirebon, dan Wonokromo.
- b. Pulau Sumatera: Palembang (Sungai Gerong, Sungai Plaju), dan Jambi (Dumai).
- c. Pulau Kalimantan: Pulau Tarakan, Pulau Bunyu Kutai, dan Balikpapan.
- d. Pulau Papua yakni: papua barat (Sorong)

Hasil pengolahan minyak bumi, antara lain: avtur, avgos, super98, premium, minyak tanah, solar, minyak disel dan minyak bakar.

2. Gas Alam

Indonesia mempunyai banyak tempat yang mengandung minyak bumi dan gas alam. Gas alam merupakan campuran dari beberapa hidrokarbon dengan kadar karbon kecil terutama metan (CH_4 atau C_2H_6), propan (C_3H_8), dan butan (C_4H_{10}) yang digunakan sebagai bahan bakar. Ada dua macam gas ala cair yang diperjual belikan untuk kebutuhan dapur atau rumah tangga, yaitu : LPG dan LNG. LNG (*liquefied natural gas*) atau gas alam cair yang terdiri asam dan metan, membutuhkan suhu sangat dingin supaya dapat disimpan sebagai cairan. LPG (*liquefied petroleum gas*) atau gas minyak bumi cair yang dipasarkan dengan nama elpiji, terdiri atas propan dan butan. Elpiji inilah yang digunakan sebagai bahan bakar kompor gas.

Minyak bumi dan gas mempunyai keunggulan dibanding sumber daya alam lainnya, yaitu sebagai berikut:

- a) Minyak bumi dan gas memiliki nilai kalor yang tinggi.
- b) Minyak bumi dan gas menghasilkan berbagai macam bahan bakar.
- c) Minyak bumi dapat menghasilkan berbagai macam minyak pelumas.
- d) Minyak bumi dapat digunakan sebagai bahan bakar petrokimia, misal textile dan plastic.

- e) Sipat cair minyak bumi lebih praktis karena mudah dibawa dan disimpan dalam berbagai bentuk.

3. Batu Bara

Batubara terjadi karena tumbuhan tropis jaman dahulu (masa prasejarah). Tumbuhan termasuk dalam tumbuhan paku-pakuan, tumbuhan tersebut tertimbun hingga berada dalam lapisan batu-batuan sediment yang lain. Proses pembentukan batu bara disebut Inkolen (proses pengarangan), yang dibagi menjadi dua macam, yaitu:

a). Proses Biokimia

Proses terbentuknya batu bara yang dilakukan oleh bakteri-bakteri anaerob dan sisa-sisa tumbuhan yang menjadi keras karena gaya beratnya sendiri, jadi tidak ada kenaikan suhu dan tekanan. Proses ini mengakibatkan tumbuh-tumbuhan berubah menjadi gambut (*turf*).

b). Proses Metamorfosis

lalah suatu proses yang terjadi karena pengaruh dan suhu tekanan yang sangat tingi serta berlangsung dalam waktu yang lama. Dalam proses ini sudah tidak ada bakteri lagi.

Beberapa daerah penghasil batu bara di Indonesia

- a) Ombilin dekat sawah lunto (Sumatera Barat), menghasilkan batu bara yang sifatnya mudah hancur.
- b) Bukit Asam dekat Tanjung Enim (Palembang), menghasilkan batu bara yang mudah menjadi antrasit karena pengaruh magma.

- c) Kalimantan Barat, Kalimantan Tengah, Kalimantan Timur, Kalimantan Selatan (Pulau Laut atau Sebuku).
- d) Jambi, Riau, Aceh, dan Papua.

4. Gamping (Batu Kapur)

Batu kapur terbentuk dari sisa-sisa pelapukan terumbu karang, terjadi karena adanya proses pengangkatan permukaan ke daratan, yang menyebabkan permukaan yang berada di bawah menjadi ke atas permukaan. Batu kapur ini terdapat di berbagai wilayah, seperti: Kebumen (Jawa Tengah), pegunungan seribu dan pegunungan kendeng.

5. Pasir Besi

Pasir Besi ialah batuan pasir yang banyak mengandung zat besi, pasir besi, terdapat di wilayah Cilacap dan di Maluku Utara (pulau Morotai).

6. Marmer (Batu Pualam)

Marmer atau batu pualam ialah batu kapur yang telah berubah bentuk dan rupanya, sehingga merupakan batuan yang sangat indah yang bila digosok dan dihaluskan akan menjadi licin dan mengkilap, marmer biasanya digunakan untuk pembuatan kramik, mega, ornament batu hias dan bahan bangunan lainnya, batu marmer terdapat di daerah Trenggalek (Jawa Timur), dan daerah Bayat (Jawa Tengah)

7. Bauksit

Bauksit adalah biji utama almunium yang terdiri dari hydrous almunium oksida dan almunium hidroksida yakni dari

mineral gibbsite bersama-sama dengan oksida besi goethite dan besi, mineral tanah liat, kaolit dan sejumlah kecil anatase tio. Bauksit di Indonesia terdapat di Pulau Bintan dan Riau, bauksit di Bintan diolah di Sumatera utara, yaitu Proyek Asahan, Proyek Asahan merupakan sumber tenaga air terjun di sungai Asahan.

8. Timah

Timah adalah logam putih keperakan, dengan kekerasan yang rendah, berat jenis $7,3\text{g/cm}^3$, serta mempunyai sifat yang konduktivitas panas dan listrik yang tinggi, logam ini bersifat mengkilap dan mudah dibentuk. Daerah penghasil timah di Indonesia ialah Pulau Bangka Belitung dan Singkep.

9. Emas

Emas merupakan sebuah logam yang bersifat lunak dan mudah ditempa, kekerasannya sekitar 2,5 - 3 (skala Mohs). Emas banyak digunakan sebagai perhiasan, accessories, dan bahan hiasan yang lainnya. Industri Tambang Emas kecil di Maluku Utara misalnya NHM, dan tambang emas milik rakyat di Pulau Halmahera dan Pulau Obi.

10. Besi

Besi adalah logam yang berasal dari bijih besi (tambang). Besi banyak digunakan untuk bahan bangunan, dan bahan campuran pembuatan onderdil mesin.

11. Intan

Intan adalah mineral yang secara kimia merupakan berwujud kristal. Intan juga merupakan bahan tambang yang paling keras, kekerasannya dalam skala mohs, adalah 10 mohs. Intan biasanya digunakan untuk perhiasan dan mata perhiasan, ada juga yang menggunakan intan sebagai mata untuk bor, untuk menerobos batuan yang sangat keras.

12. Hasil Tambang Lain

- a) Asbes banyak terdapat di Halmahera (Maluku), asbes merupakan bahan baku pembuatan atap, eternit, kaos lampu tekan, sumbu kompor dan sebagainya.
- b) Grafit, terdapat di Banyakumbuh dan sekitar danau singkarak (Sumatera Barat), Grafit merupakan bahan baku pembuatan pensil dan industri batu baterai.
- c) Wolfram terdapat di pulau singkep (Riau) dan daerah Bulungan (Kalimantan Timur).
- d) Platina (Emas Putih), terdapat di pegunungan Verbeek, Kalimantan.

4. Pemanfaatan Sumber Daya Alam

Dalam memanfaatkan sumberdaya alam, harus berdasarkan pada prinsip keefisienan, artinya tidak merusak ekosistem, pengambilan secara efisien dan memikirkan kelanjutan sumber daya alam tersebut untuk dipergunakan dimasa yang akan datang.

Mahasiswa diminta buat Narasi

Dalam pembahasan pemanfaatan sumber daya alam harus menggunakan prinsip ekofisienal menggambarkan Sikap Panca Tabiat yaitu cinta tanah air Artinya pemanfaatan sumberdaya alam tidak boleh semena-men,a tetapi harus mempertimbangkan aspek kelestarian demi anak cucu kita

Ada dua pendapat mengenai proses pengelolaan sumber daya alam yang berkelanjutan.

1. Menurut para praktisi pembangunan

Pembangunan yang berkelanjutan pada sistem program, sarana dan prasarana, sumberdaya manusia dan dana untuk memenuhi kebutuhan manusia. Pendapat ini menekankan pada aspek segala sumber yang ada guna terlaksananya pelaksanaan dan pembangunan.

2. Menurut para praktisi lingkungan

Pembangunan yang berkelanjutan harus memikirkan kelestarian sumber daya alam untuk digunakan di masa yang akan datang, pendapat ini menekankan pada pelestarian pada sumber daya alam.

Kedua pendapat tersebut memiliki keuntungan agar kita dapat mengambil keuntungan secara maksimal, tapi tidak merusak sumberdaya alam.Hal yang perlu diperhatikan dalam pengelolaan sumberdaya alam berdasarkan sifat ekokoefisiensi

adalah kualitas kebutuhan manusia terhadap lingkungan. Dalam kehidupan sehari-hari manusia sangatlah tidak lepas keterkaitannya dengan lingkungan dan sumberdaya yang tersedia di alamnya.

Lingkungan hidup terdiri dari atas beberapa komponen, yang apa bila suatu komponen tidak berfungsi dengan baik, maka komponen yang lain akan mengalami kepunahan.

Beberapa Faktor yang mempengaruhi lingkungan hidup, yaitu:

1. Jenis dan jumlah tiap unsure lingkungan hidup.
2. Hubungan atau interaksi antar unsur lingkungan hidup.
3. Pola prilaku dan kondisi lingkungan hidup.
4. Faktor non material, misalnya suhu, iklim dan cuaca.

Eksploistai sumberdaya alam yang berlebihan untuk kepentingan manusia menyebabkan menipisnya persedian sumberdaya di alam, bahkan sisa-sisa pengelolaan berbagai barang akhirnya menimbulkan berbagai bencana. Berbagai gangguan lingkungan yang mengancam hidup mereka

Faktor yang menyebabkan suatu lingkungan rusak menurut *The club of Rome*

1. Pertumbuhan penduduk
2. Peningkatan produksi pertanian
3. Pengembangan industry
4. Pencemaran lingkungan
5. Konsumsi sumber-sumber alam yang tidak dapat diperbaharui semakin meningkat

Bila kelima faktor tersebut tidak diperhatikan, tidak dikelola dengan baik, dan tidak segera diatasi permasalahan yang timbul akibat adanya eksploitasi secara terus menerus, maka diperkirakan tahun 2100 mendatang manusia dihadapkan dengan kehancuran bumi dan tempat tinggalnya. Hal tersebut akan diawali dengan adanya bencana yang mengganggu kehidupan manusia.

Pemanfaatan Sumberdaya Alam Nabati

1. Sebagian besar sumberdaya pangan berasal dari tanaman budi daya. Tanaman yang bermanfaat sebagai sumber karbohidrat ialah padi, jagung, ubi dan lainnya. Sebagai sumber lemak ialah kelapa, kacang tanah, kelapa sawit, sedangkan sumber protein adalah kedelai, kacang hijau, serta jenis kacang-kacangan yang lainnya. Sebagai sumber vitamin adalah sayur-sayuran.
2. Tumbuhan dimanfaatkan sumber sandang, misalnya kapas, serat sisal. Selain sumber sandang, tanaman yang menghasilkan juga dimanfaatkan untuk pembuatan karung goni.
3. Berbagai jenis kayu telah dimanfaatkan sebagai bahan baku pembuatan mebel, seperti kayu jati dan kayu-kayu yang lain yang telah dibudidayakan dari hutan, seperti meranti, rasamala, rotan, dan bambu.

4. Tanamah ada juga yang digunakan sebagai bahan obat-obatan yang lebih dikenal dengan apotek hidup, seperti kumis kucing, jahe, kencur, kunyit, temulawak.

Pemanfaatan Sumber Daya Hewani

1. Sumberdaya alam hewani digunakan sebagai sumber pangan, dalam hal ini pangan digunakan untuk memenuhi kebutuhan manusia untuk makanan sehari-hari, misalnya ikan, hewan ternak dan lainnya.
2. Dalam kaitannya dengan benda-benda budaya, hewan dimanfaatkan sebagai benda-benda hasil seni krajinan tangan manusia. Misalnya hewan yang mempunyai bulu yang indah diawetkan dan digunakan untuk hiasan rumah.

Pemnafaatan Sumberdaya Alam Barang Tambang

Undang-Undahng Dasar 1945 pasal 33 menyatakan, "Bumi, air dan kekayaan alam yang terkandung didalamnya dikuasai oleh Negara dan dipergunakan sebesar-besarnya guna kemakmuran rakyat".

Barang tambang di Indonesia terdapat di darat dan di laut. Untuk mengolah barang tambang tersebut diperlukan modal yang banyak, tenaga ahli dan teknologi tinggi. Kekayaan alam yang terkandung di bumi Indonesia dapat dikelola dengan baik oleh pihak swasta maupun pihak asing.

Usaha pertambangan dan bahan galian di Indonesia mempunyai perana sebagai berikut:

1. Menambah pendapatan Negara
2. Memperluas lapangan kerja
3. Memajukan bidang transportasi dan komunikasi
4. Memajukan industri dalam negeri

Dalam melakukan pertambangan perlu perencanaan yang baik dan matang, sebab harus selaras dan menjaga kelestarian lingkungan hidup. Memerlukan modal yang besar, tenaga ahli yang terampil dan teknologi yang memadai.

D. Latihan

Soal:

- 1) Jelaskan tentang pengertian ekologi kepulauan (25)
- 2) Jelaskan tentang hubungan antara iklim, tanah dan vegetasi (25)
- 3) Jelaskan faktor-faktor yang mempengaruhi terbentuknya lahan basah di Indonesia (25)
- 4) Sebutkan contoh-contoh lahan basah yang anda ketahui (25)

Penilaian soal test tertulis:

$$\text{Nilai Akhir} = \frac{\text{Nilai perolehan mahasiswa}}{\text{Nilai Maksimal}} \times 100\%$$

E. Penugasan 1

Mengamati Keanekaragaman Tingkat Ekosistem

Alat dan Bahan: 4 macam gambar ekosistem dan buku catatan praktikum

Langkah Kerja:

1. Pelajari gambar-gambar ekosistem di bawah ini dengan seksama
2. Jawablah pertanyaan di buku catatan praktikum anda



Gambar (a)

Gambar (b)

Gambar (c)

Gambar (d)

Pertanyaan:

1. Apa nama ekosistem pada gambar (a), (b), (c) dan (d)
2. Tuliskan macam flora yang terdapat pada ekosistem masing-masing
3. Dari keempat macam ekosistem, manakah yang memiliki jumlah dan keanekaragaman makhluk hidup paling banyak
4. Apakah yang dimaksud dengan keanekaragaman ekosistem ?

F. Penugasan 2

Pada bagian ini akan dibicarakan mengenai tugas anda akan dilakukan untuk mengetahui keanekaragaman hayati yang berada di sekitar lingkungan tempat tinggal anda.

E.1 Tugas tersebut dilakukan dengan langkah kerja sebagai berikut:

- 1) Anda diminta mendata semua jenis hewan dan tumbuhan yang berada di sekitar tempat tinggalmu

- 2) Amati perbedaan ciri tubuh hewan dan tumbuhan yang telah didata tersebut
- 3) Catat hasil pengamatan kedalam tabel berikut ini

Tabel 1. Hasil pengamatan ciri-ciri tubuh pada Hewan di sekitar lingkunganmu

No	Nama Hewan	Ciri-ciri tubuh yang diamati				
		Jumlah kaki	Berbulu atau berambut	Warna bulu atau rambut	Bertanduk atau bersisik	Dapat terbang atau merayap
1						
2						
3						
N						

Tabel 2. Hasil pengamatan bagian-bagian tubuh Tumbuhan di sekitar lingkunganmu

No	Nama Tumbuhan	Bagian-bagian tubuh tumbuhan yang diamati					
		Bentuk batang	Warna batang	Bentuk daun	Bentuk bunga	Bentuk buah	Warna buah
1							
2							
3							
N							

E.2. Diskusikan hasil pengamatan anda dengan teman mengenai ciri-ciri hewan dan tumbuhan yang telah diamati

E.3. Buatlah kesimpulan hasil diskusi tersebut



F. Daftar Pustaka

- Begon, M., T.L. Harper & C.R. Townsend. 1986. *Ecology: Individuals Populations and Communities*
Blacwell. Oxfor.
- Kendeigh, S.C. 1980. *Ecology With Special Reference to Animal & Man* Prentice Hall, New Jersey.
- Darmawan, Agus. 2005. *Ekologi Hewan*. Malang : Universitas Negeri Malang
- Kramadibrata, H. (1996). *Ekologi Hewan*. Bandung : Institut Teknologi Bandung Press.
- Muhamad Jaelani, 2011. Teknik Geodesi Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, ITS, Sukolilo, Surabaya, 60111
- Prihartina, 2009. *Ekologi Hewan* <https://www.scribd.com/doc/46317290/makalah-ekowan>, diakses, 2-12-2016
- Reso Sudarmo, Sudjiran. (1958). *Ilmu Bumi Alam*. Bandung
- Taufik 2010. *Manfaat sumberaya alam untuk kehidupan masnusia*. bungsuku.blogspot.com/2011/07/v-behaviorurldefaultvml-o.html

BAB 2

KONSEP DASAR EKOLOGI DAN TINGKAT ORGANISASI KEHIDUPANNYA

Pada bab ini akan diuraikan tentang dasar ekologi dan tingkat organisasi kehidupan sesuai dengan tinjauan ekologi dimulai dari protoplasma, sel, jaringan, organ, sistem organ, organisme, populasi, komunitas, ekosistem, sampai bioma/biosfer. Organisme adalah makhluk hidup yang memiliki sistem organ. Makhluk hidup dipandang dari segi fisiologi dan tingkah laku.

Ekologi adalah cabang ilmu pengetahuan yang mempelajari tentang hubungan makhluk hidup dan lingkungannya. Bumi memiliki banyak sekali jenis-jenis makhluk hidup, mulai dari tumbuhan dan hewan yang sangat kompleks hingga organisme yang sederhana seperti jamur, amuba dan bakteri. Meskipun demikian semua makhluk hidup tanpa kecuali, tidak bisa hidup sendirian, namun harus hidup bersama yang lainnya. Masing-masing tergantung pada makhluk hidup yang lain ataupun benda mati di sekelilingnya. Misalnya seekor kijang membutuhkan tumbuh-tumbuhan tertentu untuk dijadikan bahan makanan, jika tumbuhan di lingkungan sekitarnya dirusak maka kijang tersebut harus berpindah ke tempat lain atau mati kelaparan. Sebaliknya



tumbuhan agar bisa tetap hidup juga tergantung pada binatang untuk memenuhi kebutuhan nutrisinya. Kotoran binatang, bangkai binatang maupun tumbuhan, menyediakan berbagai nutrisi yang bermanfaat bagi tanaman yang tumbuh di tanah.

A. CAPAIAN PEMBELAJARAN

Capaian dalam pembelajaran tentang dasar ekologi dan tingkat organisasi kehidupannya sebagai berikut:

1. Mendeskripsikan keterkaitan antara komponen biotik dan abiotik dalam ekosistem.
2. Mendiskripsikan organisasi makhluk hidup mulai dari individu, populasi, komunitas, dan ekosistem.
3. Memahami perbedaan antara rantai makanan dengan jaring - jaring makanan dalam suatu ekosistem.
4. Memahami piramida ekologi
5. Memahami komponen-komponen penyusun ekosistem
6. Memahami siklus materi yang terjadi dalam ekosistem

B. KEMAMPUAN AKHIR PEMBELAJARAN

Adapun tujuan akhir pembelajaran yang harus dicapai adalah sebagai berikut:

7. Menjelaskan keterkaitan antara komponen biotik dan abiotik dalam ekosistem,

8. Menjelaskan tentang konsep dasar ekologi dan tingkat organisasi kehidupannya populasi, komunitas, ekosistem dan pengamatan secara langsung,
9. Menjelaskan perbedaan antara rantai makanan dengan jaring - jaring makanan,
10. Menjelaskan piramida ekologi,
11. Menjelaskan komponen penyusun ekosistem,
12. Menjelaskan siklus materi.

C. MATERI PERKULIAHAN

1. Pendahuluan

Biologi berasal dari bahasa Yunani yaitu Bios yang artinya hidup dan logos yang artinya pengetahuan. Biologi membahas mulai dari sel sebagai unit dasar organisme sampai ke sistem organ. Sedangkan organisasi merupakan salah satu konsep sentral dalam Biologi dan kajian dalam bidang studi Biologi umumnya dilakukan dengan pendekatan struktur Organisasi kehidupan. Organisme yang ada di permukaan bumi ini sangat beragam mulai dari organisme yang paling sederhana yaitu yang terdiri dari satu sel sampai organisme yang kompleks yaitu terdiri dari banyak sel. Organisme yang terdiri dari satu sel disebut uniseluler, contohnya: Bakteri, Amoeba, Paramecium, dan Euglene. Sedangkan organisme yang terdiri dari banyak sel disebut multiseluler, contoh organisme yang dapat dilihat dengan mata biasa.

Organisasi kehidupan sesuai dengan tinjauan ekologi dimulai dari protoplasma, sel, jaringan, organ, sistem organ, organisme, populasi, komunitas, ekosistem, sampai bioma/biosfer. Organisme adalah makhluk hidup yang memiliki sistem organ. Makhluk hidup dipandang dari segi fisiologi dan tingkah laku

Semua species hidup memiliki hubungan dan saling terkait satu sama lain membentuk komunitas biotik. Dalam komunitas ini, termasuk manusia berinteraksi dengan unsur-unsur lingkungan fisik membentuk suatu sistem ekologi yang disebut ekosistem. Di dalam ekosistem terdapat unsur-unsur biotik dan lingkungan fisik (abiotik) yang membentuk fungsi sebagai sumberdaya alam. Gangguan fungsi atau kerusakan satu atau beberapa unsur dalam sistem ekologi akan memberi dampak terhadap fungsi subsistem lain.

2. Konsep-konsep Dasar Ekologi Kepulauan dan Penerapannya

Ekologi berkepentingan dalam menyelidiki interaksi organisme dengan lingkungannya. pengamatan ini bertujuan untuk menemukan prinsip - prinsip yang terkandung dalam hubungan timbal balik tersebut. Dalam studi ekologi digunakan metode pendekatan secara menyeluruh pada komponen - komponen yang berkaitan dalam suatu sistem. Maka ruang

lingkup ekologi berkisar pada tingkat populasi, komunitas, dan ekosistem.

3. Prinsip - Prinsip Ekologi

Pembahasan ekologi tidak lepas dari pembahasan ekosistem dengan komponen penyusunannya, yaitu faktor abiotik dan biotik. Faktor abiotik antara lain suhu, air, kelembaban, cahaya, dan topografi, sedangkan faktor biotik adalah makhluk hidup yang terdiri dari manusia, hewan, tumbuhan, dan mikroba.

Ekologi juga berhubungan erat dengan tingkatan - tingkatan organisasi makhluk hidup, yaitu populasi, komunitas, dan ekosistem yang saling mempengaruhi dan merupakan suatu sistem yang menunjukkan kesatuan.

3.1. Faktor Biotik

Faktor biotik adalah faktor hidup yang meliputi semua makhluk hidup di bumi, baik tumbuhan maupun hewan. Dalam ekologi, tumbuhan berperan sebagai produsen, hewan berperan sebagai konsumen, dan mikroorganisme berperan sebagai dekomposer. Faktor biotik juga meliputi tingkatan - tingkatan organisme yang meliputi individu, populasi, komunitas, ekosistem, dan biosfer. Tingkatan - tingkatan organisme makhluk hidup tersebut dalam ekosistem akan saling berinteraksi, saling mempengaruhi membentuk suatu sistem yang menunjukkan kesatuan. Secara lebih terperinci, tingkatan organisasi makhluk hidup adalah sebagai berikut:



Gambar 1. Tingkatan organisasi makhluk hidup

3.1.1 Individu

Untuk lebih jelasnya, marilah kita bahas individu dalam keseharian. Anda tentu pernah melihat seekor kucing sedang tiduran, seorang anak sedang berlarian atau sebatang pohon rambutan tumbuh di pekarangan. Apa yang Anda lihat tersebut adalah satu makhluk hidup. Satu makhluk hidup yang Anda lihat itu disebut individu. Jadi Anda menyebut Anda sendiri sebagai individu, demikian juga tiap sebatang pohon pisang dalam rumpunnya. Tentu Anda dapat mengamati dengan jelas setiap jenis individu, Anda dapat menghitung banyaknya individu dalam kelompoknya.

Kita kadang-kadang agak sukar untuk menentukan individu dari satu kelompok organisme. Misalnya memisahkan

individu rumput pada lapangan rumput, individu binatang pada binatang karang, begitu pula dengan memisahkan sebatang pohon kunyit dari rumpunnya.

Pernakah Anda menanam ubi kayu dengan steknya? Potongan ubi kayu itu akan tumbuh menjadi individu baru. Telur burung berasal dari induk burung betina dapat menetas dan menghasilkan individu burung. Oleh sebab itu berprinsip bahwa individu selalu bersifat tunggal.

Ada bermacam - macam adaptasi makhluk hidup terhadap lingkungan nya,yaitu: adaptasi morfologi, adaptasi fisiologi, dan adaptasi tingkah laku.



Gambar 2. Individu

3.1.2. Adaptasi morfologi

Adaptasi morfologi merupakan penyesuaian bentuk tubuh untuk kelangsungan hidupnya. Contoh adaptasi morfologi, antara sebagai berikut:

a) *Gigi - gigi khusus*



Gigi hewan karnivor atau pemakan daging beradaptasi menjadi empat gigi taring besar dan runcing untuk menangkap mangsa, serta gigi geraham dengan ujung pemotong yang tajam untuk mencabik - cabik mangsanya.

b) Moncong

Trenggiling besar adalah hewan menyusui yang hidup di hutan rimba Amerika Tengah dan Selatan. Makanan trenggiling adalah semut, rayap, dan serangga lain yang merayap. Hewan ini mempunyai moncong panjang dengan ujung mulut kecil tak bergigi dengan lubang berbentuk celah kecil untuk mengisap semut dari sarangnya. Hewan ini mempunyai lidah panjang dan bergetah yang dapat dijulurkan keluar mulut untuk menangkap serangga.

c) Paruh

Elang memiliki paruh yang kuat dengan rahang atas yang melengkung dan ujungnya tajam. Fungsi paruh untuk mencengkeram korbannya.

d) Daun

Tumbuhan insektivora (tumbuhan pemakan serangga). Misalnya kantong semar, memiliki daun yang berbentuk piala dengan permukaan dalam yang licin sehingga dapat menggelincirkan serangga yang hinggap. Dengan enzim yang dimiliki tumbuhan insektivora, serangga tersebut akan dilumatkan, sehingga tumbuhan ini memperoleh unsur yang diperlukan.

e) Akar

Akar tumbuhan gurun kuat dan panjang, berfungsi untuk menyerap air yang terdapat jauh di dalam tanah. Sedangkan akar hawa pada tumbuhan bakau untuk bernapas.

3.1.3. Adaptasi fisiologi

Adaptasi fisiologi merupakan penyesuaian fungsi fisiologi tubuh untuk mempertahankan hidupnya. Contohnya adalah sebagai berikut:

a) Kelenjar bau

Musang dapat mensekresikan bau busuk dengan cara menyembrotkan cairan melalui sisi lubang dubur. Sekret tersebut berfungsi untuk menghindarkan diri dari musuhnya.

b) Kantong tinta

Cumi - cumi dan gurita memiliki kantong tinta yang berisi cairan hitam. Bila musuh datang, tinta disemprotkan ke dalam air sekitarnya sehingga musuh tidak dapat melihat kedudukan cumi - cumi dan gurita.

c) Mimikri pada kadal

Kulit kadal dapat berubah warna karena pigmen yang dikandungnya. Perubahan warna ini dipengaruhi oleh faktor dalam berupa hormon dan faktor luar berupa suhu serta keadaan sekitarnya.

3.1.4. Adaptasi tingkah laku

Adaptasi tingkah laku merupakan adaptasi yang didasarkan pada tingkah laku.

Contohnya sebagai berikut:

a) Pura - pura tidur atau mati

Beberapa hewan berpura - pura tidur atau mati, misalnya tupai virginia. Hewan ini sering berbaring tidak berdaya dengan mata tertutup bila didekati seekor anjing.

b) Migrasi

Ikan salem raja di Amerika Utara melakukan migrasi untuk mencari tempat yang sesuai untuk bertelur. Ikan ini hidup di laut. Setiap tahun, ikan salem dewasa yang berumur empat sampai tujuh tahun berkumpul di teluk di sepanjang Pantai Barat Amerika Utara untuk menuju ke sungai. Saat di sungai, ikan salem jantan mengeluarkan sperma di atas telur - telur ikan betinanya. Setelah itu ikan dewasa biasanya mati. Telur yang telah menetas untuk sementara tinggal di air tawar. Setelah menjadi lebih besar mereka bergerak ke bagian hilir dan akhirnya ke laut.

3.1.5. Populasi

Kumpulan individu sejenis yang hidup pada suatu daerah dan waktu tertentu disebut populasi. Misalnya populasi yang ada di sawah antara lain sekelompok tanaman padi, sekelompok belalang, sekelompok siput, sekelompok semanggi, sekelempok tikus. Contoh lain yang dapat kita sebut misalnya populasi yang ada di kolam seperti kumpulan ikan mas, ikan lele, ikan mujaer, belut, cacing, ganggang hijau, teratai dan sebagainya. Coba Anda cari contoh lain tentang populasi.

Populasi berhubungan dengan individu, waktu dan tempat. Suatu populasi dapat bertambah karena terjadinya kelahiran (natalitas) atau adanya pendatang masuk (imigrasi) dan dapat berkurang karena terjadinya kematian (mortalitas) atau adanya perpindahan keluar (emigrasi). Penurunan jumlah populasi akan terjadi secara mencolok bila terjadi gangguan yang drastis terhadap lingkungannya, seperti karena wabah hama dan penyakit atau bencana alam. Dengan adanya yang lahir, datang meninggal, atau pergi maka populasi itu sifatnya dinamis.

Tahukah Anda apakah yang dimaksud dengan kepadatan populasi? Kepadatan populasi adalah besarnya populasi dalam hubungannya dengan satuan ruang. Umumnya dinyatakan dalam jumlah individu, atau biomassa perencanaan satuan luas atau volume. Agar bagi Anda lebih jelas, maka akan diberikan beberapa contoh tentang konsep kepadatan populasi, misalnya 40 mahasiswa S1 Biologi per kelas yang luasnya 56 meter persegi, 100 pohon mangga per hektar, 50 ekor ikan mas per meter persegi kolam, dan atau 200 kambing per hektar. Kadang - kadang bagi kita lebih penting untuk mengetahui apakah suatu populasi sedang berkurang atau bertambah (sedang mengalami perubahan atau tidak), misalnya jumlah ayam yang ada di pekarangan per jam. Kepadatan populasi juga mempengaruhi komunitas atau ekosistem, di samping jenis organismenya.



Faktor yang menentukan populasi yaitu Jumlah dari suatu populasi tergantung pada pengaruh dua kekuatan dasar. Pertama adalah jumlah yang sesuai bagi populasi untuk hidup dengan kondisi yang ideal. Kedua adalah gabungan berbagai efek kondisi faktor lingkungan yang kurang ideal yang membatasi pertumbuhan. Faktor-faktor yang membatasi diantaranya ketersediaan jumlah makanan yang rendah, pemangsa, persaingan dengan makhluk hidup sesama spesies atau spesies lainnya, iklim dan penyakit.



Gambar 3. Populasi Hewan

3.1.6. Komunitas

Komunitas adalah kumpulan populasi yang berada di suatu daerah yang sama dan saling berinteraksi. Contoh komunitas, misalnya sawah disusun oleh bermacam - macam organisme, misalnya padi, belalang, burung, ular, dan gulma.

Komunitas sungai terdiri dari ikan, ganggang, zooplankton, fitoplankton, dan dekomposer. Antara komunitas sungai dan sawah terjadi interaksi dalam bentuk peredaran

nutrien dari air sungai ke sawah dan peredaran organisme hidup dari kedua komunitas tersebut.

Interaksi antar komunitas cukup kompleks karena tidak hanya melibatkan organisme, tapi juga aliran energi dan makanan. Interaksi antarkomunitas dapat kita amati, misalnya pada daur karbon. Daur karbon melibatkan ekosistem yang berbeda misalnya laut dan darat.



Gambar 4. Komunitas Tumbuhan

Sebuah komunitas adalah kumpulan populasi tumbuhan dan tanaman yang hidup secara bersama di dalam suatu lingkungan. Serigala, rusa, berang-berang, pohon cemara dan pohon birch adalah beberapa populasi yang membentuk komunitas hutan di Isle Royale. Ahli ekologi mempelajari peranan masing-masing spesies yang berbeda di dalam komunitas mereka. Mereka juga mempelajari tipe komunitas



lain dan bagaimana mereka berubah. Beberapa komunitas seperti hutan yang terisolasi atau padang rumput dapat diidentifikasi secara mudah, sementara yang lainnya sangat sulit untuk dipastikan.

ekologi (niche). Sebuah peran ekologi terdiri dari cara-cara sebuah spesies berinteraksi di dalam lingkungannya, termasuk diantaranya faktor-faktor tertentu seperti apa yang dimakan atau apa yang digunakan untuk energi, predator yang memangsa, jumlah panas, cahaya atau kelembaban udara yang dibutuhkan, dan kondisi dimana dapat direproduksi.

Ahli ekologi memiliki catatan yang panjang tentang beberapa spesies yang menempati peran ekologi tinggi tertentu dalam komunitas tertentu. Berbagai penjelasan banyak yang diusulkan untuk hal ini. Beberapa ahli ekologi merasa bahwa hal ini disebabkan karena kompetisi jika dua spesies mencoba untuk mengisi peran ekologi "niche" yang sama, selanjutnya kompetisi untuk membatasi berbagai sumber daya akan menekan salah satu spesies keluar. Ahli lainnya berpendapat bahwa sebuah spesies yang menempati peran ekologi yang tinggi, melakukannya karena tuntutan fisik yang keras tentang peran tertentu tersebut di dalam komunitas. Dengan kata lain hanya satu spesies yang menempati peran ekologi "niche" bukan karena memenangkan kompetisi dengan spesies lainnya, tetapi karena hanya satu-satunya anggota komunitas yang memiliki kemampuan fisik memainkan peran tersebut.

Perubahan komunitas yang terjadi disebut suksesi ekologi. Proses yang terjadi berupa urutan-urutan yang lambat, pada umumnya perubahannya dapat diramalkan yakni dalam hal jumlah dan jenis makhluk organisme yang ada di suatu tempat. Perbedaan intensitas sinar matahari, perlindungan dari angin, dan perubahan tanah dapat merubah jenis-jenis organisme yang hidup di suatu wilayah.

Perubahan-perubahan ini dapat juga merubah populasi yang membentuk komunitas. Selanjutnya karena jumlah dan jenis spesies berubah, maka karakteristik fisik dan kimia dari wilayah mengalami perubahan lebih lanjut. Wilayah tersebut bisa mencapai kondisi yang relatif stabil atau disebut komunitas klimaks, yang bisa berakhir hingga ratusan bahkan ribuan tahun.

Para ahli ekologi membedakan dua tipe suksesi yakni primer dan sekunder. Di dalam suksesi primer organisme mulai menempati wilayah baru yang belum ada kehidupan seperti sebuah pulau baru yang terbentuk karena letusan gunung berapi. Sebagai contoh anak Krakatau yang terbentuk sejak 1928 dari kondisi steril, kini telah dihuni oleh puluhan spesies.

Suksesi sekunder terjadi setelah komunitas yang ada menderita gangguan yang besar sebagai contoh sebuah komunitas klimaks (stabil) hancur karena terjadinya kebakaran hutan. Komunitas padang rumput dan bunga liar akan tumbuh pertama kali. Selanjutnya diikuti oleh tumbuhan semak-semak.

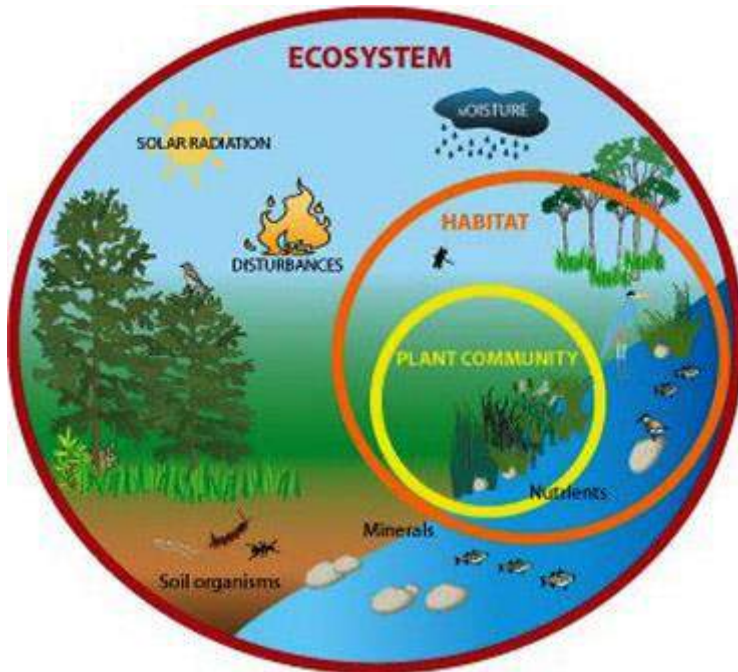
Terakhir pohon-pohonan baru muncul kembali dan wilayah tersebut akan kembali menjadi hutan hingga gangguan muncul kembali. Dengan demikian kekuatan-kekuatan alam yang terakhir menyebabkan terjadinya komunitas klimaks (stabil). Sebagai tambahan para ahli ekologi memandang kebakaran dan gangguan alam besar lainnya sebagai hal yang dapat diterima dan tetap diharapkan.

3.1.7. Ekosistem

Antara komunitas dan lingkungannya selalu terjadi interaksi. Interaksi ini menciptakan kesatuan ekologi yang disebut ekosistem. Komponen penyusun ekosistem adalah produsen (tumbuhan hijau), konsumen (herbivor, karnivor, dan omnivor), dan dekomposer atau pengurai (mikroorganisme). Coba carilah oleh Anda, contoh - contoh ekosistem yang terdapat di alam ini. Konsep mengenai ekosistem akan dibahas secara khusus dibagian ekosistem.

Ekosistem adalah kesatuan dari komunitas atau satuan fungsional dari makhluk hidup dengan lingkungannya dimana terjadi antar hubungan. Dalam ekosistem itulah makhluk - makhluk hidup saling berinteraksi baik di antara makhluk - makhluk hidup itu satu sama lain maupun dengan lingkungannya. Pengaruh lingkungan terhadap makhluk - makhluk yang hidup di sana disebut sebagai aksi, sebaliknya makhluk - makhluk hidup mengadakan reaksi terhadap

pengaruh tadi. Pengaruh makhluk hidup yang satu terhadap yang lainnya disebut sebagai koakasi. Contoh dari ekosistem misalnya hutan, kolam, danau, padang rumput, akuarium yang baik dan sebagainya. Dalam mempelajari ekosistem ini kita harus melihatnya sebagai suatu kesatuan, suatu sistem yang meliputi faktor - factor lingkungan dan makhluk - makhluk yang hidup di dalamnya. Jadi suatu ekosistem secara fungsional mempunyai dua komponen. Yang pertama adalah komponen abiotik, yaitu bagian - bagian yang tak hidup. Yang kedua adalah komponen biotik yaitu seluruh makhluk - makhluk hidup yang hidup di sana.



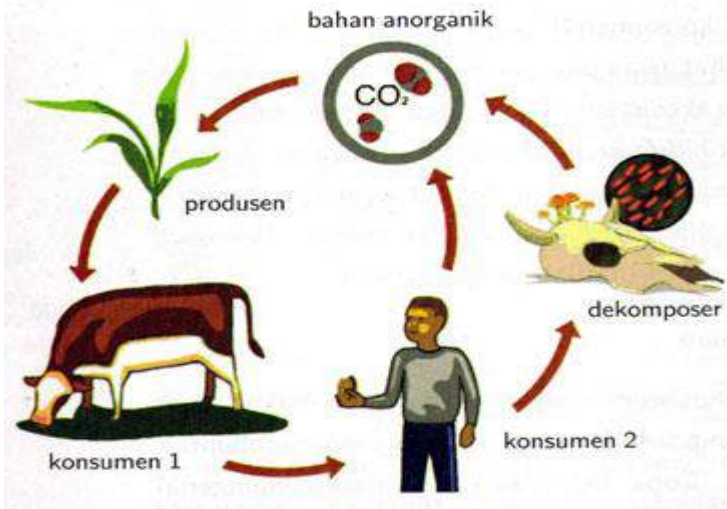
Gambar 5. Ekosistem

Sebuah ekosistem adalah level paling kompleks dari sebuah organisasi alam. Ekosistem terbentuk dari sebuah komunitas dan lingkungan abiotiknya seperti iklim, tanah, air, udara, nutrien dan energi. Ahli ekologi sistem adalah mereka yang mencoba menghubungkan bersama beberapa perbedaan aktifitas fisika dan biologi di dalam suatu lingkungan. Penelitian mereka seringkali terfokus pada aliran energi dan perputaran material-material yang ada di dalam sebuah ekosistem. Mereka biasanya menggunakan komputer yang canggih untuk membantu memahami data-data yang dikumpulkan dari penelitian di lapangan dan untuk memprediksi perkembangan yang akan terjadi.

3.1.8. Aliran Energi

Para ahli ekologi mengkategorikan elemen-elemen yang membentuk atau yang memberi efek pada sebuah ekosistem menjadi 6 bagian utama berdasarkan para aliran energi dan nutrien yang mengalir pada sistem:

1. Matahari
2. Bahan-bahan anorganik
3. Produsen
4. Konsumen Pertama
5. Konsumen Kedua
6. Pengurai



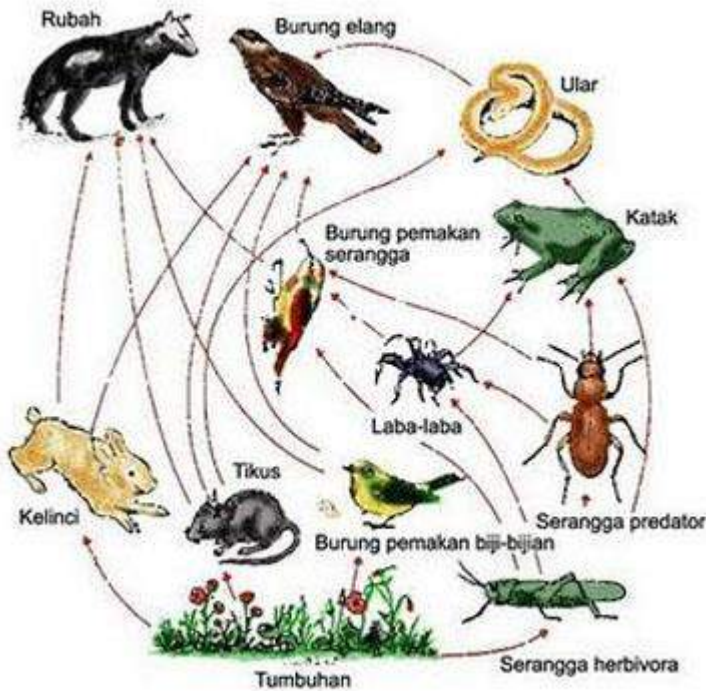
Gambar 6. Ekosistem

Sebuah ekosistem yang sederhana dapat digambarkan seperti berikut. Matahari menyediakan energi yang hampir dibutuhkan semua produsen untuk membuat makanan. Produsen terdiri dari tanaman-tanaman hijau seperti rumput dan pohon yang membuat makanan melalui proses fotosintesis. Tanaman juga membutuhkan bahan-bahan abiotik seperti air dan pospor untuk tumbuh. Yang termasuk konsumen pertama diantaranya tikus, kelinci, belalang dan binatang pemakan tumbuhan lainnya. Ular, macan dan konsumen kedua lainnya atau yang biasa disebut dengan predator adalah pemakan binatang. Pengurai seperti jamur dan bakteri, menghancurkan tanaman dan binatang yang telah mati menjadi nutrien-nutrien sederhana. Nutrien-nutrien tersebut kembali ke dalam tanah dan digunakan kembali oleh tanaman-tanaman.

Tingkatan-tingkatan energi yang berkesinambungan yang berlangsung dalam bentuk makanan ini disebut rantai makanan. Di dalam sebuah rantai makanan yang sederhana rumput adalah produsen, konsumen pertama seperti kelinci memakan rumput. Kelinci selanjutnya dimakan oleh konsumen kedua misalnya ular atau macan. Bakteri pengurai menghancurkan sisa-sisa rumput yang mati, kelinci, ular, dan macan yang tidak termakan, sama halnya seperti menghancurkan kotoran binatang.

Sebagian besar ekosistem memiliki suatu variasi produsen, konsumen dan pengurai yang membentuk sebuah rantai makanan yang saling tumpang tindih yang dinamakan jaringan makanan. Jaringan-jaringan makanan terutama sekali terdapat di ekosistem wilayah tropis dan ekosistem lautan.

Beberapa spesies makan banyak jenis makanan tetapi ada juga yang membutuhkan makanan yang khusus. Konsumen pertama seperti koala dan panda terutama makan satu jenis tanaman. Makanan utama koala adalah eucalyptus dan makanan utama panda adalah bambu. Jika tanaman-tanaman ini mati maka kedua binatang tersebut juga ikut mati.

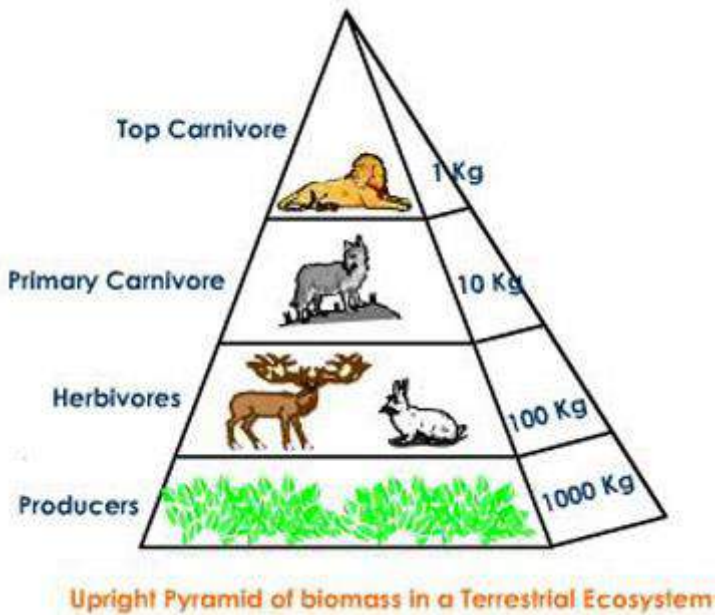


Gambar 7. Siklus Energi

Energi yang berpindah melalui sebuah ekosistem berada dalam sebuah urutan transformasi. Pertama produsen merubah sinar matahari menjadi energi kimia yang disimpan di dalam protoplasma (sel-sel tumbuhan) di dalam tanaman. Selanjutnya konsumen pertama memakan tanaman, merubah energi menjadi bentuk energi kimia yang berbeda yang disimpan di dalam sel-sel tubuh. Energi ini berubah kembali ketika konsumen kedua makan konsumen pertama.

Sebagian besar organisme memiliki efisiensi ekologi yang rendah. Ini berarti mereka hanya dapat merubah sedikit bagian

dari energi yang tersedia bagi mereka untuk disimpan menjadi energi kimia. Contohnya tanaman-tanaman hijau hanya dapat merubah sekitar 0,1 hingga 1 % tenaga matahari yang mencapainya ke dalam protoplasma. Sebagian besar energi yang tertangkap di bakar untuk pertumbuhan tanaman dan lepas ke dalam lingkungan sebagai panas. Begitu juga herbivora atau binatang pemakan tumbuhan dan karnivora binatang pemakan daging merubah energi ke dalam sel-sel tubuh hanya sekitar 10 hingga 20 % dari energi yang dihasilkan oleh makanan yang mereka makan.



Gambar 8. Piramida Ekologi

Karena begitu banyaknya energi yang lepas sebagai panas pada setiap langkah dari rantai makanan, semua

ekosistem mengembangkan sebuah piramida energi. Tanaman sebagai produsen menempati bagian dasar piramid, herbivora (konsumen pertama) membentuk bagian berikutnya, dan karnivora (komsumen kedua) membentuk puncak piramida. Piramid tersebut mencerminkan kenyataan bahwa banyak energi yang melewati tanaman dibandingkan dengan herbivora, dan lebih banyak yang melalui herbivora dibandingkan dengan karnivora.

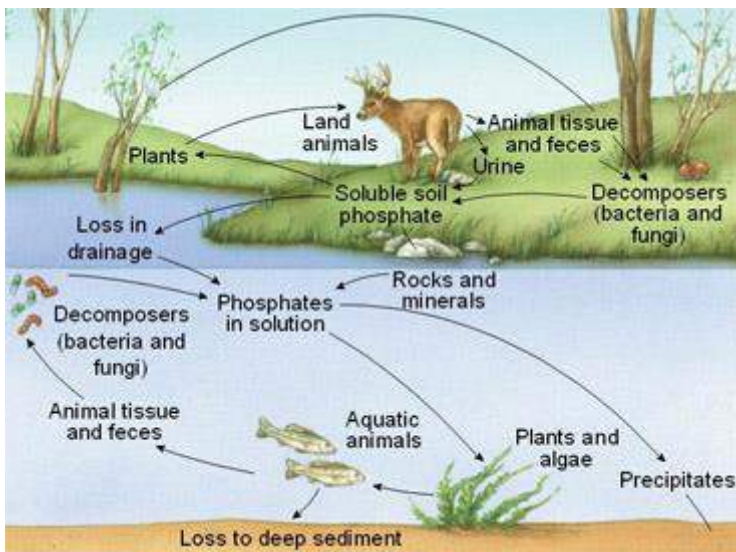
Di dalam ekosistem-ekosistem daratan piramida energi tersebut menghasilkan sebuah piramida biomasa (berat). Ini berarti bahwa berat total dari tanaman-tanaman adalah lebih besar dibandingkan dengan berat total herbivora yang melampaui berat total karnivora. Tetapi di dalam lautan biomasa (berat) tanaman-tanaman dan binatang-binatang adalah sama.

Ahli-ahli ekologi mengumpulkan informasi pada sebuah piramida biomasa pada Isle Royale. Mereka meneliti hubungan piramida diantara tanaman, rusa dan serigala. Dalam sebuah penelitian mereka menemukan bahwa diperlukan tanaman seberat 346 kg untuk makanan rusa seberat 27 kg. Rusa seberat inilah yang diperlukan untuk makanan serigala seberat 0,45 kg.

3.1.9. Daur material-material

Semua benda hidup terdiri dari unsur-unsur kimia tertentu dan senyawa-senyawa kimia. Diantaranya adalah air, karbon, hidrogen, nitrogen, oksigen, fospor dan sulfur. Semua

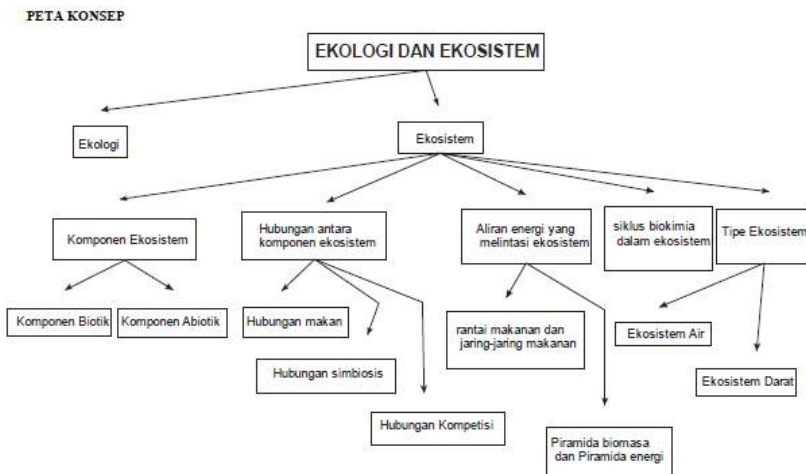
material-material ini berputar melalui ekosistem secara terus menerus. Perputaran fosfor misalnya, semua organisme membutuhkan fosfor. Tanaman mengambil senyawa fosfor dari dalam tanah dan binatang memperoleh fosfor dari tanaman dan binatang lain yang dimakan. Pengurai mengembalikan fosfor ke dalam tanah setelah tanaman dan binatang mati.



Gambar 9. Daur Pospat

Di alam ekosistem-ekosistem yang tidak terganggu jumlah fosfor adalah tetap, tetapi ketika sebuah ekosistem terganggu terutama oleh aktifitas manusia, fosfor seringkali bocor keluar. Hal ini akan mengurangi kemampuan ekosistem untuk mendukung kehidupan tanaman. Salah satu contoh adalah ketika manusia merubah hutan menjadi lahan pertanian.

Dengan tidak adanya hutan yang melindungi maka fosfor hanyut bersama tanah dan tersapu ke dalam sungai atau danau. Hal ini sangat mengganggu pertumbuhan algae. Pada akhirnya fosfor terjebak di dalam endapan lumpur di dasar danau atau lautan. Karena kehilangan fosfor maka petani harus membeli pupuk yang mahal untuk mengembalikan unsur fosfor tersebut kedalam tanah



Gambar 10. Ekologi Dalam Ekosistem



Gambar 11. Kebakaran Hutan Penyebab Rusaknya Ekosistem

Perubahan ekosistem muncul setiap hari, secara musiman dan ketika terjadi suksesi (peralihan) ekologi sepanjang masa. Kadangkala perubahan terjadi secara berulang-ulang dan secara mendadak, seperti ketika terjadi kebakaran hutan atau ombak tsunami yang menyapu pantai. Perubahan yang paling sering terjadi adalah kebakaran hutan yang terjadi hampir setiap hari terutama pada lingkaran nutrien, yang tidak kelihatan sekali, ekosistem-ekosistem kelihatannya cenderung stabil. Kestabilan yang nyata diantara tanaman dan binatang dan lingkungannya disebut keseimbangan alam.

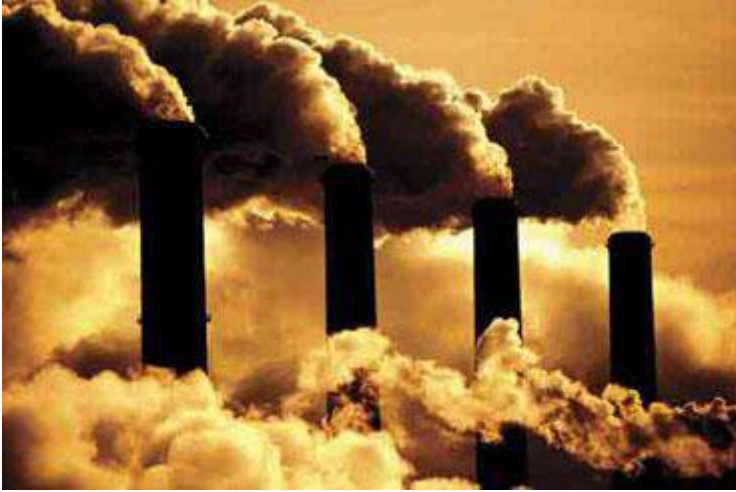
Mempelajari ekologi sangat penting, karena masa depan kita sangat tergantung pada hubungan ekologi di seluruh dunia. Meskipun perubahan terjadi di tempat lain di bumi ini,

namun akibatnya akan kita rasakan pada lingkungan di sekitar kita.

3.1.10. Penerapan Ekologi

Penerapan ekologi adalah pemanfaatan penelitian ekologi untuk mencapai tujuan-tujuan yang praktis. Penelitian ini membantu kita untuk menjaga dan mengatur sumber-sumber alam dan melindungi lingkungan. Ahli ekologi terapan bekerja bersama para ilmuwan dari berbagai lapangan untuk mencoba memecahkan masalah-masalah menyangkut tentang kesehatan dan kemakmuran manusia, tanaman dan binatang.

Ahli-ahli ekologi khawatir tentang jumlah yang manusia habiskan terhadap sumber-sumber yang tidak dapat diperbaharui seperti batubara, gas, dan minyak, juga polusi yang ditimbulkannya karena pemakaian yang terus menerus. Jika jumlah penduduk terus bertambah maka masalah-masalah kekurangan minyak, polusi, pembukaan hutan, kemacetan, kemiskinan dan gangguan cuaca juga akan semakin memburuk.



Gambar 12. Asap Pabrik mengakibatkan Polusi Udara

Kekhawatiran semakin bertambah dengan hilangnya ekosistem alam dan banyak spesies yang hilang dengan berubahnya hutan dan padang rumput menjadi lahan pertanian, pemukiman, dan lahan kosong. Banyak orang yang beranggapan bahwa penelitian dan kegiatan para ahli ekologi bertentangan dengan para praktisi ekonomi.

Tetapi para ahli ekologi yakin bahwa pengetahuan ekologi adalah sangat perlu kebaikan ekonomi dalam jangka panjang. Mereka menunjuk bahwa perawatan ekosistem alam menyediakan banyak keuntungan bagi masyarakat. Contohnya jika jika udara dan air bersih maka masyarakat akan menjadi sehat dan biaya perawatan kesehatan akan menjadi berkurang.

Banyak ahli berpikir bahwa kita dapat menggunakan prinsip-prinsip ekologi seperti aliran energi untuk memahami ekonomi manusia secara lebih baik. Setiap orang harus belajar

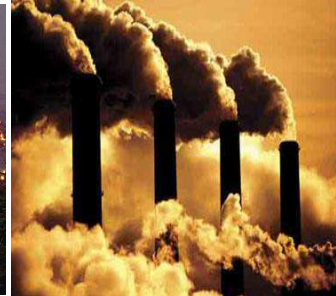
tentang ekologi dan lingkungan sehingga manusia dapat hidup secara harmonis dengan penghuni alam yang lain.

Kegiatan belajar 1.

Pada kegiatan belajar ini anda diminta untuk mengamati gambar-gambar berikut ini:

A. Langkah Kerja:

3. Bentuklah kelompok yang masing-masing kelompok beranggotakan 3-5 orang
4. Kemudian pelajari gambar-gambar di bawah ini dengan seksama
5. Jawablah pertanyaan di buku catatan praktikum anda



(a)

(b)

(c)

6. *Diskusi* Setelah anda melakukan pengamatan pada gambar di atas, maka selanjutnya diskusikan hasil pengamatan tersebut dengan teman kelompok. Kemudian jawablah pertanyaan berikut ini.

B. Pertanyaan:

5. Tentukan nama dari masing-masing gambar di atas
6. Berikan gambaran kondisi yang terjadi pada gambar bagian (b) dan (c)

7. Berikan penjelasan faktor penyebab terjadinya kondisi pada gambar (b) dan (c)
8. Bagaimana sikap anda ketika mengamati kondisi pada gambar di atas
9. Laporkan hasil diskusi dan jawaban pertanyaan tersebut ke dosen untuk dinilai

3.1.11. Biosfer

Seluruh ekosistem di dunia disebut biosfer. Dalam biosfer, setiap makhluk hidup menempati lingkungan yang cocok untuk hidupnya. Lingkungan atau tempat yang cocok untuk kehidupannya disebut *habitat*. Dalam biologi kita sering membedakan istilah habitat untuk makhluk hidup mikro, seperti jamur dan bakteri, dengan istilah *substrat*.

Dua spesies makhluk hidup dapat menempati habitat yang sama, tetapi tetap memiliki *relung (nisia)* berbeda. Nisia adalah status fungsional suatu organism dalam ekosistem. Dalam niche (nisia) nya organisme tersebut dapat berperan aktif, sedangkan organisme lain yang sama habitatnya tidak dapat berperan aktif. Sebagai contoh marilah kita lihat gambaran antara habitat dan niche (nisia) sebagai berikut :

Tiap jenis makhluk hidup mempunyai tempat hidup yang tertentu, dengan keadaan - keadaan tertentu. Misalnya kecebong, hidup di air yang tergenang, tidak terlalu keruh dan terdapat tumbuh - tumbuhan air. Sehingga kalau kita ingin mencari kecebong kita harus mencarinya pada tempat seperti

itu. Tempat hidup dengan keadaan - keadaan tertentu itulah yang disebut habitat.

Kalau boleh kita katakan habitat adalah “alamat” dari suatu makhluk hidup. Sedangkan niche pengertiannya lebih luas lagi, selain habitatnya menyangkut juga hal tingkah lakunya, kebiasaan makannya dan menduduki tingkat trofik yang mana dalam ekosistemnya. Jadi niche dari kecebong adalah : air yang agak jernih, tergenang, dengan tumbuhan air, dapat berenang, meskipun lebih senang tinggal di dasar genangan atau menempel pada benda - benda seperti batu atau yang lainnya, dan menempati tingkatan trofik sebagai konsumen primer. Kalau boleh kita katakan niche adalah status fungsional atau jabatan dari suatu makhluk hidup dalam ekosistem.

Dalam suatu ekosistem biasanya tiap jenis makhluk hidup mempunyai niche tersendiri. Dua jenis makhluk hidup mungkin mempunyai habitat yang sama, tapi niche yang berbeda. Misalnya siput air dan kecebong menempati habitat yang sama, ialah genangan air jernih dengan tumbuhan air. Sedangkan nichenya berbeda sebab meskipun dua - duanya sebagai konsumen primer, tetapi siput tidak berenang.

Bila dalam suatu ekosistem terdapat dua jenis makhluk hidup yang menempati niche yang sama, akan terjadilah persaingan - persaingan yang hebat, biasanya salah satu jenis akan kalah. Yang kalah akan hilang dari ekosistem. Jadi secara

umum dapat dikatakan dua spesies tidak mungkin menempati niche yang sama dalam waktu yang lama dalam suatu ekosistem.

3.2. Faktor Abiotik

Faktor abiotik adalah faktor tak hidup yang meliputi faktor fisik dan kimia. Faktor fisik utama yang mempengaruhi ekosistem adalah suhu, sinar matahari, air, tanah, ketinggian, angin dan garis lintang. Faktor - faktor fisik tersebut akan dibahas lebih rinci pada bagian ekosistem.

3.2.1. Komponen abiotik

Komponen abiotik yang umumnya merupakan faktor lingkungan yang mempengaruhi makhluk - makhluk hidup di antaranya :

a. Suhu.

Suhu lingkungan merupakan faktor penting dalam persebaran organisme karena pengaruhnya pada proses biologis dan ketidakmampuan sebgaaian besar organisme untuk mengatur suhu tubuhnya secara tepat. Sel bisa pecah jika air yang terdapat di dalamnya membeku pada suhu di bawah 0° C, dan protein pada sebagian besar organisme akan mengalami denaturasi pada suhu di atas 45° C. Selain itu jumlah organisme dapat mempertahankan suatu metabolisme yang cukup aktif pada suhu yang sangat rendah atau pada suhu yang sangat tinggi. Adaptasi yang luar biasa memungkinkan beberapa organisme hidup di luar di dalam suhu tersebut.

b. Air

Sifat-sifat air yang unik berpengaruh pada organisme dan lingkungannya. Air sangat penting bagi kehidupan tetapi ketersediaannya bervariasi secara dramatis di berbagai habitat. Organisme air tawar dan air laut hidup terendam di dalam suatu lingkungan akuatik, tetapi organisme tersebut menghadapi permasalahan keseimbangan air jika tekanan osmosis intraselulernya tidak sesuai dengan tekanan osmosis air disekitarnya. Organisme di lingkungan darat menghadapi ancaman kekeringan yang hampir konstan dan evolusinya dibentuk oleh kebutuhannya untuk mendapatkan dan menyimpan air dalam jumlah yang mencukupi.

c. Cahaya Matahari

Matahari memberikan energi yang menggerakkan hampir seluruh ekosistem meskipun hanya tumbuhan dan organisme fotosintetik lain yang menggunakan sumber energi secara langsung. Dalam lingkungan akuatik, intensitas dan kualitas cahaya membatasi persebaran organisme fotosintetik akan tetapi organisme fotosintetik itu sendiri menyerap banyak cahaya yang menembus air yang selanjutnya akan mengurangi intensitas dan kualitas cahaya pada air di bawahnya.

d. Angin

Angin memperkuat pengaruh suhu lingkungan pada organisme dengan cara meningkatkan hilangnya panas melalui penguapan (evaporasi) dan konveksi. Angin juga menyebabkan hilangnya



air di organism dengan cara meningkatkan laju penguapan pada hewan dan laju transpirasi pada tumbuhan. Selain itu, angin dapat menyebabkan pengaruh yang sangat mendasar pada bentuk pertumbuhan tumbuhan., yaitu dengan cara menghambat pertumbuhan anggota tubuh pohon yang terdapat pada sisi arah tiupan angin, anggota tubuh pohon yang berada pada arah yang berlawanan dengan arah tiupan angin akan tumbuh secara normal, yang menghasilkan suatu penampakan “lambaian bendera”.

e. Batu dan Tanah

Penyebab timbulnya pola pengelompokan pada area tertentu yang acak pada ekosistem terrestrial adalah struktur fisik, pH dan komposisi mineral batuan serta tanah yang akan membatasi persebaran tumbuhan dan hewan yang memakannya. Pada aliran sungai, komposisi substrat dapat mempengaruhi factor kimiawi dalam air, yang selanjutnya akan mempengaruhi tumbuhan dan hewan penghuni ekosistem akuatik. Pada lingkungan laut struktur substrat dalam zona pasang-surut dan dasar laut menentukan jenis organisme yang dapat menempel atau meliang dalam habitat seperti itu.

f. Gangguan Periodik

Gangguan yang sangat merusak seperti kebakaran, badai, tornado dan letusan gunung merapi dapat menghancurkan komunitas biologis. Setelah adanya gangguan yang merusak, daerah akan dikolonisasi ulang oleh organisme yang selamat

dari bencana, akan tetapi struktur komunitas akan mengalami suatu suksesi perubahan selama proses pemulihan. Beberapa gangguan, seperti letusan gunung berapi merupakan gangguan yang jarang terjadi dan tidak dapat diprediksi menurut dan ruang, sehingga organism tidak memiliki adaptasi evolusioner untuk menghadapinya. Sebaliknya gangguan seperti kebakaran meskipun dalam jangka pendek tidak dapat diprediksi, tetapi kejadian berulang sering terjadi pada beberapa komunitas, dan banyak tumbuhan telah beradaptasi terhadap gangguan periodic seperti ini. Pada kenyataannya beberapa komunitas sesungguhnya bergantung pada kebakaran yang terjadi secara periodik untuk mempertahankan hidupnya.

g. Iklim

Faktor abiotik yang baru dijelaskan memiliki pengaruh langsung pada biologi organisme. 4 faktor pertama-suhu, air, cahaya, dan angin-merupakan komponen utama iklim (climate) yaitu kondisi cuaca yang dominan pada suatu lokasi, kita dapat melihat dampak besar iklim pada persebaran organisme dengan cara membuat suatu klimograf, yaitu suatu plot suhu dan curah hujan dalam suatu daerah tertentu, yang sering kali diberikan dalam bentuk rata-rata tahunan.

Rata-rata tahunan untuk suhu dan curah hujan sangat berkorelasi dengan bioma yang ditemukan di wilayah yang berbeda-beda. Akan tetapi, kita harus selalu berhati-hati untuk

membedakan antara korelasi antara variabel-variabel dengan kausal, yaitu suatu hubungan sebab akibat.

3.2.2. Komponen biotik

Menurut fungsinya maka komponen biotik yang merupakan semua makhluk hidup yang terdapat dalam suatu ekosistem dapat dibedakan dalam tiga kelompok utama :

a. Produsen.

kelompok inilah yang merupakan makhluk hidup yang dapat menghasilkan makanan dari zat - zat anorganik. Umumnya merupakan makhluk - makhluk hidup yang dapat melakukan proses fotosintesa. Termasuk kelompok ini terutama tumbuh - tumbuhan yang mempunyai hijau daun.

b. Konsumen.

merupakan kelompok makhluk hidup yang menggunakan atau makan zat - zat organik atau makanan yang dibuat oleh produsen. Termasuk ke dalam organik atau makanan yang dibuat oleh produsen. Termasuk ke dalam kelompok ini yaitu hewan - hewan dan manusia.

c. Pengurai

makhluk-makhluk hidup atau organisme yang menguraikan sisa - sisa makhluk hidup yang sudah mati. Oleh pekerjaan pengurai ini zat - zat organik yang terdapat dalam sisa-sisa atau makhluk-makhluk hidup yang sudah mati itu, terurai kembali menjadi zat - zat anorganik. Dengan demikian zat - zat anorganik ini dapat dipergunakan kembali oleh

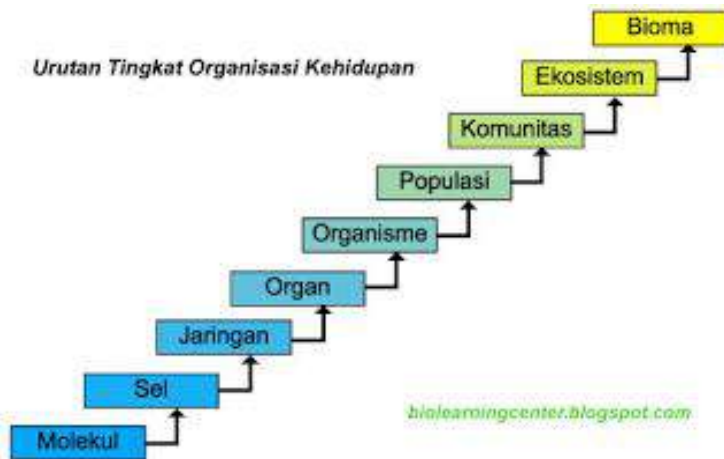
produsen untuk membentuk zat - zat organik atau makanan. Termasuk kelompok berarti kelompok pengurai ini misalnya kebanyakan bakteri dan jamur - jamur.

D. TINGKAT-TINGKAT ORGANISASI KEHIDUPAN ALAM DI SUATU PULAU

Tingkat organisasi kehidupan dengan mempelajari materi urutan tingkat organisasi kehidupan dan pengertiannya, maka kita akan semakin mengerti manfaat biologi yang kita pelajari sebelumnya. Kita juga akan semakin sadar, tidak sombong serta bersyukur dengan Tuhan yang telah menciptakan kita. Karena manusia sejatinya adalah makhluk lemah yang tersusun atas sel-sel, jaringan dan seterusnya hingga terbentuklah organ tubuh manusia yang fungsional dan membuat manusia menjadi satu-satunya makhluk yang tertinggi diantara makhluk lainnya.

Tingkat Organisasi Kehidupan Sebelum dibahas lebih lanjut, jangan lupa juga dengan cabang biologi yang sudah dijelaskan pada materi sebelumnya, agar selalu ingat, maka terapkan pengertiannya pada tingkat organisasi kehidupan berikut ini karena masih ada juga kaitannya, agar lebih paham dan tidak hanya sekedar hafal. Ingat, biologi bukan hafalan, tapi lebih baik penerapan (diterapkan).

Urutan Tingkat Organisasi Kehidupan



Gambar 13. Tingkat-tingkat Organisasi Kehidupan di Alam

Urutan tingkat organisasi kehidupan dari yang terendah hingga tertinggi dimulai dari tingkat molekul, tingkat sel, tingkat jaringan, tingkat organ, tingkat organisme, tingkat populasi, tingkat komunitas, tingkat ekosistem, tingkat bioma. Mari kita bahas satu persatu mulai dari tingkat organisasi kehidupan dari yang terendah hingga tertinggi.

1. Tingkat Molekul

Pada pelajaran kimia, kita mempelajari bahwa tingkatan materi terendah adalah proton, neutron, dan elektron. Partikel proton, neutron, dan elektron bergabung membentuk atom (contohnya atom hidrogen, karbon, nitrogen, dan oksigen). Atom-atom lalu berikatan membentuk molekul, contohnya molekul air, glukosa, protein, dan DNA. Molekul-molekul ini saling berikatan dan membentuk ikatan yang lebih kompleks

penyusun organel pada sel. Oleh karena itu, dapat dikatakan bahwa molekul, atom, dan partikel subatomik merupakan organisasi fungsional tingkat biokimia (senyawa kimia penyusun makhluk hidup).

2. Tingkat Sel

Berbagai jenis molekul saling berikatan dan membentuk organel. Organel adalah subunit sel dengan fungsi spesifik, contohnya ribosom sebagai tempat sintesis protein. Sintesis protein merupakan proses penyusunan protein. Berbagai senyawa serta organel berinteraksi satu sama lain membentuk suatu kesatuan yang disebut sel. Suatu sel tunggal memiliki karakteristik makhluk hidup. Setiap sel memiliki materi hereditas, melakukan aktivitas metabolisme, mampu tumbuh serta berkembang. Karena memiliki karakteristik yang dibutuhkan sebagai makhluk hidup, sel disebut sebagai satuan unit terkecil kehidupan. Ukuran sel sangat kecil sehingga untuk melihatnya dibutuhkan mikroskop.

3. Tingkat Jaringan.

Jaringan ditemukan pada organisme multiseluler (bersel banyak). Jaringan adalah kumpulan sel yang memiliki bentuk serta fungsi yang sama. Kelompok sel ini memiliki fungsi yang spesifik. Berikut ini contoh-contoh jaringan pada makhluk hidup.

a. Jaringan pada Hewan

Jaringan pada hewan terdiri atas beberapa jenis. Jaringan-jaringan tersebut di antaranya adalah jaringan epitel, jaringan saraf, jaringan otot, dan jaringan darah. Jaringan epitel terdiri atas sel-sel epitel yang saling berhubungan. Jaringan saraf terdiri atas sel saraf yang berfungsi menerima serta merespons rangsangan. Jaringan otot merupakan serat panjang yang memiliki fungsi sebagai alat gerak aktif. Adapun jaringan darah terdiri atas sel-sel darah. Sel-sel darah ini memiliki fungsi yang berbeda. Ada yang mengedarkan oksigen, zat-zat makanan, ada pula yang berfungsi sebagai antibodi atau sistem kekebalan tubuh.

b. Jaringan pada Tumbuhan

Seperti jaringan pada hewan, jaringan pada tumbuhan (Gambar 1.10b) juga terdiri atas berbagai jenis. Jaringan yang terdapat pada tumbuhan di antaranya jaringan epidermis, jaringan pembuluh, jaringan penguat, dan jaringan meristem. Jaringan epidermis merupakan jaringan yang melapisi permukaan tumbuhan. Jaringan pembuluh terdiri atas xilem dan floem. Xilem berfungsi mengangkut air dan zat hara tanah dari akar ke daun, sedangkan floem berfungsi mengangkut hasil fotosintesis dari daun ke seluruh tubuh tumbuhan. Jaringan penguat pada tumbuhan terdiri atas sel-sel yang tebal dan kuat. Jaringan penguat ini berfungsi menyokong tubuh tumbuhan. Adapun jaringan meristem merupakan jaringan yang aktif

membelah untuk meng- hasilkan sel-sel baru. Lebih jauh lagi tentang materi jaringan pada tumbuhan ini akan dibahas di Kelas XI.

4. Tingkat Organ

Organ hanya ditemukan pada organisme multiseluler. Organ merupakan struktur yang terbentuk dari beberapa jenis jaringan yang bekerja sama untuk menjalankan fungsi tertentu. Misalnya, jaringan saraf dan jaringan ikat menyusun organ otak dan bekerja sama untuk melaksanakan fungsi koordinasi. Jaringan epidermis, jaringan tiang, dan jaringan bunga karang menyusun organ daun dan bekerja sama untuk melaksanakan fungsi fotosintesis, transpirasi, serta pertukaran gas.

Contoh-contoh organ lainnya adalah organ jantung yang berperan untuk memompa darah; organ paru-paru untuk pertukaran oksigen dan karbon dioksida; organ telinga untuk mendengar; dan organ mata untuk melihat. Organ-organ pada tumbuhan, contohnya daun untuk pertukaran gas, bunga untuk perkembangbiakan, dan akar untuk menyerap air dan garam mineral.

5. Tingkat Sistem Organisme

Organ-organ yang melakukan fungsi dan tugas saling berkait disebut sebagai sistem organ. Sebagai contoh, sistem pernapasan terbentuk dari kerja sama organ hidung, faring, laring, trakea, bronkus, dan paru-paru untuk menjalankan fungsi respirasi. Sistem pencernaan terbentuk dari kerja sama

organ mulut, kerongkongan, lambung, usus, hati, dan pankreas. Sistem pencernaan berfungsi menjalankan pencernaan dan penyerapan sari-sari makanan. Sistem gerak untuk menyokong dan menggerakkan tubuh terdiri atas otot dan rangka. Sebutkan oleh Anda contoh sistem organ lainnya beserta nama organ-organ penyusunnya.

6. Tingkat Organisme (Individu)

Individu dapat berupa organisme bersel tunggal (uniseluler) dan bersel banyak (multiseluler). Bakteri dan protozoa adalah contoh organisme bersel tunggal. Satu bakteri dan satu protozoa dikatakan sebagai satu individu. Manusia, kucing, pohon kelapa, dan tanaman melati merupakan contoh organisme multiseluler. Seorang manusia, seekor kucing, sebatang pohon kelapa, dan setangkai tanaman melati juga dikatakan satu individu.

Individu multiseluler terbentuk dari sistem organ-sistem organ yang bekerja sama dalam suatu kesatuan. Setiap sistem organ tidak dapat melaksanakan fungsinya sendiri-sendiri. Setiap sistem organ memiliki keber- gantungan pada sistem organ yang lainnya. Contohnya pada manusia, sistem pernapasan, sistem peredaran darah, sistem pencernaan, sistem pengeluaran, sistem koordinasi, sistem gerak, dan sistem reproduksi memiliki saling kebergantungan.

7. Tingkat Populasi

Individu-individu sejenis yang berkumpul di suatu tempat tertentu pada waktu yang sama membentuk tingkat organisasi kehidupan yang disebut sebagai populasi. Murid-murid yang berada di sekolahmu dinamakan sebagai populasi manusia, kumpulan rumput yang ada di halaman sekolah dinamakan populasi rumput, kumpulan belalang dinamakan populasi belalang, kumpulan cacing tanah dinamakan populasi cacing, dan kumpulan lebah dinamakan populasi lebah

8. Tingkat Komunitas

Umumnya di suatu tempat terdapat lebih dari satu macam populasi. Perhatikan halaman sekolah Anda. Di sana mungkin terdapat populasi rumput, populasi cacing, populasi belalang, dan populasi semut. Kumpulan populasi yang menempati area sama dan saling berhubungan disebut komunitas. Di dalam komunitas selalu ada interaksi, baik antaranggota spesies yang sama, maupun interaksi antarpopulasi yang berlainan.

9. Tingkat Ekosistem

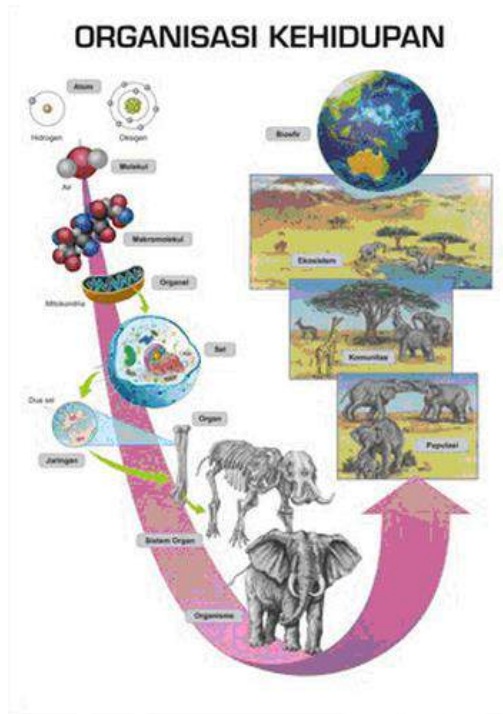
Pada tingkatan ekosistem, banyak hal yang dapat dipelajari, seperti hubungan timbal balik antarkomponen biotik, hubungan timbal balik antarkomponen abiotik, serta hubungan timbal balik antara komponen biotik dan abiotik.

Di dalam organisasi kehidupan tingkat ekosistem, kita juga dapat melihat adanya aliran energi dari organisme fotosintetik ke herbivora dan karnivora.

10. Tingkat Bioma

Tingkatan yang lebih besar sebagai objek Biologi yang dipelajari adalah bioma. Bioma merupakan daerah daratan yang cukup luas di bumi bercirikan satu jenis tumbuhan yang dominan. Contohnya bioma gurun, bioma padang rumput, bioma hutan hujan tropis, bioma tundra, dan bioma taiga. Adapun tingkatan objek Biologi yang paling besar yang dipelajari adalah biosfer.

Setelah memahami satu persatu penjelasannya, berikut ini skema tingkat organisasi kehidupan secara lebih jelas di gambar dari tingkat terendah hingga tertinggi.



Gambar 14. Organisasi Kehidupan

Demikian ulasan kita mengenai tingkat [organisasi kehidupan](#) dan pengertinanya, semoga cukup jelas, lengkap dan bermanfaat bagi siapa saja yang membacanya.

Makhluk hidup memiliki tingkat organisasi biologi yang disebut spektrum biologi. Dari tingkat yang paling sederhana ke tingkat organisasi paling kompleks. Dimulai dari protoplasma, sel, jaringan, organ, sistem organ, organisme, populasi, komunitas, ekosistem, biosfer.

Setiap makhluk hidup tersusun dari bagian-bagian terkecil yang masing-masing bagian memiliki fungsi tertentu.

Bagian terkecil ini disebut sel, dengan kata lain Sel adalah unit atau satuan struktural dan fungsional terkecil dari makhluk hidup.

Berdasarkan jumlah sel penyusunnya, makhluk hidup dibedakan menjadi dua macam, yaitu organisme uniselular, yaitu organisme yang susunannya itu terdiri dari satu sel saja, karena pada organisme uniselular ini, semua kegiatan hidup dilakukan oleh sel tersebut. Contohnya, bakteri, Paramecium sp, dsb. dan bersel banyak (multiselular). Dan organisme multiselular, yaitu organisme yang susunannya terdiri dari banyak sel. Contohnya, manusia, ayam, pohon mangga

Sekelompok organ akan membentuk suatu sistem yang disebut sistem organ atau sekumpulan organ yang bekerja sama untuk melakukan fungsi dan tugas tertentu. Berikut adalah sistem organ yang ada pada manusia :

2. Sistem hormon organ penyusunnya seperti kelenjer penghasil hormon dan memiliki fungsi untuk mengatur fungsi organ.
3. Sistem saraf organ penyusunnya seperti otak, sumsum tulang belakang, serabut saraf, dan alat indra dan memiliki fungsi untuk mengkoordinasi gerak dan tanggapan terhadap rangsang.
4. Sistem reproduksi organ penyusunnya seperti teste, ovarium, dan rahim dan memiliki fungsi untuk berkembang biak.

5. Sistem pengeluaran organ penyusunnya seperti ginjal,hati,kulit, dan paru-paru dan memiliki fungsi untuk mengeluarkan zat-zat sisa.
6. Sistem otot organ penyusunnya seperti serabut dan tendon dan memiliki fungsi sebagai alat gerak aktif.
7. Sistem rangka organ penyusunnya seperti tengkorak,alat gerak,dan badan dan memiliki fungsi sebagai alat gerak pasif.
8. Sistem peredaran darah organ penyusunnya seperti jantung, pembuluh nadi,vena, dan aorta dan memiliki fungsi untuk mengangkut sari-sari makanan,oksigen, dan CO₂.
9. Sistem pernapasan organ penyusunnya seperti hidung,tenggorokan,dan paru-paru dan memiliki fungsi memasukan oksigen ke tubuh serta mengeluarkan gas CO₂ dan uap air.
10. Sistem pencernaan organ penyusunnya seperti mulut,lambung,dan usus halus dan memiliki fungsi untuk mencerna makanan agar dapat diserap usus halus.

Sistem organ pada tumbuhan antara lain :

1. Sistem pengangkutanpada batang untuk mengangkut makanan hasil fotosintesis
2. Sistem reproduksi untuk memperbanyak organisme
3. Sistem penyerapan pada akar

Individu merupakan organisme yang tersusun oleh kumpulan sistem organ. Kumpulan sistem organ tersebut membentuk individu. Adanya berbagai sistem organ yang memiliki fungsi berbeda, membuat suatu individu mampu melakukan fungsi hidupnya dengan baik. Contoh organisasi kehidupan tingkat individu adalah seekor kucing, seekor ular, dan seorang manusia. Sedangkan menurut Dwidjoseputro (1994) individu adalah makhluk hidup dipandang dari segi fisiologi dan tingkah laku, sedangkan organisme bila dipandang dari segi anatominya.

Seekor ayam adalah individu, seekor semut dan seekor belalang juga individu, begitu juga dengan sebatang pohon mangga. Kadang-kadang sulit untuk menentukan individu dari kelompok organisme, misalnya memisahkan individu rumput dari lapangan rumput atau individu bambu dari serumpun bambu, tetapi kita dapat mengamati dengan jelas setiap jenis individu dan kita dapat menghitung banyaknya individu dalam kelompoknya. Harus diingat bahwa individu selalu bersifat tunggal. Setiap individu tidak dapat hidup menyendiri, tetapi harus hidup bersama-sama dengan individu sejenis atau yang tidak sejenis. Selanjutnya kelompok individu-individu sejenis membentuk satuan yang disebut populasi, yang disebut sejenis yaitu mempunyai persamaan sifat morfologi dan fisiologi yang dapat mengadakan perkawinan secara alamiah menghasilkan keturunan yang subur (fertil), jenis-jenis yang sama dalam

bahasa latin disebut spesies. Seluruh umat manusia itu merupakan satu spesies yang nama ilmiahnya *homo sapiens*.

Jadi definisi populasi adalah kumpulan individu sejenis yang menempati wilayah tertentu dalam sewaktu-waktu. Beberapa karakteristik dari populasi adalah :

1. Memiliki kepadatan (densitas) yaitu jumlah seluruh individu pada tiap satuan ruang, baik luas atau volume, dapat dituliskan dengan rumus:

$$\text{Densitas} = \frac{N}{L} \text{ ind/m}^2, \text{ ind/km}^2, \text{ ind/m}^3$$

Di mana N = jumlah seluruh individu

L = luas kolom

Contoh : dalam satu hektar kebun terdapat 200 pohon rambutan, maka kepadatan populasi rambutan dikebun itu adalah:

populasi rambutan dikebun itu adalah

$$\frac{200}{1} \text{ ind/ha} = 200 \text{ ind/ha}$$

2. Pola persebaran, setiap populasi suatu spesies makhluk hidup memiliki pola persebaran tertentu dari individu yang ada didalamnya. Pola persebaran individu dalam suatu populasi dapat berkelompok (*Clumped*), contohnya populasi gajah, populasi bambu, dapat secara merata (*Uniform*), contohnya populasi di sawah, dan juga sembarang atau acak contohnya populasi laba-laba di kebun.

Persebaran secara berkelompok paling sering terdapat di alam, terutama untuk populasi hewan, hal ini dapat terjadi karena :

- a. Respon organisme terhadap perbedaan habitat secara lokal
- b. Respon organisme terhadap perubahan cuaca secara musim
- c. Akibat dari cara reproduksi, seperti pada tumbuhan yang memperbanyak dengan rimpang sebagai cara reproduksi vegetatif, dan biji atau buah yang jatuh dekat induknya
- d. Sifat organisme yang mempunyai naluri untuk berkelompok sebagai alat pertahanan terhadap predator.

Persebaran secara merata umumnya terdapat pada tumbuhan, penyebaran semacam ini dapat terjadi apabila persaingan antarindividu dalam populasi sangat kuat karena kebutuhan hal yang sama, misalnya persaingan untuk mendapatkan nutrisi ruang.

Persebaran secara acak dimana lokasi individu sembarang, tidak mempunyai arah dan posisi terhadap lokasi spesies yang sama. Penyebaran semacam ini jarang terjadi di alam, biasanya terjadi jika faktor lingkungan sama untuk seluruh daerah dimana populasi berada dan tidak ada sifat-sifat untuk berkelompok dari individu itu.

3. Struktur umur

Suatu populasi makhluk hidup terdiri dari individu-individu yang menempati struktur umur berbeda. Ada anakan, muda, dewasa, bahkan tua. Struktur umur jika dikelompokkan berdasarkan kemampuan berproduksi terdiri dari kelompok

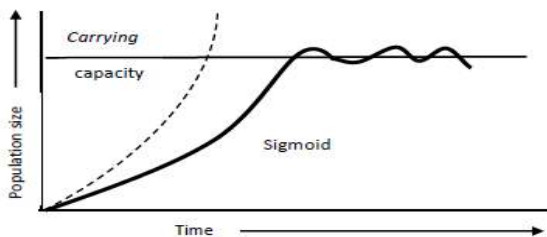
usia pre reproduksi, reproduksi, dan pos reproduksi. Pre reproduksi terdiri dari individu yang masih muda belum dapat berreproduksi, usia reproduksi terdiri dari individu-individu yang cukup dewasa untuk dapat berreproduksi, dan usia pos reproduksi terdiri dari individu yang tidak dapat bereproduksi lagi.

4. Dinamika

Suatu populasi selalu berubah atau populasi bersifat dinamis. Perubahan yang terjadi pada populasi bisa terjadi karena kelahiran, kematian atau migrasi dari individu masuk atau keluar dari kelompoknya.

5. Pertumbuhan

Suatu populasi memiliki pola pertumbuhan tertentu, dapat secara eksponensial yaitu tumbuh secara cepat melebihi batas daya dukung (*carrying capacity*) atau *sigmoid* yaitu tumbuh cepat mencapai daya dukung kemudian turun dengan cepat. Pertumbuhan suatu populasi dapat digambarkan dalam kurva seperti



Gambar 15. Kurva Pertumbuhan Populasi

6. Produktivitas populasi

Suatu populasi mempunyai kemampuan mereproduksi bahan organik hasil fotosintesis yang disimpan dalam bentuk batang, daun, buah, atau jaringan tubuh lain. Produktivitas populasi merupakan jaringan hidup yang dihasilkan oleh suatu populasi dalam jangka waktu tertentu. Bisa juga dikatakan hasil panen, yaitu hasil yang dipungut pada suatu waktu tertentu untuk kepentingan manusia.

Beberapa populasi organisme yang hidup bersama-sama pada suatu waktu menempati wilayah tertentu disebut komunitas. Suatu komunitas terikat pada suatu unit oleh saling ketergantungan anggota-anggotanya, merupakan unit fungsional dan mempunyai struktur yang pasti. Suatu komunitas terdiri dari semua organisme yang menempati suatu daerah tertentu yang merupakan kumpulan populasi dari spesies yang berbeda (Campbell, 2004) Jadi beberapa macam tumbuhan dan hewan yang pada suatu waktu yang menempati tempat sama merupakan suatu komunitas.

Setiap individu organisme menempati suatu tempat hidup di alam yang disebut habitat, suatu organisme mungkin menjadikan organisme lain sebagai habitat tempat tinggalnya, seperti cacing perut yang hidup diusus hewan atau manusia. Jamur tumbuh ditempat lembab dan kurang cahaya matahari, enceng gondog tumbuh diperairan yang terkena cahaya matahari, ular hidup disemak-semak dan sebagainya.

E. LATIHAN

Pada latihan ini anda diminta untuk menjawab pertanyaan-pertanyaan berikut.

1. Jelaskan pengertian ekologi dan ruang lingkup dari ekologi.
2. Apa yang dimaksud dengan habitat dan relung
3. Jelaskan hubungan ekologi dengan fisiologi.
4. Jelaskan pengertian dari populasi, komunitas, dan ekosistem (ciri, struktur, dinamika dan interaksi).
5. Jelaskan rantai makanan dan jaringan makanan dalam hubungan dengan aliran energi dan transfer energi.
6. Bagaimanakah piramida ekologi dalam ekosistem..
7. Apakah yang dimaksud dengan rantai makanan.
8. Uraikan pengaruh faktor suhu dan cahaya terhadap kelangsungan hidup tumbuhan.
9. Jelaskan akibat-akibat yang ditimbulkan oleh adanya persaingan atau kompetisi.

F. PENUGASAN

Pengembangan nilai karakter panca tabeat: mandiri, toleransi kerja sama, tanggung jawab dan kerja keras.

Ekosistem merupakan kesatuan komponen biotik dan abiotik yang saling berinteraksi. Komponen biotik meliputi makhluk hidup sedangkan komponen abiotik meliputi udara, tanah, cahaya, kelembaban, ketinggian, tekanan dan variabel lainnya. Adanya perbedaan komponen biotik akan menciptakan

beberapa interaksi meliputi predasi, parasit, komensalis, mutualis. Hubungan tersebut dapat menciptakan rantai makanan atau aliran energi. Adanya perbedaan komponen abiotik akan mempengaruhi kondisi habitat, kebiasaan, fisiologi makhluk hidup. Makhluk hidup akan menyesuaikan diri dengan tempat hidupnya agar tetap lestari. Kamu harus mengenal ekosistem, minimal ekosistem yang ada di sekitar lingkungan terdekat. Cobalah kamu mengamati makhluk hidup apa saja yang hidup di suatu tempat itu, dan bagaimana keadaan tempatnya. Mempelajari ekosistem sama saja kamu sedang mempelajari kehidupan kamu. Tentunya akan menarik.

Aktivitas kerja:

1. Buat Tetarium dalam satu ekosistem.
2. Lakukan kerja secara berkelompok
3. Gunakan peralatan bekas seperti teko kaca bisa jadi wadah yang ideal untuk terarium.
4. Pilihlah tanaman yang ukurannya akan tetap kecil dan cenderung mudah untuk tumbuh, Gunakan tanah humus, arang yang dipotong kecil-kecil, spagnum moss dan pasir zeolit
5. Laporkan hasil kegiatan anda secara berkala kepada dosen



G. DAFTAR PUSTAKA

- Cartono, 2005. *Biologi Umum Untuk Perguruan Tinggi LPTK*. Bandung Penerbit Prisma Press.
- Cunningham, William P. 2003. *Environmental Science. A Global Concern 7th edition*. McGrawhill Book Co., New York
- DjamalIrwa, Zoer'aini. 2003. *Prinsip-Prinsip Ekologi dan Organisasi Ekosistem Komunitas dan Lingkungan*. Jakarta : Bumi Aksara
- Ewusie, J.Y. 1990. *Ekologi Tropika Bandung*: Penerbit ITB.
- Heddy, Suwasono, dkk. 1986. *Pengantar Ekologi*. Jakarta : Rajawali.
- Indriyanto. 2006 *Ekologi Hutan Jakarta*: Penerbit PT Bumi Aksara.
- Jumhana, N. 2006. *Konsep Dasar Biologi*. Bandung: UPI PRESS
- Kimball, Jw. *Biologi*. Jilid 3. Edisi kelima. Alih bahasa Soetarmi, S dan Sugiri, N.
Jakarta : Erlangga.
- Mc. Noughton, S.J., Larry L. Wolf. 1990. *Ekologi Umum*. Yogyakarta: Gajah Mada University.
- Ramli, dan Alwiah. 2008. Bapongka: Studi Nilai Pendidikan Pelestarian Ekosistem Laut dan Pesisir pada Masyarakat Bajo. *Journal Matsains*.
- Sri, Y.M. 2006, *Konsep Dasar IPA*. Bandung : UPI PRESS

Soemarmoto, Otto. 1972. *Ekologi, Lingkungan Hidup dan Pembangunan*. Jakarta: Djambatan

Wahana Lingkungan Hidup Indonesia. 2002. *Bajau*. Yayasan Sejati

BAB 3

EKOSISTEM PULAU

Pada bagian ini akan dibahas mengenai ekosistem pulau. Apabila Anda mendengar kata “Pulau”, dalam pikiran anda akan terbayang sebuah daratan yang timbul di permukaan laut yang berisi bermacam-macam komponen baik fisik dan biotik. Bayangan tersebut memang tidak salah. Kata Pulau memang untuk menggambarkan keadaan pada suatu tempat yang menjadi habitat bagi berbagai makhluk hidup yang telah mampu beradaptasi dengan kondisi lingkungannya. Sedangkan kata “ekosistem” menunjukkan adanya interaksi dari komponen-komponen penyusun dari pulau tersebut. Jadi ekosistem pulau menunjukkan adanya hubungan timbal balik antara berbagai komponen yang menyusun suatu pulau tersebut dan di dalamnya terjadi berbagai proses seperti rantai makanan, daur energi dan siklus materi.

Uraian pada bab ini bertujuan agar Anda memiliki wawasan tentang ekosistem pulau dan komponen-komponen penyusunnya baik faktor fisik dan faktor biologi serta interaksi dari tiap komponen tersebut.

A. CAPAIAN PEMBELAJARAN

Capaian dalam pembelajaran tentang ekosistem pulau adalah sebagai berikut:

5. Mendeskripsikan konsep ekosistem pulau dan komponen-komponen penyusunnya melalui kegiatan pengamatan,
6. Mendeskripsikan konsep ekosistem pesisir dan komponen-komponen penyusunnya melalui kegiatan pengamatan,
7. Mendeskripsikan konsep ekosistem akuatik dan *wetlands* dan komponen-komponen penyusunnya melalui pengamatan.

B. KEMAMPUAN AKHIR PEMBELAJARAN

Adapun tujuan akhir pembelajaran yang harus dicapai adalah sebagai berikut:

1. Menjelaskan tentang pengertian ekosistem pulau,
2. Menjelaskan tentang konsep ekosistem pulau dan kompoen-komponen penyusunnya,
3. Menyebutkan tipe dan asal mula pembentukan suatu pulau
4. Menyebutkan tipe dan asal mula pembentukan suatu pulau
5. Menjelaskan tentang ekosistem pesisir dan kompoen-komponen penyusunnya,

6. Menjelaskan tentang ekosistem aquatik dan *wetlands* serta kompoen-komponen penyusunnya sesuai hasil pengamatan,

C. MATERI PERKULIAHAN

1. Pendahuluan

Ekosistem yaitu suatu sistem ekologi yang terbentuk oleh hubungan timbal balik antara makhluk hidup dengan lingkungannya. Ekosistem terbentuk oleh komponen hidup yakni makhluk hidup dan komponen tak hidup di suatu tempat yang berinteraksi membentuk suatu kesatuan yang teratur. Keteraturan tersebut terjadi oleh adanya arus materi dan energi yang terkendali.

Berdasarkan fungsinya ekosistem terdiri dari komponen autotrofik dan komponen heterotrofik, sedangkan dari segi struktur ekosistem dapat dibedakan menjadi empat komponen yakni komponen tak hidup (abiotik), produsen, konsumen dan pengurai. Fungsi ekosistem ditunjukkan oleh berlangsungnya pertukaran materi dan transformasi energi yang sepenuhnya berlangsung di antara berbagai komponen dalam sistem itu sendiri atau dengan sistem lain di luarnya, sehingga terciptanya suatu proses kehidupan dalam ekosistem yang seimbang.

Proses kehidupan yang berlangsung di dalam suatu ekosistem ini pun dapat terjadi dimana saja termasuk di suatu

ekosistem pulau, karena pada suatu pulau juga terdapat komponen biotik dan abiotik, dan saling bekerjasama membentuk suatu sistem yang terjaga dan terpelihara dengan baik yang disebut ekosistem pulau.

2. Ekosistem Pulau dan Komponen Penyusunnya

Perlu diketahui bahwa pulau merupakan bagian wilayah daratan yang terbentuk di tengah laut, sehingga bila dilihat bahwa segundukan massa daratan yang muncul ke permukaan laut, maka serta merta orang mengatakannya sebagai pulau; namun beberapa saat kemudian yang terlihat sebagai pulau tadi bisa saja tidak terlihat nyata lagi dipermukaan, sehingga timbul pertanyaan apakah benar massa daratan yang terlihat itu dapat dikatakan sebagai pulau? Jawabannya tentu saja terpulang pada pemahaman kita tentang definisi pulau. "Pulau adalah massa daratan yang terbentuk secara alami, dikelilingi oleh air dan selalu berada/muncul di atas permukaan air ketika pasang tinggi"(IHO, 1993). Gambar masa daratan yang muncul di permukaan air ketika pasang tertinggi dapat dilihat pada (Gambar 1 dan 2) berikut ini.



(1)



(2)

Gambar 1. Pulau membentuk daratan yang luas, (2). Pulau yang tampak dari samping

Berbicara tentang batasan pulau terdapat beragam batasan yang digunakan. Berdasarkan SK Menteri Kelautan dan Perikanan No. 41 Tahun 2000 (DKP, 2001), yang dimaksud dengan pulau adalah pulau yang mempunyai luas area kurang dari atau sama dengan 10.000 km², dengan jumlah penduduk kurang dari atau sama dengan 200.000 orang. Batasan yang sama juga digunakan oleh Hess (1990), namun dengan jumlah penduduk kurang dari atau sama dengan 500.000 orang. Alternatif batasan pulau juga dikemukakan pada pertemuan CSC, 1984 yang menetapkan pulau kecil adalah pulau dengan luas area maksimum 5.000 km². Dengan berlandaskan pada kepentingan hidrologi (ketersediaan air tawar), ditetapkan oleh para ilmuwan batasan pulau kecil adalah pulau dengan ukuran kurang dari 1000 km² atau lebarnya kurang dari 10 km (Diaz dan Huertas, 1986). Namun demikian, ternyata banyak pulau yang berukuran antara 1000–2000 km² memiliki karakteristik dan permasalahan yang sama dengan pulau yang ukurannya kurang dari 1000 km².

Pembedaan lebih jauh juga dilakukan antara pulau kecil dan pulau sangat kecil, dimana pembedaan ini didasarkan pada keterbatasan sumberdaya air tawar baik air tanah maupun air permukaan; sehingga ditetapkan bahwa pulau dengan ukuran

tidak lebih besar dari 100 km² atau lebarnya tidak lebih besar dari 3 km dikategorikan sebagai pulau sangat kecil (UNESCO, 1991)

2. 1 Komponen Penyusun Ekosistem Pulau

a. Komponen Biotik

Komponen biotik yang terdapat pada suatu pulau terdiri dari komponen autotrofik yaitu organisme yang mampu menyediakan makanan sendiri berupa bahan-bahan organik yang berasal dari bahan-bahan anorganik dengan bantuan energi matahari (tumbuhan). Komponen heterotrofik yaitu organisme yang hanya mampu memanfaatkan bahan-bahan makanan yang telah tersedia (hewan dan mikroorganisme). Komponen tak hidup (abiotik, non-hayati) yaitu komponen fisik dan kimia seperti tanah, air, udara, sinar matahari.

1) Tumbuhan

Tumbuhan hijau mengubah CO₂ dan H₂O menjadi karbohidrat (glukosa = C₆H₁₂O₆) yaitu zat yang digunakan oleh manusia dan hewan untuk hidupnya. Proses ini disebut fotosintesis. Dalam proses ini energi matahari diubah menjadi energi kimia dan juga menghasilkan gas oksigen (O₂) yang esensial untuk pernafasan. Tumbuhan hijau berupa hutan mempunyai fungsi antara lain sebagai penyelenggara fotosintesis,

habitat organisme, sumber plasma nutfah, keindahan alam pulau, pencegahan erosi dan banjir.

2) Hewan

Diperlukan oleh manusia untuk kebutuhan pangan, membantu mengolah lahan pertanian, produksi bahan pangan, obat-obatan. Kotoran hewan dapat digunakan sebagai pupuk kompos untuk meningkatkan produktivitas pertanian.

3) Jasad renik (mikroorganisme)

Jasad renik mempunyai peran yang sangat penting dalam proses dekomposisi, dengan mengeluarkan berbagai enzim yang diperlukan untuk kelangsungan proses kimia yang spesifik. Bakteri berfungsi dalam dekomposisi bangkai hewan, sedangkan jamur (cendawan) dalam penguraian sisa-sisa tumbuhan atau kayu yang telah mati.

4) Manusia

Manusia sebagai salah satu makhluk penghuni pulau yang mampu mengelola alam termasuk makhluk hidup dan benda tak hidup lainnya. Berbeda dengan sumberdaya alam lainnya yang hanya merupakan penghasil energi, penggunaan sumberdaya manusia menyangkut dua hal yaitu manusia sebagai sumberdaya fisik dan sumberdaya mental yang memiliki kemampuan untuk alam atau pulau.

b. Komponen Abiotik

1). Tanah

Tanah merupakan kumpulan dari tubuh alam yang membangun suatu pulau. Tanah terdapat di atas permukaan bumi yang mengandung benda-benda hidup dan mampu mendukung pertumbuhan tanaman. Sebagai benda alami yang heterogen, penyusun utama tanah terdiri dari fase padat (bahan organik dan anorganik), cair dan gas yang bersifat dinamik, dan merupakan sistem terbuka. Bahan organik tanah terdiri dari (1) jaringan asli dari bagian baru yang mengalami dekomposisi yaitu sisa-sisa akar, batang, dan daun tumbuhan, dan (2) humus yaitu produk yang telah terdekomposisi, yang disintesiskan oleh mikroorganisme dan dimodifikasikan dari bahan aslinya secara menyeluruh. Tanah sebagai faktor produksi untuk sumberdaya alam pertanian, berperan sebagai sumber unsur hara bagi tumbuhan, sebagai matriks tempat akar tumbuhan tumbuh dan air tanah tersimpan, serta tempat unsur-unsur hara dan air ditambahkan.

2). Sumberdaya air

Air merupakan SDA yang mutlak diperlukan bagi kehidupan, baik manusia, hewan, maupun tumbuhan. Secara alamiah sumber-sumber air merupakan kekayaan alam yang dapat diperbaharui dan yang mempunyai

daya regenerasi yaitu yang selalu dalam sirkulasi yang disebut **daur hidrologi**.

3). Sumber daya fosil

SDA berupa bahan bakar fosil merupakan SDA yang tidak dapat diperbaharui, sehingga harus dipergunakan sebijaksana mungkin bagi pembangunan nasional tanpa menimbulkan pencemaran lingkungan. Bahan bakar fosil yang telah banyak digunakan adalah minyak bumi, batu bara dan gas alam.

4). Udara

Udara merupakan SDA yang sangat penting bagi kehidupan manusia. Udara berupa lapisan atmosfer yang mengelilingi bumi terdiri dari lapisan troposfer, stratosfer, mesosfer dan lapisan termosfer.

Lapisan troposfer adalah lapisan udara penyelubung bumi yang paling dekat dengan bumi, yaitu pada ketinggian 0 - 8 (9) km (di daerah Kutub) dan udara pada ketinggian 0 - 16 (19) km (di Ekuator). Adapun beberapa sifat troposfer yaitu : 1) hampir seragam terjadi penurunan suhu dengan bertambahnya ketinggian, 2) kecepatan angin bertambah sesuai ketinggian, 3) kelengasan bagian bawah tinggi, dan 4) ada gerakan udara vertikal.

Lapisan stratosfer letaknya di atas lapisan troposfer sampai ketinggian 50 km. Pada lapisan ini pola

perputaran angin tetap dengan kecepatan tinggi. Sampai pada ketinggian 20 km suhu tetap (isotermis) sedangkan pada ketinggian > 20 km suhu naik.

Lapisan mesosfer adalah lapisan udara setelah stratosfer sampai pada ketinggian 80 km. Pada lapisan ini suhu turun dengan cepat seiring dengan naiknya ketinggian.

Lapisan termosfer adalah lapisan udara pada ketinggian di atas 80 km. Pada lapisan ini suhu naik dengan cepat seiring dengan naiknya ketinggian.

Tinggi rendahnya suhu dipengaruhi oleh beberapa sebab pokok yaitu 1) susunan gunung, lembah dan daratan; 2) kehadiran bidang-bidang air yang luas; 3) ketinggian tempat di atas permukaan laut; 4) luas daerah pulau dan keadaan tumbuhan; 5) kelembaban, keadaan awan, serta arus angin.

5) Cuaca dan iklim

Cuaca dan iklim pada suatu pulau dapat dipandang sebagai faktor keselamatan, faktor penunjang, SDA selain faktor lingkungan abiotik. Perubahan cuaca disebabkan karena perubahan tinggi matahari dan karena sistem gerak udara secara luas. Perubahan cuaca di suatu tempat dapat terjadi karena adanya sistem gerakan, misalnya: 1) dilalui oleh sistem cuaca yang bergerak seperti awan atau hujan yang tertiuap angin, 2)

dilalui oleh masa udara yang bergerak, sedangkan jenis udara berbeda, 3) dilalui oleh sistem cuaca yang bergerak misalnya siklon-siklon tropis. Perubahan dari periode glasial dan interglasial dalam skala waktu zaman adalah contoh perubahan iklim. Cuaca dan iklim berfluktuasi dan berubah karena alam dan juga karena manusia.

6) **Faktor Pembatas**

Prinsip faktor pembatas menyebutkan bahwa satu faktor yang paling terbatas keberadaannya dalam ekosistem adalah faktor yang menentukan kehadiran ataupun ketidak hadirannya spesies tumbuhan atau hewan tertentu. Pada keadaan yang sebenarnya, mungkin suhu udara, jenis tanah, ataupun ketersediaan unsur hara, dapat menjadi faktor pembatas.

a) **Hukum Minimum Liebig**

Pada keadaan stabil atau mantap, kebutuhan materi esensial yang dibutuhkan organisme adalah dalam jumlah mendekati titik kritis minimum. Materi esensial yang berjumlah minim tersebut menjadi faktor pembatas. Misalnya di bidang pertanian, unsur Boron salah satu unsur mikro yang keberadaannya cukup langka dalam tanah, namun sangat esensial bagi pertumbuhan tanaman, menjadi faktor pembatas.

b) **Hukum Toleransi Shelford**

Ternyata yang menjadi faktor pembatas tak hanya jumlah minimum dari suatu zat esensial saja, tetapi jumlah zat esensial yang terlalu banyak juga akan menyebabkan kematian. Misalnya unsur Boron, jika terlalu banyak dapat menyebabkan kematian bagi tanaman, demikian juga dengan air dan cahaya.

Setiap organisme mempunyai batas ekologis minimum dan maksimum. Di antara batas minimum dan maksimum disebut batas toleransi. Konsep mengenai akibat faktor pembatas tersebut, baik minimum maupun maksimum digabung menjadi “Hukum Toleransi” yang pertama kali dikemukakan oleh V.E. Shelford tahun 1913.

Kegiatan Belajar 1

Pada suatu pulau terbentuk sebuah ekosistem yang sama dengan ekosistem yang ada pada bagian belahan bumi lainnya. Ekosistem pulau ini pun memiliki komponen-komponen penyusunnya yang tentu juga sama dengan bagian alam yang lain. Pada kegiatan belajar 1 yaitu melakukan pengamatan dengan langkah-langkah sebagai berikut:

- 1) Anda diminta untuk membentuk beberapa kelompok yang beranggotakan 3-5 orang

2) Kemudian amatilah sekeliling rumah atau tempat tinggal anda dan catat semua komponen biotik dan abiotik yang anda temukan.

No	Nama jenis	Komponen Biotik						Komponen Abiotik					
1.													
2.													
3.													
N													

3) Hasil pengamatan tersebut, dicatat pada tabel pengamatan, kemudian beri tanda centang pada komponen tersebut. Setelah itu diskusikan dengan teman sekelompokmu, selanjutnya buatlah kesimpulan.

4) Kemudian kumpulkan hasil diskusimu pada dosen pengampu matakuliah untuk dinilai

Pulau yang terbentuk pada suatu bentang alam dapat dikelompokkan atas 2 (dua) kelompok, yaitu: pulau oseanik dan pulaukontinental (sering disebut juga sebagai pulau besar). Selanjutnya pulau oseanik dapatdibagi atas 2 (dua) kategori, yaitu pulau vulkanik dan pulau koral/karang (Dahl, 1998; Salm *et al*, 2000). Sebagian besar pulau kecil adalah pulau oseanik, yang memiliki ciri-ciri yang berbeda dengan pulau kontinental, terlebih dengan benua, baik dilihat dari ukurannya maupun stabilitas dan penggunaannya.

2.2. Tipe dan Asal Pembentukan Pulau

Pulau atau kepulauan yang dapat digolongkan ke dalam beberapa tipe, sesuai asal pembentukannya berdasarkan proses geologi. Berikut ini disajikan tipe-tipe utama dan asal pembentukan pulau: Pulau Kontinental (*Continental Island*)

Pulau kontinental terbentuk sebagai bagian dari benua dan setelah itu terpisah dari daratan utama. Karena batuan di pulau kontinental berasal dari benua, maka tipe batuanannya beragam dari umur yang berbeda dengan struktur yang kompleks. Karena itu pulau kontinental memiliki beragam jenis tanah dan kaya akan mineral (Dahl, 1998). Biota yang terdapat di pulau-pulau tipe ini sama dengan yang terdapat di daratan utama. Contoh dari pulau tipe ini adalah Madagaskar, Kaledonia Baru, Selandia Baru, dan Seychelles.

Ada pula pulau kontinental yang bersatu dengan benua pada zaman Pleistocene, kemudian terpisah pada zaman Holocene ketika muka laut meninggi. Contoh dari pulau jenis ini adalah kepulauan Sunda Besar (Sumatera, Jawa, Kalimantan) dan Pulau Papua. Pulau Vulkanik (*Vulcanic Island*) Pulau vulkanik sepenuhnya terbentuk dari kegiatan gunung berapi, yang timbul secara perlahan-lahan dari dasar laut ke permukaan. Pulau jenis ini bukan merupakan bagian dari daratan benua, dan terbentuk di sepanjang pertemuan lempeng-lempeng tektonik, dimana lempeng-lempeng tersebut saling

manjauh. Tipe batuan dari pulau ini adalah basalt, silica (kadar rendah). Contoh pulau vulkanik yang terdapat di daerah pertemuan lempeng benua adalah kepulauan Sunda Kecil (Bali, Lombok, Sumba, Sumbawa, Flores, Wetar dan Timor). Ada pula pulau vulkanik yang membentuk untaian pulau-pulau dan titik gunung api (*hot spots*).

Pulau Karang Timbul (*Raised Coral Island*) Pulau karang timbul adalah pulau yang terbentuk oleh terumbu karang yang terangkat ke atas permukaan laut, karena adanya gerakan ke atas (*uplift*) dan gerakan ke bawah (*subsidence*) dari dasar laut akibat proses geologi. Pada saat dasar laut berada dekat permukaan (kurang dari 40 m), terumbu karang mempunyai kesempatan untuk tumbuh dan berkembang di dasar laut yang naik tersebut. Setelah berada di atas permukaan air laut, karang akan mati dan menyisakan terumbu. Jika proses ini berlangsung terus, maka akan terbentuk pulau karang timbul. Pada umumnya karang yang timbul ke permukaan laut berbentuk teras-teras seperti sawah dipegunungan. Proses ini dapat terjadi pada pulau-pulau vulkanik maupun non-vulkanik. Pulau karang timbul ini banyak dijumpai diperairan timur Indonesia, seperti di Laut Seram, Sulu, Banda. Akan tetapi pulau karang timbul ini juga dapat ditemui di daerah-daerah lain, seperti di barat laut Papua, Sulawesi, kepulauan Sunda Kecil, dan kepulauan sebelah barat Sumatera (Katili,1985). Contoh pulau

karang timbul ini adalah kepulauan Sangihe, Solor, Alor, Lembata, atau Adonara (Tomascik *et al*, 1997).

Pulau Daratan Rendah (*Low Island*) Pulau daratan rendah adalah pulau dimana ketinggian daratannya dari muka laut tidak besar. Pada umumnya pulau-pulau daratan rendah tergolong ke dalam pulau-pulau kecil, dimana pulau ini bisa berasal dari pulau vulkanik maupun non-vulkanik. Pulau-pulau dari tipe ini merupakan pulau yang paling rawan terhadap bencana alam, seperti taufan dan tsunami. Karena pulau tersebut relatif datar dan rendah, maka massa air dari bencana alam yang datang ke pulau tersebut akan masuk jauh ke tengah pulau. Contoh pulau daratan rendah adalah kepulauan Kayoa.

Pulau Atol (Atolls) Pulau atol adalah pulau karang yang berbentuk cincin, dan umumnya tergolong ke dalam pulau-pulau kecil. Pada dasarnya pulau ini adalah pulau vulkanik yang ditumbuhi oleh terumbu karang yang pada awalnya membentuk karang tepi (*fringing reef*), kemudian berkembang menjadi karang penghalang (*barrier reef*) dan terakhir berubah menjadi pulau atol. Proses pembentukan tersebut disebabkan oleh adanya gerakan kebawah (*subsidence*) dari pulau vulkanik semula, dan oleh pertumbuhan

2.3 Pulau Dataran

Secara topografi pulau dataran yang terdiri dari 3 (tiga) kelompok: pulau aluvium, pulau karang/koral dan pulau atol,

tidak memperlihatkan tonjolan morfologi yang berarti. Jenis batuan geologis pulau dataran umumnya berumur muda berupa endapan klastik jenis fluviatil dengan dasar yang terdiri dari lapisan endapan massif atau pecahan karang/koral.



Gambar 3. Pulau Dataran Contoh Pulau Halmahera

2.4 Pulau aluvium

Umumnya terbentuk di dataran pantai landai sebuah pulau atau di depan muara-muara sungai besar, dimana laju pengendapan sedimen lebih tinggi dibandingkan dengan laju erosi oleh arus dan gelombang laut. Potensi dan penyebaran air tanah ditemukan pada akuifer pasir di alur sungai atau dipasir sempadan pantai, dan dipengaruhi oleh perubahan musim. Sedimen pulau aluvium sebagian terbentuk oleh endapan sedimen klastik kasar, dan sebagian berpasir dan lempungan karang, serta ada juga yang bergambut dan ditumbuhi mangrove. Contoh pulau aluvium dapat dijumpai di lepas pantai timur Sumatera, di pantai selatan Papua serta di Morotai,



Gambar 4. Pulau Aluvium contoh Pulau Tabailenge di Morotai

2.5 Pulau Berbukit

Kelompok pulau berbukit yang terdiri dari 5 (lima) kelompok: pulau vulkanik, pulau tektonik, pulau teras terangkat, pulau petabah dan pulau genesis campuran, umumnya memperlihatkan morfologi dengan lereng yang lebih besar dari 10^0 dan elevasi lebih besar dari 100 m di atas permukaan laut.



Gambar 5. Pulau Berbukit contoh Pulau Ternate

2.6 Pulau vulkanik

Pulau vulkanik terbentuk dari endapan piroklasik, lava atau ignimbrit sebagai hasil kegiatan gunung berapi. Potensi air di pulau vulkanik bervariasi dari miskin sampai kaya, dan ditemukan pada lapisan breksi dengan matriks kasar di sekitar aliran lava atau di daerah rekahan. Contoh pulau vulkanik adalah Pulau Krakatau, Pulau Banda, Pulau Tidore dan Pulau Gunung Apiaktif di Ternate, Pulau Kie Besi di Makian dan Pulau Dukono di Ibu.

2.7 Pulau tektonik

Pulau tektonik terbentuk akibat proses tektonik, terutama pada zona tumbukan antar lempeng. Air di pulau tektonik lebih banyak dijumpai sebagai aliran sungai, dan sangat sedikit air tanah. Contoh pulau tektonik adalah Pulau Nias, Pulau Siberut dan Pulau Enggano.

2.8 Pulau teras terangkat

Pembentukan pulau teras terangkat sama dengan pulau tektonik, namun pada saat pengangkatan disertai pembentukan teras yang sebagian besar terdiri dari koral. Pulau teras terangkat banyak dijumpai di Indonesia bagian timur, misalnya Pulau Ambon dan Pulau Biak (Gambar 8). Potensi air permukaan di pulau ini sedikit tapi air tanahnya cukup banyak, terutama apabila batuan alas pulau ini terdiri dari endapan

yang kedap air, sehingga memungkinkan air tersimpan di dalam akuifer batu gamping.

2.9 Pulau petabah (*monadnock*)

Terbentuk di daerah yang stabil secara tektonik, dengan litologi pembentukan terdiri atas batuan ubahan (metamorf), intrusi dan sedimen yang terlipat dan berumur tua. Air tanah di pulau ini terbatas jumlahnya, dan terdapat pada batuan sedimen muda, lapisan lapuk atau rekahan. Contoh pulau petabah adalah: Pulau Batam, Pulau Bintan dan Pulau Belitung.

2.10 Pulau genesis campuran

Pulau ini terbentuk dari gabungan dua atau lebih genesis pulau-pulau tersebut di atas. Potensi air di pulau genesis campuran tergantung pada genesis pulau yang bergabung, dan dapat berupa sumber mata air yang mengalir sepanjang tahun maupun aliran air permukaan dengan jumlah yang biasanya terbatas. Contoh pulau genesis campuran adalah Pulau Haruku, Pulau Nusa Laut, Pulau Kisar dan Pulau Rote

Kegiatan belajar 2

Pada kegiatan belajar 2 ini anda diminta untuk mempelajari dengan seksama gambar pulau berikut ini:



(a)

(b)

(c)

Dari ke-3 gambar pulau di atas anda diminta untuk:

1. Melakukan identifikasi dan menentukan tipe dan asal mula pembentukan pulau tersebut.
2. Mana yang termasuk pulau gunung berapi
3. Apa nama ketiga pulau tersebut dan dimana letaknya

3. Ekosistem Pesisir dan komponen Penyusunnya

Ekosistem pesisir adalah ekosistem yang berada di daerah pesisir pantai, contoh ekosistem pesisir adalah ekosistem mangrove, ekosistem lamun (*seagrass*), dan ekosistem terumbu karang. Dari ekosistem pesisir ini, masing masing ekosistem mempunyai sifat-sifat dan karakteristik yang berbeda beda. Berikut merupakan penjelasan dari ekosistem pesisir dan komponen-komponen pendukungnya :

3.1 Pasang Surut

Daerah yang terkena pasang surut itu bermacam-macam antara lain gisik, rataan pasang surut. Lumpur pasang surut, rawa payau, delta, rawa mangrove, dan padang rumput (*sea grass beds*). Rataan pasang surut (rataan pasut) adalah suatu zonasi pesisir yang pembentukannya bermacam-macam, tetapi umumnya halus, pada rataan pasut umumnya terdapat pola sungai yang saling berhubungan dengan sungai utamanya halus, dan masih labil. Artinya Lumpur tersebut dapat cepat berubah apabila terkena arus pasang. Pada umumnya rataan pasut telah bervegetasi tetapi belum terlalu rapat, sedangkan lumpur pasut belum bervegetasi.

3.2 Estuaria

Eustaria adalah muara pasang surut dari sungai yang besar. Batasan yang umum digunakan saat sekarang, eustaria adalah suatu tubuh perairan pantai yang semi tertutup, yang mempunyai hubungan bebas dengan laut terbuka dan di dalamnya air laut terencerkan oleh air tawar yang berasal dari drainase daratan. Eustaria biasanya sebagai pusat bermukimnya berbagai kehidupan. Fungsi dari eustaria cukup banyak antara lain: merupakan daerah mencari ikan, tempat pembuangan limbah, jalur transportasi, sumber kebutuhan air untuk berbagai industri dan tempat rekreasi.

3.3 Hutan Mangrove

Hutan mangrove dapat ditemukan pada daerah yang berlumpur seperti pada rata-rata pasang, Lumpur pasang dan eustaria, pada mintakat litoral. Penyebarannya terutama di daerah tropis dan subtropis, hutan mangrove adalah tumbuhan yang hidup dengan bermacam-macam jenis, terdiri dari pohon dan semak yang dapat mencapai ketinggian 30 m. Spesies mangrove cukup banyak pada suatu area dan pada umumnya dapat tumbuh pada air payau dan air tawar. Fungsi dari mangrove antara lain sebagai perangkap sedimen dan mengurangi abrasi.



Gambar 6. Tumbuhan Mangrove yang tumbuh di ekosistem pesisir

3.4 Padang Lamun (*Sea Grass Beds*)

Lamun merupakan tumbuhan laut monokotil yang secara utuh memiliki perkembangan sistem perakaran dan rhizoma yang baik. Pada sistem klasifikasi, lamun berada pada Sub kelas Monocotyledoneae, kelas Angiospermae. Dari 4 famili lamun yang diketahui, 2 berada di perairan Indonesia yaitu

Hydrocharitaceae dan *Cymodoceae*. Famili *Hydrocharitaceae* dominan merupakan lamun yang tumbuh di air tawar sedangkan 3 famili lain merupakan lamun yang tumbuh di laut.

Padang lamun berperan sebagai habitat berbagai biota laut, karena padang lamun merupakan ekosistem yang produktifitas yang tinggi, dengan keanekaragaman biotanya. Pada ekosistem ini hidup beranekaragam biota laut seperti ikan, Crustasea, Moluska (*Pinna sp.*, *Lambis sp.*, dan *Strombus sp.*), Echinodermata (*Holothuria sp.*, *Synapta sp.*, *Diadema sp.*, *Arcbaster sp.*, *Linckia sp.*) dan cacing (*Polichaeta*) (Bengen, 2001).

Selain mempunyai peran sebagai produktivitas primer, lamun juga mempunyai peran penting yang mengakibatkan biota disekitar padang lamun sangat beragama. Berikut biota yang sering ditemukan dalam ekosistem padang lamun.



Gambar 7. Tumbuhan Lamun

a. Fauna.

Komunitas lamun dihuni oleh banyak jenis hewan bentik, organisme demersal serta pelagis yang menetap maupun yang tinggal sementara disana. Spesies yang sementara hidup di lamun biasanya adalah juvenil dari sejumlah organisme yang mencari makanan serta perlindungan selama masa kritis dalam siklus hidup mereka, atau mereka mungkin hanya pengunjung yang datang ke padang lamun setiap hari untuk mencari makan misalnya pada hewan-hewan berikut ini.

b. Crustacea.

Crustacea yang berasosiasi dengan lamun merupakan komponen penting dari jaring makanan di lamun. Bentuk crustacea infaunal maupun epifaunal berhubungan erat dengan produsen primer dan berada pada tingkatan trofik yang lebih tinggi, karena selama masa juvenil dan dewasa mereka merupakan sumber makanan utama bagi berbagai ikan dan invertebrata yang berasosiasi dengan lamun. Padang lamun diketahui merupakan habitat kritis bagi udang penaeid komersial penting (seperti *Penaeus esculentus* dan *P. semisulcatus*) (Bell dan Pollard 1989; Coles et al. 1993; Mellors dan Marsh 1993; Watson et al. 1993) dan lobster berduri (*Panulirus ornatus*). (Bell dan Pollard 1989; Poiner et al. 1989), yang tergantung pada lamun sebagai tempat mencari makan serta berlindung selama masa postlarva dan juvenil dari siklus hidup mereka.



Gambar 8. Udang-udangan

c. Moluska.

Moluska adalah salah satu kelompok makroinvertebrata yang paling banyak diketahui berasosiasi dengan lamun di Indonesia, dan mungkin yang paling banyak dieksploitasi. Sejumlah studi tentang moluska di daerah subtropik telah menunjukkan bahwa moluska merupakan komponen yang paling penting bagi ekosistem lamun, baik pada hubungannya dengan biomasa dan perannya pada aliran energi pada sistem lamun. Moluska utama pada padang lamun subtropis adalah detritivor dengan sangat sedikit yang langsung memakan lamun (Kikuchi 1980). Gastropoda cenderung memakan perfiton (Klumpp *et al.* 1989).



Gambar 9. Molusca

d. Echinodermata.

Hewan Echinodermata adalah komponen komunitas bentik di lamun yang lebih menarik dan lebih memiliki nilai ekonomi. Lima kelas echinodermata ditemukan pada ekosistem lamun di Indonesia. Echinodermata secara ekonomi meliputi: 1. Holothuroidea (timun laut atau teripang); 2. Echinoidea (bulu babi); 3. Asteroidea (Bintang laut); 4. Ophiuroidea (Bintang Laut Ular); 5. Crinoidea . Dari lima kelas yang ada, Echinoidea adalah kelompok yang paling penting di ekosistem lamun, karena hewan ini adalah kelompok pemakan lamun yang utama (Lawrance 1975, Greenway 1976).

Echinodermata pada umumnya beberapa holothuroidea, mencari makan pada malam hari. Jenis *Tripneustes gratilla* dan *Salmacis sphaeroides* mencari makan secara terus menerus siang dan malam. Hewan-hewan ini mencari sampai ke dasar substrat, memakan alga, serasah lamun dan daun lamun yang masih hidup (Klumpp *et al.*, 1993).



Gambar 10. Bintang Laut

e. Ikan

Di sepanjang jarak distribusinya, ekosistem lamun, baik yang luas ataupun sempit adalah habitat yang penting bagi bermacam-macam spesies ikan (Kikuchi, 1980; Pollard 1984; Bell dan Pollard 1989). Karakteristik utama kumpulan ikan yang berasosiasi dengan lamun. Berdasarkan Bell dan Pollard (1989) dengan beberapa perubahan, karakteristik-karakteristiknya adalah :

1. Keanekaragaman dan kelimpahan ikan di padang lamun lebih tinggi daripada pada substrat kosong.
2. Lamanya asosiasi ikan-lamun berbeda-beda diantara spesies dan tingkatan siklus hidup.
3. Sebagian besar asosiasi ikan dengan padang lamun didapatkan dari plankton, jadi padang lamun adalah daerah asuhan untuk banyak spesies yang mempunyai nilai ekonomi penting.
4. Zooplankton dan epifauna krustasean adalah makanan utama ikan yang berasosiasi dengan lamun, pengurai dan komponen infauna dari jarring-jaring makanan di lamun yang dimanfaatkan oleh ikan
5. Perbedaan yang jelas (pembagian sumberdaya) pada komposisi spesies terjadi dibanyak padang lamun.

6. Hubungan yang kuat terjadi antara padang lamun dan habitat yang berbatasan, kelimpahan spesies ikan di padang lamun tergantung pada tipe (terumbu karang, estuaria, mangrove) dan jarak dari habitat yang terdekat, seperti pada siklus malam hari.
7. Kumpulan ikan di padang lamun berbeda seringkali dengan habitat yang berdekatan lainnya.



Gambar 11. Ikan di wilayah laut dalam

3.5 Terumbu Karang

Ekosistem terumbu karang merupakan ekosistem dengan tingkat keanekaragaman tinggi dimana di Wilayah Indonesia yang mempunyai sekitar 18% terumbu karang dunia, dengan keanekaragaman hayati tertinggi di dunia (lebih dari 18% terumbu karang dunia, serta lebih dari 2500 jenis ikan, 590 jenis karang batu, 2500 jenis Moluska, dan 1500 jenis udang-udangan) merupakan ekosistem yang sangat kompleks.

Dapat hidup pada kedalaman hingga 50 meter, memerlukan intensitas cahaya yang baik untuk dapat melakukan proses fotosintesis, salinitas 30-35ppt merupakan syarat batas untuk terumbu karang agar dapat hidup disuatu perairan. Selain berfungsi sebagai tempat tinggal banyak biota, letaknya yang berada diujung/bibir pantai juga bermanfaat sebagai pemecah gelombang alami. Keindahannya dengan warna-warni ikan dan karang membuat terumbu karang dapat menjadi obyek wisata air, baik snorkeling ataupun selam.



Gambar 12. Terumbu karang

3.6 Pengelolaan Pesisir Secara Berkelanjutan

Pengelolaan pesisir dikatakan berkelanjutan, apabila kegiatan pembangunan secara ekonomis, ekologis dan sosial politik bersifat berkelanjutan. Berkelanjutan secara ekonomi berarti bahwa suatu kegiatan pembangunan harus dapat membuahkan pertumbuhan ekonomi, pemeliharaan capital (capital maintenance), dan penggunaan sumberdaya serta

investasi secara efisien. Berkelanjutan secara ekologis mengandung arti, bahwa kegiatan dimaksud harus dapat mempertahankan integritas ekosistem, memelihara daya dukung lingkungan, dan konservasi sumber daya alam termasuk keanekaragaman hayati (biodiversity), sehingga diharapkan pemanfaatan sumberdaya dapat berkelanjutan. Sementara itu, berkelanjutan secara sosial politik mensyaratkan bahwa suatu kegiatan pembangunan hendaknya dapat menciptakan pemerataan hasil pembangunan, mobilitas sosial, kohesi sosial, partisipasi masyarakat, pemberdayaan masyarakat (dekratisasi), identitas sosial, dan pengembangan kelembagaan (Wiyana, 2004).

Daerah pesisir di Indonesia sebenarnya telah mendapat persetujuan dalam mengatur, mengelola, atau memberdayakan daerahnya masing masing, seperti dibahas pada Undang-Undang No 22 Tahun 1999 tentang Pemerintah Daerah memberikan kewenangan yang luas kepada Daerah Kabupaten dan Kota untuk mengatur dan mengurus kepentingan masyarakatnya sendiri berdasarkan aspirasi masyarakat setempat sesuai dengan peraturan perundang-undangan. Pasal 10 ayat (2) Undang-Undang Nomor 22 Tahun 1999 menyatakan kewenangan daerah di wilayah laut adalah :

- Eksplorasi, eksploitasi, konservasi, dan pengelolaan kekayaan laut sebatas wilayah laut tersebut

- Pengaturan kepentingan administratif
- Pengaturan ruang
- Penegakan hukum terhadap peraturan yang dikeluarkan oleh Daerah atau yang dilimpahkan kewenangannya oleh Pemerintah
- Bantuan penegakan keamanan dan kedaulatan Negara.

3.7 Pemanfaatan dan Pengelolaan Potensi Wilayah Pesisir di Maluku Utara

Berdasarkan pengalaman yang sudah berjalan selama ini, daerah pesisir di Maluku Utara yang kebanyakan ditinggali oleh para nelayan, merupakan daerah yang belum sepenuhnya digali potensinya, hal ini berkaitan dengan para nelayan itu sendiri sekedar memanfaatkan hasil dari laut berupa ikan, rumput laut, terumbu karang, lamun, dan sebagainya hanya untuk memenuhi kebutuhan hidupnya. Sehingga secara garis besar, potensi pesisir yang diberdayakan oleh para masyarakat sekitar hanya terbatas untuk memenuhi kebutuhan hidupnya.

Sedangkan pemanfaatan potensi daerah pesisir secara besar-besaran untuk mendapatkan keuntungan secara ekonomis dalam rangka peningkatan pertumbuhan perekonomian rakyat belum banyak dilakukan. Pemanfaatan pesisir untuk usaha ekonomi dalam skala besar baru dilakukan pada sebagian wilayah di Maluku Utara yang berada di daerah pesisir. Pada umumnya usaha ekonomi pemanfaatan daerah pesisir ini bergerak disektor pariwisata namun belum banyak berhasil

serta kesadaran masyarakat yang masih minim tentang pengelolaan wilayah pesisir ini.

Mengingat kewenangan daerah untuk melakukan pengelolaan bidang kelautan yang termasuk juga daerah pesisir masih merupakan kewenangan baru bagi daerah, maka pemanfaatan potensi daerah pesisir ini belum sepenuhnya dilaksanakan secara baik. Jadi belum semua daerah pesisir melakukan dan memanfaatkan potensi daerah pesisir ini.

3.8 Permasalahan dan Ancaman Potensi Wilayah Pesisir di Maluku Utara

Pemanfaatan dan pengelolaan daerah pesisir yang dilakukan oleh masyarakat maupun daerah sebagian belum memenuhi ketentuan pemanfaatan sumber daya alam secara lestari dan berkelanjutan. Hal ini akan berpengaruh terhadap kondisi dan kelestarian pesisir dan lingkungannya. Penyebab degradasi kondisi daerah pesisir secara tidak langsung juga disebabkan oleh pengelolaan sumber daya alam di hulu yang berpengaruh terhadap muara di pesisir.

Kebijakan reklamasi yang tidak berdasarkan kepada analisa dampak lingkungan pada beberapa daerah juga berpengaruh terhadap ekosistem dipesisir. Perizinan pengembangan usaha bagi kelangan dunia usaha selama ini sebagian besar menjadi kewenangan pusat. Kadangkala dalam

hal ini pemberian izin tersebut tanpa memperhatikan kepentingan daerah dan masyarakat setempat.

Jika kita perhatikan berbagai permasalahan yang timbul dalam pemanfaatan dan pengelolaan daerah pesisir dapat disimpulkan beberapa permasalahan sebagai berikut :

- Pemanfaatan dan pengelolaan daerah belum diatur dengan peraturan perundang-undangan yang jelas, sehingga daerah mengalami kesulitan dalam menetapkan sesuatu kebijakan.
- Pemanfaatan dan pengelolaan daerah pesisir cenderung bersifat sektoral, sehingga kadangkala melahirkan kebijakan yang tumpang tindih satu sama lain.
- Pemanfaatan dan pengelolaan daerah pesisir belum memperhatikan konsep daerah pesisir sebagai suatu kesatuan ekosistem yang tidak dibatasi oleh wilayah administratif pemerintahan, sehingga hal ini dapat menimbulkan konflik kepentingan antar daerah.
- Kewenangan daerah dalam rangka otonomi daerah belum dipahami secara komprehensif oleh para stakeholders, sehingga pada setiap daerah dan setiap sector timbul berbagai pemahaman dan penafsiran yang berbeda dalam pemanfaatan dan pengelolaan daerah pesisir.

3.9 Peran dan Partisipasi Aktif Untuk Melestarikan Ekosistem Pesisir

Dalam upaya menjaga dan merawat kelestarian ekosistem pesisir, bukan hanya warga masyarakat yang bertugas merawat dan melestarikan ekosistem pesisir. Melainkan hal ini membutuhkan banyak dukungan dan upaya dari pemerintah serta semua elemen masyarakat. Agar hal ini dapat dilakukana dengan menggunakan beberapa tahapan baik secara struktural maupun non-struktural. Sepertinya pendekatan dengan cara non-struktural atau lebih dikatakan dengan pendekatan subyektif. Pendekatan ini adalah pendekatan yang menempatkan manusia sebagai subyek yang mempunyai keleluasaan untuk berinisiatif dan berbuat menurut kehendaknya. Pendekatan tersebut berasumsi bahwa masyarakat lokal dengan pengetahuan, keterampilan dan kesadarannya dapat meningkatkan peranannya dalam perlindungan sumber daya alam sekitarnya. Karena itu, salah satu upaya untuk meningkatkan peran masyarakat lokal dalam pengelolaan sumber daya alam dan wilayah pesisir dan laut adalah dengan meningkatkan pengetahuan, keterampilan dan kesadaran masyarakat untuk berrbuat sesuatu demi melindungi sumberdaya alam. Pengetahuan dan keterampilan tersebut tidak harus berkaitan langsung dengan upaya-upaya penanggulangan masalah kerusakan sumberdaya alam, tetapi juga hal-hal yang berkaitan dengan usaha ekonomi, terutama

dalam rangka membekali masyarakat dengan usaha ekonomi alternative sehingga tidak merusak lingkungan, antara lain yaitu :

- Peningkatan pengetahuan dan wawasan lingkungan
- Pengembangan keterampilan masyarakat
- Pengembangan kapasitas masyarakat
- Pengembangan kualitas diri
- Peningkatan motivasi masyarakat untuk berperan serta
- Penggalian dan pengembangan nilai tradisional masyarakat

Oleh karena itu, pelestarian ekosistem pesisir merupakan tanggungjawab seluruh umat manusia. Meskipun, untuk kejadian proses alam lingkungan sekitar dan interaksi antara faktor abiotik dan biotik serta perubahan ekologis hanya bisa di pahami oleh ilmuwan dan pakar lingkungan, basis data yang didapat dari mereka bisa digunakan untuk sumber informasi untuk disebarakan lebih luas agar semua masyarakat dapat ikut melestarikan dan menjaga ekosistem pesisir sehingga proses pengelolaan ekosistem pesisir bisa berjalan tidak hanya untuk jangka pendek, hingga jangka panjang.

3.10 Cara Perlindungan dan Pelestarian Ekosistem Pesisir

Banyak elemen masyarakat yang kurang peka terhadap kelestarian dan keberlanjutan sumberdaya ekosistem pesisir, hal ini apabila tidak di tanggapi secara serius akan menimbulkan dampak yang cukup berbahaya ke depannya. Kita tidak

mungkin juga hanya bisa menikmati keindahan suatu tempat tanpa memikirkan dampak jangka panjangnya bagi generasi penerus. Berikut merupakan tahapan yang dapat digunakan untuk perlindungan maupun pelestarian ekosistem pesisir, diantaranya adalah :

- **Restorasi**, dimaksudkan sebagai upaya untuk menata kembali kawasan pesisir sekaligus melakukan aktivitas penghijauan. Untuk melakukan restorasi perlu memperhatikan pemahaman pola hidrologi, perubahan arus laut, tipe tanah.
- **Reorientasi**, dimaksudkan sebagai sebuah perencanaan pembangunan yang berparadigma berkelanjutan sekaligus berwawasan lingkungan. Sehingga motif ekonomi yang cenderung merusak akan mampu diminimalisasi
- **Responsivitas**, dimaksudkan sebagai sebuah upaya dari pemerintah yang peka dan tanggap terhadap problematika kerusakan ekosistem pesisir. Hal ini dapat ditempuh melalui gerakan kesadaran pendidikan dini, maupun advokasi dan riset dengan berbagai lintas disiplin keilmuan
- **Rehabilitasi**, gerakan rehabilitasi dimaksudkan sebagai upaya untuk mengembalikan peran ekosistem pesisir sebagai penyangga kehidupan biota laut. Salah satu

wujud kongkrit pelaksanaan rehabilitasi yaitu dengan menjadikan kawasan pesisir sebagai area konservasi yang berbasis pada pendidikan (riset) dan ekowisata

- **Responsibility**, dimaksudkan sebagai upaya untuk menggalang kesadaran bersama sekaligus meningkatkan partisipasi masyarakat.
- **Regulasi**, dalam hal ini setiap daerah pasti mempunyai Perda yang telah diatur secara jelas dan gamblang. Maka dari itu, perlu kesadaran dan kewajiban untuk memenuhi perda yang telah ada dan telah dibuat. Ini bisa dijadikan sebuah *punishment* apabila tidak dijalankan secara serius. *Punishment* harus dijalankan guna membentuk sikap yang sadar akan Perda yang telah diatur demi keberlangsungan ekosistem pesisir di masa depan.

4. Ekosistem Aquatik dan Komponen Penyusunnya

Pengertian Ekosistem Akuatik (perairan) adalah tipe ekosistem yang sebagian lingkungan fisiknya didominasi oleh air. Ekosistem akuatik dipengaruhi oleh empat faktor, yaitu penetrasi cahaya matahari, substrat, temperatur, dan jumlah material terlarut. Akan tetapi, faktor penentu utama dari ekosistem perairan adalah jumlah garam terlarut di dalam air. Jika perairan tersebut sedikit mengandung garam terlarut

disebut ekosistem air tawar. Sebaliknya, jika mengandung kadar garam yang tinggi, maka disebut ekosistem laut.

4.1 Ekosistem Air Tawar

Air tawar hanya meliputi 1% dari total air di bumi. Jumlah air tawar tersebut jauh lebih kecil jika dibandingkan air laut (97%) dan es (270). Ekosistem air tawar dapat dibedakan atas dua kategori. **Pertama**, ekosistem air tawar yang airnya tenang atau diam, contohnya danau, kolam, dan rawa. **Kedua**, ekosistem air tawar yang airnya senantiasa bergerak, contohnya sungai dan parit. Berikut ini akan dibahas salah satu contoh dari ekosistem air tawar, yaitu danau. Danau yang berukuran besar cenderung memiliki banyak kesamaan ciri dengan laut. Berikut ini dicontohkan beberapa ekosistem air tawar yang diam terdapat pada (Gambar 9) berikut ini:



Gambar 13. Ekosistem Air tawar yang diam contoh danau Laguna Ternate
Sumber: Foto A. R. Tolangara, 2016

Pada danau yang dalam terdapat suatu zona efotik (fotik) yang di dalamnya dihuni oleh berbagai jenis fitoplankton dan zooplankton. Pada umumnya, danau dibedakan atas tiga zona utama, yaitu zona litoral, limnetik, dan profundal. Zona litoral merupakan daerah tepi danau yang kebanyakan berupa perairan dangkal. Pada zona tersebut tumbuh berbagai macam tumbuhan yang akarnya menempel pada substrat atau dasar perairan dengan daunnya yang mengapung atau menjulur di dalam air. Contoh tumbuhan tersebut antara lain adalah Elodea, Chara, dan Nelumbo. Selain itu, pada zona tersebut juga banyak dihuni oleh ganggang dan berbagai jenis plankton.

Pada zona litoral tersebar berbagai jenis hewan, baik berupa invertebrata (udang, serangga, siput, dan cacing) maupun vertebrata (katak, ikan, dan penyu). Zona limnetik merupakan daerah perairan terbuka yang pada kedalaman tertentu masih dapat ditembus oleh cahaya matahari sehingga fotosintesis dapat terjadi. Pada zona limnetik, hidup beberapa fitoplankton dan ganggang biru-hijau.

Di bawah zona limnetik terdapat zona profundal. Zona tersebut kurang mendapat cahaya matahari sehingga kegiatan fotosintesis tidak pernah terjadi. Pada zona profundal biasa hidup dekomposer dan pemakan detritus. Produktivitas danau ditentukan oleh beberapa faktor, misalnya suhu, penetrasi cahaya matahari, dan nutrisi. Suhu yang rendah cenderung bersifat mengurangi kegiatan fotosintesis. Zona litoral biasanya

bersifat produktif (kaya dengan nutrisi), karena sebagian besar perairannya dapat ditembus cahaya sehingga fotosintesis dapat terjadi. Daerah tersebut juga menjadi hangat sebagai akibat dari pancaran cahaya matahari. Zona litoral yang kaya dengan nutrisi dan hangat dikenal sebagai danau eutrofik, sedangkan zona profundal yang miskin nutrisi dan dingin dikenal sebagai danau oligotropik. Kemudian akan ditunjukkan ekosistem air tawar yang mengalir.



(a)



(b)

Gambar 14. (a) Ekosistem air Tawar mengalir contoh Kali Madorou di Anggai Obi

(b) Ekosistem air Tawar mengalir contoh Air Terjun Tiga Bidadari di Halmahera Timur

4.2 Ekosistem Laut

Hampir 71% dari permukaan bumi tertutup oleh laut. Rata-rata salinitas (kadar garam) laut adalah 3%, tetapi angka ini bervariasi dari satu wilayah ke wilayah yang lain sesuai

dengan kedalaman dan geografinya. Salinitas tertinggi terdapat di daerah tropis. Pada daerah tropis, suhu yang tinggi menyebabkan laju penguapan berlangsung cepat sehingga salinitas laut menjadi tinggi. Contohnya, laut merah memiliki salinitas 4%. Sebaliknya, pada geografi yang lebih tinggi, proses penguapan berkurang sehingga salinitasnya rendah. Contohnya, laut baltik dengan salinitas:



Gambar 15. Ekosistem laut dengan Pulaunya yang indah

Sumber: Foto A.R. Tolangara, 2016

4.2.1 Ekosistem Laut Pelagik

Di daerah perairan laut terbuka, dapat ditemukan berbagai jenis udang, ikan, dan paus yang berenang mencari makanan. Daerah ditemukannya hewan tersebut dikenal sebagai zona pelagik, dan ekosistem demikian disebut ekosistem laut pelagik. Seperti pada semua ekosistem, makhluk hidup penghuni dasar piramida energi adalah berupa makhluk hidup fotosintetik. Di laut kebanyakan makhluk hidup tersebut

adalah berupa fitoplankton. Fitoplankton tersebut biasa ditemukan pada zona fotik, yaitu bagian laut yang masih dapat ditembus cahaya.



Gambar 16. Zona Fotik pada Bagian Laut

Zooplankton sering kali berada lebih dalam dibanding fitoplankton. Akan tetapi, mereka biasa bermigrasi ke atas pada malam hari dan memakan sejumlah besar populasi fitoplankton. Faktor utama yang mempengaruhi komunitas laut adalah macam dan jumlah material terlarut di dalam air. Mungkin yang lebih penting adalah jumlah nutrisi bagi makhluk hidup fotosintetik. Fosfor, nitrogen, dan karbon diperlukan sebagai materi pembentuk kehidupan baru yang tersedia dalam jumlah sedikit di dalam air.

4.2.2 Ekosistem Laut Bentik

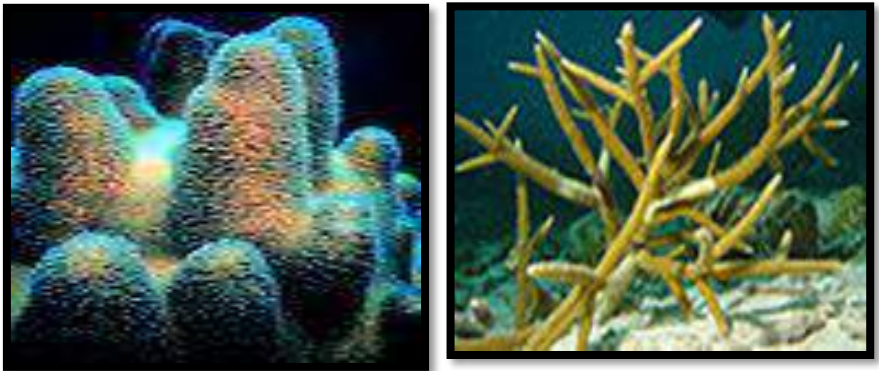
Organisme yang hidup pada dasar laut, baik yang melekat ataupun tidak disebut bentik dan macam ekosistem

yang mengandung makhluk hidup demikian disebut ekosistem bentik. Berbagai jenis ikan, kerang, tiram, udang, spons, anemon laut, dan makhluk hidup lainnya hidup pada dasar perairan. Substrat sangat berperan penting dalam menentukan jenis komunitas bentik. Substrat berpasir kurang mendukung untuk pertumbuhan tumbuhan air dan ganggang. Sebaliknya, substrat tersebut sangat baik sebagai habitat bagi kebanyakan kerang, cacing, dan udang kecil. Substrat lumpur biasanya memiliki sedikit oksigen, tetapi masih memungkinkan untuk dihuni oleh makhluk hidup penyaring makanan. Substrat berbatu adalah habitat yang sesuai bagi berbagai macam ganggang berukuran besar. Pada laut yang dalam terdapat suatu ekosistem yang sangat bergantung pada materi organik dari zona fotik.

Daerah tersebut dikenal sebagai zona abisal dan ekosistemnya disebut ekosistem abisal. Pada umumnya, makhluk hidup dilingkungan tersebut adalah berupa hewan pemakan bangkai (scavenger). Suhu juga berpengaruh terhadap komunitas bentik. Beberapa komunitas, seperti terumbu karang dan hutan bakau (mangrove) hanya ditemukan di daerah perairan yang hangat.

Ekosistem terumbu karang tersusun dari sejumlah besar hewan karang yang memiliki cangkang. Hewan tersebut mampu menyembul dari cangkangnya untuk menangkap makartan dan membuka diri ke arah cahaya. Keadaan demikian

menjadi penting karena di dalam tubuh hewan tersebut terdapat ganggang bersel tunggal. Dengan adanya cahaya, ganggang dapat mengadakan fotosintesis sehingga memberi keuntungan bagi hewan karang dan ganggang itu sendiri. Hubungan simbiotik mutualisme demikian merupakan dasar utama bagi produktivitas komunitas makhluk hidup. Ekosistem terumbu karang umumnya ditemukan di daerah ekuator (khatulistiwa), yaitu di daerah perairan dangkal dan bersih.



Gambar 17. Berbagai jenis dan bentuk karang

Karang merupakan tempat bagi berbagai jenis ikan, udang, spons, kerang, dan siput merupakan anggota dari ekosistem terumbu karang. Terumbu karang dianggap sebagai salah satu ekosistem yang paling produktif di dunia. Ekosistem rawa mangrove biasanya mendiami suatu bagian wilayah pantai. Makhluk hidup yang dominan hidup di sana adalah berupa tumbuhan khusus yang mampu bertahan terhadap salinitas yang tinggi dari laut. Tumbuhan tersebut memiliki

benih yang dapat mengapung di air. Jika benih jatuh ke lumpur, benih segera tumbuh menjadi tumbuhan dan kelak berkembang menjadi hutan bakau. Pada daerah hutan bakau, hidup ketam, ubur-ubur, spons, dan ikan. Sedimen yang terperangkap pada hutan bakau lama kelamaan akan berkembang menjadi ekosistem terestrial.

4.2.3 Wetlands (Lahan basah)

Lahan basah (*wetlands*) adalah wilayah daratan yang digenangi air atau memiliki kandungan air yang tinggi, baik permanen maupun musiman. Ekosistemnya mencakup rawa, danau, sungai, hutan mangrove, hutan gambut, hutan banjir, limpasan banjir, pesisir, sawah, hingga terumbu karang. Lahan ini bisa ada di perairan tawar, payau maupun asin, proses pembentukannya bisa alami maupun buatan. Lahan basah memiliki peran penting dalam kehidupan umat manusia. Ekosistemnya menyediakan air bersih, keanekaragaman hayati, pangan, berbagai material, mengendalikan banjir, menyimpan cadangan air tanah, dan mitigasi perubahan iklim.

Wetlands dengan karakteristik kering, basah, maupun lembab, merupakan karakteristik dasar yang selalu berubah. Perubahan yang terjadi secara terus-menerus membuat *wetlands* menjadi kaya akan vegetasi dan bervariasi seperti hutan hujan. Sistem ekologi perairan dangkal ini merupakan pusat siklus kehidupan bagi hewan dan tumbuhan, yang saat ini

sebagian besarnya berada dalam kondisi terancam. Tempat ini menjadi habitat berbagai hewan, untuk bertelur dan tempat bersarang bagi burung-burung yang migrasi. Bahkan, sebagian wetland memiliki fungsi tertentu. Daerah sebelah selatan, seperti Alaska dan Eurasia misalnya, keberadaan *wetlands* membantu perubahan iklim dengan berfungsi untuk menetralkan gas rumah kaca seperti karbon dioksida. *Wetlands* juga memiliki fungsi komersial dan bermanfaat bagi manusia. Lahan ini merupakan sumber untuk memanen padi yang tumbuh liar, hewan, ikan, dan kerang. *Wetlands* mampu mengatasi efek kerusakan yang ditimbulkan oleh ombak, pengikisan dan perangkap sedimen, serta mengurangi polusi. Fungsi yang terakhir menjadikan lahan ini sebagai “ginjalnya alam”.



(a)



(b)

Gambar 18. (a) *Wetlands* di daerah pedalaman (inland *wetlands*)
(b) *Wetlands* di daerah peisir contohnya Hutan Mangrove
Sumber: Foto A.R. Tolangara, 2016

Karena terdapat berbagai kehidupan di lahan basah (wetland), maka wetland memiliki biodiversitas yang tinggi, namun seringkali terancam bahaya karena sulit diidentifikasi. Dengan memahami karakteristik variabelnya yang berada di wetland tersebut, maka usaha pelestarian akan menjadi lebih berhasil.

Lahan jenis ini juga menjadi habitat sejumlah besar tumbuhan dan satwa, relatif lebih banyak dibanding jenis ekosistem lain, kondisinya semakin memburuk dari hari ke hari. Hal ini yang membuat Badan Pendidikan dan Kebudayaan Perserikatan Bangsa Bangsa (UNESCO) mengaggas sebuah konvensi yang dikenal Konvensi Ramsar. Menurut Konvensi Ramsar, pengertian lahan basah adalah:

- Lahan gambut dikategorikan sebagai *Freshwater wetland* = gambut air tawar.
- Ada beberapa klasifikasi tanah organik yaitu: *mucks*, *moors*, *peats*, dan *bogs*.

Mucks: tanah organik yang terdiri dari bagian-bagian tanaman yang sudah mati sebagai penyusun tanah, dan sudah tidak dapat dibedakan secara jelas, tanah ini biasanya mengandung banyak bahan mineral dan berwarna gelap.

- Moors: tanah organik yang tidak terjadi pencampuran dengan bahan-bahan mineral, tanah ini banyak di temukan di Sumatera dan Kalimantan.

- Peats: tanah organik yang memiliki kadar bahan organik lebih besar dari 500g/kg tanah dengan tingkat dekomposisi yang lebih rendah dari mcks.
- Bogs: tanah organik yang mengandung campuran bahan organik dan mineral sampai tingkat *mucky* atau *peaty*, tanah ini umumnya berada di atas bahan organik pada lingkungan vegetasi ata rawa atau payau.

4.2.4 Rawa

Kehidupan di rawa dengan berbagai biodiversitas seringkali terancam bahaya karena sulit diidentifikasi. Dengan memahami karakteristik variabelnya yang berada di rawa, maka usaha pelestarian akan menjadi lebih berhasil. Rawa dengan karakteristik kering, basah, maupun lembab, merupakan karakteristik dasar yang selalu berubah. Perubahan yang terjadi secara terus-menerus membuat ekologi rawa menjadi kaya akan vegetasi dan bervariasi seperti hutan hujan. Sistem ekologi perairan dangkal ini merupakan pusat siklus kehidupan bagi hewan dan tumbuhan, yang saat ini sebagian besarnya berada dalam kondisi terancam. Tempat ini menjadi habitat berbagai hewan, untuk bertelur dan tempat bersarang bagi burung-burung yang migrasi. Bahkan, sebagian rawa memiliki fungsi tertentu. Daerah sebelah selatan, seperti Alaska dan Eurasia misalnya, keberadaan rawa mampu membantu

perubahan iklim dengan berfungsi untuk menetralkan gas rumah kaca seperti karbon dioksida.

Rawa juga memiliki fungsi komersial dan bermanfaat bagi manusia. Lahan ini merupakan sumber untuk memanen padi yang tumbuh liar, hewan berbulu, ikan, dan kerang. Rawa mampu mengatasi efek kerusakan yang ditimbulkan oleh ombak, pengikisan dan perangkap sedimen, serta mengurangi polusi. Fungsi yang terakhir menjadikan lahan ini sebagai “ginjalnya alam”.

Walaupun memiliki nilai yang sangat berharga, tetapi daerah rawa telah berkurang sangat signifikan. Di Amerika, kecuali Alaska dan Hawaii, lebih dari setengah lahan ini rusak. Antara tahun 1950an sampai tahun 1970an, sembilan juta hektar lebih lahan rawa rusak, luas wilayah ini sama dengan Massachusetts, Connecticut, dan pulau Rhode yang digabungkan menjadi satu. Bahkan di beberapa negara bagian hampir kehilangan seluruh lahan rawa-nya: California dan Ohio misalnya, di daerah ini hanya tersisa 10% dari luas rawa yang ada. Pengrusakan masih berlangsung hingga saat ini, meskipun tingkatannya telah menurun karena memang lahan yang tersisa sangat sedikit. Tidak ada angka yang pasti secara internasional, tetapi kita memprediksikan sekitar 6% dari keseluruhan lahan yang ada berupa rawa.



(a)

(b)

Gambar 19. (a) Rawa Sagu di Pedalaman Pulau Halmahera
(b) Rawa di Pedalaman (rawa burit)

Sumber: Foto A.R. Tolangara, 2014

Sudah bertahun-tahun, para peneliti dan pemerintah telah mengembangkan berbagai pengertian tentang rawa. Semuanya berpendapat bahwa rawa merupakan sistem air dangkal, atau merupakan daerah dimana ada kandungan air di dalam atau didekat permukaan tanahnya. Sebagian besar menyebut bahwa rawa ditandai dengan adanya tanaman-tanaman yang mampu beradaptasi dengan banjir, yang disebut dengan hidrofita, dan tanah hidro (tanah yang kaya akan air), jika terjadi banjir akan mengeluarkan bau dan warna yang berbeda dengan tanah yang ada di permukaan.

Kerusakan rawa yang sangat masif ini menjadi penyebab mengapa rawa menjadi begitu penting: perubahan alami, maupun dinamika yang semakin kompleks di lahan rawa sehingga sulit untuk membuat kebijakan guna melestarikannya. Pengelolaan dan perlindungan rawa seharusnya menjadi satu

kesatuan yang nyata, yaitu sebuah kebijakan mencakup ekosistem beragam ini, misalnya: tanah berlumpur, tanah payau, sampai pada kolam temporer (misalnya yang hanya ada pada musim semi), danau air payau, dan padang rumput luas (prairi). Jika para ahli dapat menginformasikan dengan baik kepada masyarakat luas dan para pembuat kebijakan (pemerintah), mengenai karakteristik khusus dari rawa beserta manfaat ekonomis dan ekologisnya, maka kita tidak akan kehilangan lahan yang masih tersisa ini.

Rawa dapat ditemukan di berbagai wilayah yang berbeda topografinya. Rawa muncul di tempat yang datar, genangan air yang disebabkan oleh gelombang pasang, tetapi juga merupakan area yang terlindung, seperti daerah payau asin dan daerah mangrove (daerah yang ditumbuhi pohon bakau). Rawa muncul pada sungai dengan air yang segar, berarus, dan danau serta daerah banjir (misalnya daerah yang seringkali disebut dengan ripari). Biasanya rawa membentuk kolam di permukaan tanah dan itu terjadi hampir dimanapun. Rawa seperti ini terdiri atas air payau, padang rumput, dan padang dimana tumbuh rerumputan, sebagaimana rawa itu sendiri. Rawa bisa juga diperindah dengan adanya lembah dan di dasar lembah biasanya terdapat sumber mata air, dan tanah berlumpur serta tanah rawa dangkal yang airnya berasal dari air hujan dan air tanah. Dan rawa juga dapat terbentuk pada daerah beriklim dingin dimana tanaman ini berfungsi sebagai

penahan air dan tingkat evaporasinya rendah.

Meskipun lokasi terbentuknya rawa sangat banyak, tetapi adanya tingkat fluktuasi air merupakan dasar pembentukannya. Banyak sedikitnya air juga tergantung pada gelombang pasang, hujan, dan aliran air permukaan. Aktivitas manusia dan hewan juga mempengaruhi tingkat persediaan air tanah. Tingkat fluktuasi ini sangat bervariasi dan berbeda antara satu tempat dengan tempat lain. Pada daerah rawa di Amerika Serikat bagian utara dan Kanada bagian timur, gelombang pasang dapat menyebabkan naiknya permukaan air sampai 10 kaki. Di wilayah tertentu bahkan lebih ekstrim lagi. Misalnya, hujan lebat dapat menyebabkan debit air di Sungai Amazon naik sekitar 25 kaki selama musim dan bahkan merembet pada daerah lain di sekitarnya. Pada daerah rawa prairi di barat daya, air tanah atau lelehan salju bisa meningkatkan tingkat debit air 4-5 kaki dalam beberapa tahun.

Bahkan fluktuasi terjadi secara dramatis, tetapi rawa tetap mampu menyesuaikan diri sehingga kerusakan permanennya dapat diminimalisir. Sebenarnya, keberadaan sebagian rawa ini terjadi karena adanya kombinasi antara angin topan, banjir, dan kemarau. Sebagian besar rawa yang terbentuk di sepanjang bantaran sungai dan garis pantai seperti rawa yang terbentuk pada tanah yang tergenang, merupakan rawa yang usianya panjang. Manusia menganggap akan dapat merusak secara ekonomis misalnya;kebakaran besar menyisakan abu

yang mengandung materi organik dan mendaur ulang nutrisi yang ada. Badai topan dan banjir bandang mengikis sedimen dan materi organik, serta memindahkannya dari rawa atau menciptakan rawa baru dekat dengan wilayah itu. Kemarau panjang merusak vegetasi hidrofita dan memungkinkan terjadinya oksidasi dan memadatkan tanah.

Rawa juga berbeda dari sistem akuatik karena pengaruh perubahan debit air. Perubahan debit air di danau atau di sungai hanya akan menyebabkan sedikit perbedaan dalam batasan sistem dan fungsinya. Tetapi, perubahan yang sangat berarti pada sebuah rawa dapat mempengaruhi hewan dan tumbuhan secara signifikan. Vegetasi tertentu yang tumbuh di area rawa, misalnya rumput, atau tanaman mengapung, seringkali tumbuh pada satu lokasi selama musim penghujan, tumbuh di lokasi lainnya selama musim pancaroba, dan bahkan tidak tumbuh sama sekali ketika musim kemarau, ternyata, jenis-jenis hewan yang hidup di daerah rawa juga sangat bervariasi.

Perubahan ini menunjukkan bahwa di rawa memiliki keanekaragaman hayati sangat tinggi. Perubahan permukaan air menyebabkan keduanya muncul bersamaan secara ekologis yang mendukung tanaman dan hewan yang mampu hidup di daerah pasang surut. Terlebih lagi perubahan yang disebabkan oleh perbedaan kedalaman air, ini akan menciptakan variasi lingkungan yang lebih besar. Pada intinya, ekosistem rawa

merupakan perpaduan antara sistem akuatik maupun terestrial.

Bahkan, kedalaman air bisa menjadi tempat yang berguna bagi spesies hewan tertentu, yaitu sebagai tempat untuk bersarang, bertelur, beranak, dan mencari makan. Burung berkaki pendek seperti herons berpunggung-hijau dan limpkin mencari makan di sepanjang pinggiran air dangkal. Pada spesies burung dengan kaki yang lebih panjang, termasuk agret dan herons biru besar, mencari makan di air yang lebih dalam. Burung air seperti mallards, coot, dan gallinule ungu mencari makan di perairan dalam yang terbuka. Pergantian debit air memicu munculnya sarang dengan hadirnya burung pematuk pohon di Florida dan sebagai tempat untuk menetas bagi sebagian besar dilakukan oleh itik di rawa prairi.

Pasang surut air tidak hanya mempengaruhi karakter internal rawa, tetapi juga menghubungkan rawa satu dengan rawa lainnya serta dengan sistem akuatik lainnya. Karena berkaitan dengan tingkat debit air, rawa menjadi sangat tergantung pada kualitas dan kuantitas air dari area tetangganya. Fakta ini benar untuk rawa yang terisolasi dan sempit. Pada kondisi ini, hujan, aliran air permukaan, serta air tanah merupakan satu-satunya sumber air di rawa. Rawa yang berbatasan dengan danau dan teluk akan tidak terpengaruh dengan perubahan alami ini. Hal ini tergantung pada jaraknya dengan badan air, yang pada gilirannya tergantung pada hujan

yang besar. Rawa di sepanjang garis pantai juga tidak terlalu terpengaruh dengan perubahan ini karena airnya bergantung pada adanya gelombang pasang.

Hubungan semacam itu dengan lingkungan tetangga menjadi sangat penting bagi fungsi rawa. Rawa berfungsi sebagai tempat berreproduksi dan mencari makan bagi sebagian spesies berhubungan dengan ketersediaan air. Lagi pula, air yang mengalir ini membawa nutrisi dan endapan yang mampu menjadikan sistem yang ada lebih produktif. Rawa kemudian membersihkan air ini dengan mempertahankan sedimentasi seperti fosfor dan zat kimia lainnya. Polutan seperti nitrogen dapat diubah menjadi gas yang tidak berbahaya dengan keberadaan bakteri aerob dan anaerob yang hidup di sana.

Jelaslah, bahwa ketergantungan rawa terhadap air menjadikannya sebagai sistem yang sangat rapuh, walaupun hanya sedikit gangguan dari manusia. Pengembangan area resapan air dan pemompaan air tanah dapat mengganggu dan bahkan menghancurkan ekosistem ini. Penggunaan tanah, pembuatan pematang, atau aktivitas lainnya yang mengisolir suatu rawa dengan rawa didekatnya atau dengan sumber air lainnya dapat mengurangi kemampuan rawa sebagai penampung banjir, pemurnian air, serta sebagai habitat tumbuhan dan hewan.

Keadaan ini akan dapat mengurangi tumbuhan dan hewan yang hidup di rawa dengan kemampuan toleransi

akuatik yang tinggi untuk bermigrasi ke atas maupun ke lembah. Tanpa adanya ruang yang cukup untuk berpindah, maka rawa itu sendiri baik secara temporer atau permanen akan hilang. Termasuk rawa dengan sumber air ripari, rawa depresional, dan rawa lembah yang pada dasarnya rentan dengan adanya campur tangan manusia seperti ini. Tanggul penahan hempasan air laut, yang dibangun sebagai pembatas antara laut dengan daratan dapat mencegah migrasi internal dari paya ketika air laut pasang. Sesungguhnya, pembuatan tanggul atau bendungan semacam itu lebih menjadi ancaman dari pada membantu ekosistem di sekitar wilayah pantai.

Peningkatan jumlah sedimentasi, nutrien, dan pestisida dari sumber air yang sedang dalam proses pengembangan dapat secara drastis menggantikan kemampuan biologis ekosistem alami dari rawa dan membebani kemampuannya untuk membersihkan polutan, jika ditambahkan melebihi kemampuan rawa untuk mengasimilasinya. Zat tambahan semacam ini bahkan dapat merusak rawa dalam waktu singkat. Rawa yang terisolir yang muncul dari lahan yang tergenang secara topografi sifatnya sangat rapuh, karena hal ini bukan sedimen yang dibersihkan secara terus-menerus oleh badai atau sungai dengan arus deras.

D. LATIHAN

Pada bagian latihan ini anda diminta untuk menyelesaikan soal-soal yang telah tersedia di bawah ini:

Soal:

- 1) Jelaskan tentang pengertian ekosistem pulau (15)
- 2) Jelaskan tentang komponen-komponen penyusun sebuah pulau (15)
- 3) Jelaskan tentang tipe dan asal mula pembentukan sebuah pulau (10)
- 4) Sebutkan komponen-komponen penyusun ekosistem pesisir (15)
- 5) Jelaskan tentang ekosistem akuatik (15)
- 6) jelaskan tentang bentuk-bentuk ekosistem akuatik yang anda ketahui (15)
- 7) jelaskan tentang pengertian wetlands (10)
- 8) sebutkan bentuk bentuk wetlands yang anda ketahui (5)

Penilaian soal test tertulis:

$$\text{Nilai Akhir} = \frac{\text{Nilai perolehan mahasiswa}}{\text{Nilai Maksimal}} \times 100\%$$

E. PENUGASAN

E.1. Pengamatan

Pada bagian ini akan dibicarakan mengenai tugas yang anda akan dilakukan untuk mengetahui ekosistem pulau, ekosistem pesisir dan ekosistem aquatic beserta faktor-faktor penyusunnya, untuk itu anda diminta melakukan kegiatan seperti pada langkah-langkah berikut ini:

1. Anda diminta melakukan pendataan terhadap faktor fisik dan biologi yang terdapat di daratan pada suatu pulau
2. Amati pula faktor fisik dan biologi yang terdapat di perairan sekitar pulau tersebut
3. Amati pula kondisi tiap faktor tersebut
4. Catat hasil pengamatan anda kedalam tabel berikut ini

Tabel 1. Hasil pengamatan kondisi fisik dan biologi di daratan pada suatu pulau

No	Faktor fisik					Faktor biologi					Kondisi	
1												
2												
3												
N												

- 1) Anda diminta melakukan pendataan terhadap faktor fisik dan biologi yang terdapat di wilayah pesisir pada suatu pulau

- 2) Amati pula kondisi tiap faktor tersebut
- 3) Catat hasil pengamatan anda kedalam tabel berikut ini

Tabel 2. Hasil Pengamatan Kondisi Fisik dan Biologi di Wilayah Pesisir pada Suatu Pulau

No	Faktor fisik					Faktor biologi					Kondisi
1											
2											
3											
N											

- 1) Anda diminta melakukan pendataan terhadap faktor fisik dan biologi yang terdapat di ekosistem aquatik dan wetlands di suatu pulau
- 2) Amati pula kondisi tiap faktor tersebut
- 3) Catat hasil pengamatan anda kedalam tabel berikut ini

Tabel 3. Hasil pengamatan kondisi fisik dan biologi di ekosistem aquatic di suatu pulau

No	Faktor fisik					Faktor biologi					Kondisi
1											
2											
3											
N											

E.2. Diskusikan hasil pengamatan anda dengan teman mengenai factorfisik dan biologi serta kondisinya pada tiap ekosistem tersebut

E.3. Buatlah kesimpulan hasil diskusi dan sampaikan sebagai laporan akhir

F. Daftar Pustaka

- Akil, Sjarifuddin. 2002. Kebijakan Kimpraswil Dalam Rangka Percepatan Pembangunan Kelautan dan Perikanan. Makalah Rapat Koordinasi Nasional Departemen Kelautan dan perikanan Tahun 2002. Jakarta. Nurmalasari, Y. Analisis Pengelolaan Wilayah Pesisir Berbasis Masyarakat. www.stmik-im.ac.id/userfiles/jurnal%20yessi.pdf. diakses, 22 November 2016.
- Biliana Cincin-Sain dan Robert W. Knecht. 1998. *Integrated Coastal and Ocean Management Concepts dan Practices*. Island Press. Washington, DC.
- Coztanza, R. 1991. *Ecological economics: The Science and Management of Sustainability*. Columbia University Press. New York.
- Depatemen Kelautan dan Perikanan. 2008. *Pokok-Pokok Pikiran Rancangan Undang-Undang (RUU) Pengelolaan Wilayah Pesisir (PWP)*.
- DKP. 2008. *Urgensi RUU Pengelolaan Wilayah Pesisir dan Pulau-Pulau Kecil*. Atrikel on-line Dinas Kelautan dan Perikanan.
- Iromo, 2008. Bahan Ajar Pengantar Ekologi Laut Tropis. perpustakaan.bappenas.go.id/lontar/file?file=digital/doc.html. 10 april 2012
www.penataanruang.net/taru/Makalah/PulauKecil.doc.html. 10 april 2012
www.inawater.org/toolbox-psdat-kai/344.html.
portal.ristek.go.id/download.php?file=kolom%202.doc
html. diakses, 21 November 2016

Kay, R. dan Alder, J. 1999. Coastal Management and Planning. E & FN SPON. New York.

La, An. 2008. Perencanaan Pengelolaan Wilayah Pesisir Dengan Memanfaatkan Sistem Informasi Geografi dan Data Penginderaan Jarak Jauh. <http://mbojo.wordpress.com>. diakses, 10 November 2016

Menteri Pemukiman dan Prasarana Wilayah. 2003. Tinjauan Aspek Penataan Ruang Dalam Pengelolaan Wilayah Laut dan Pesisir. Seminar Umum Dies Natalis ITS ke-34. Surabaya. http://www.penataanruang.net/taru/makalah/men_prlautpesisir-TTS43.pdf. diakses, 13 November 2016.

Muttaqiena, dkk. 2009. Makalah Pengelolaan Wilayah Pesisir Secara Berkelanjutan Pasca Tsunami Desember 2004. <http://slideshare.net/abida/pengelolaan-pesisir>. diakses, 11 November 2016

Siana, 2015. *Ekosistem Laut dan pengelolaanya*. www.artikelsiana.com/2015/05/macam-macam-ekosistem-laut.html, diakses, 22 November 2016

Wiyana, Adi. 2004. Faktor Berpengaruh Terhadap Keberlanjutan Pengelolaan Pesisir Terpadu (P2T). http://rudycct.com/PPS702-ipb/07134/afi_wiyana.htm. diakses, 12 November 2016

BAB 4

PROSES DAUR BIOGEOKIMIA DALAM KAITANNYA DENGAN KONDISI KEPULAUAN

Ekologi biasanya didefinisikan sebagai ilmu tentang interaksi antara organisme - organisme dan lingkungannya. Berbagai ekosistem dihubungkan satu sama lain oleh proses-proses biologi, kimia, dan fisika. Masukan dan buangan energi, gas, bahan kimia anorganik dan organik dapat melewati batasan ekosistem melalui perantara faktor meteorologi seperti angin dan presipitasi, faktor geologi seperti air mengalir dan daya tarik dan faktor biologi seperti gerakan hewan. Jadi, keseluruhan bumi itu sendiri adalah ekosistem, dimana tidak ada bagian yang terisolir dari yang lain. Ekosistem keseluruhannya biasanya disebut biosfer.

Biosfer terdiri dari semua organisme hidup dan lingkungan biosfer membentuk "shell" (kulit), relatif tipis di sekeliling bumi, berjarak hanya beberapa mil di atas dan di bawah permukaan air laut. Kecuali energi, biosfir sudah bisa mencukupi dirinya sendiri, semua persyaratan hidup yang lain seperti air, oksigen, dan hara dipenuhi oleh pemakaian dan daur ulang bahan yang telah ada dalam sistem tersebut.

Materi yang menyusun tubuh organisme berasal dari bumi. Materi yang berupa unsur-unsur terdapat dalam senyawa kimia yang merupakan materi dasar makhluk hidup dan tak hidup. Siklus biogeokimia atau siklus organik anorganik adalah siklus unsur atau senyawa kimia yang mengalir dari komponen abiotik ke biotik dan kembali lagi ke komponen abiotik. Siklus unsur-unsur tersebut tidak hanya melalui organisme, tetapi juga melibatkan reaksi-reaksi kimia dalam lingkungan abiotik.

Semua yang ada di bumi ini baik makhluk hidup maupun benda mati tersusun oleh materi. Materi ini tersusun atas unsure-unsur kimia antara lain karbon (C), Oksigen (O), Nitrogen (N), Hidrogen (H), dan Fosfor (P). Unsur-unsur kimia tersebut atau yang umum disebut materi dimanfaatkan produsen untuk membentuk bahan organik dengan bantuan matahari atau energi yang berasal dari reaksi kimia. Bahan organik yang dihasilkan merupakan sumber energi bagi organisme. Proses makan dan dimakan pada rantai makanan mengakibatkan aliran materi dari mata rantai yang satu ke mata rantai yang lain. Walaupun makhluk hidup dalam satu rantai makanan mati, aliran materi akan tetap berlangsung terus. Karena makhluk yang mati tersebut diurai oleh dekomposer yang akhirnya akan masuk lagi ke rantai makanan berikutnya. Demikian interaksi ini terjadi secara terus menerus sehingga membentuk suatu aliran energi dan daur materi.

Mahluk hidup, terutama tumbuhan ikut mendapat pengaruh yang cukup signifikan dari suplai hara dan energi. Di alam, semua elemen-elemen kimiawi dapat masuk dan keluar dari sistem untuk menjadi mata rantai siklus yang lebih luas dan bersifat global. Namun demikian ada suatu kecenderungan sejumlah elemen beredar secara terus menerus dalam ekosistem dan menciptakan suatu siklus internal. Siklus ini dikenal sebagai siklus biogeokimia, karena prosesnya menyangkut perpindahan komponen bukan jasad (geo), ke komponen jasad (bio) dan kebalikannya. Siklus biogeokimia pada akhirnya cenderung mempunyai mekanisme umpan-balik yang dapat mengatur sendiri (self regulating) yang menjaga siklus itu dalam keseimbangan.

Ekosistem adalah suatu sistem ekologi yang terbentuk oleh hubungan timbal balik tak terpisahkan antara makhluk hidup dengan lingkungannya. Ekosistem bisa dikatakan juga suatu tatanan kesatuan secara utuh dan menyeluruh antara segenap unsur lingkungan hidup yang saling mempengaruhi. Ekosistem merupakan penggabungan dari setiap unit biosistem yang melibatkan interaksi timbal balik antara organisme dan lingkungan fisik sehingga aliran energy menuju kepada suatu struktur biotik tertentu dan terjadi suatu siklus materi antara organisme dan anorganisme. Matahari sebagai sumber dari semua energi yang ada. Dalam ekosistem, organisme dalam komunitas berkembang bersama-sama dengan lingkungan fisik

sebagai suatu sistem. Organisme akan beradaptasi dengan lingkungan fisik, sebaliknya organisme juga mempengaruhi lingkungan fisik untuk keperluan hidup.

Pengertian ini didasarkan pada hipotesis Gaia, yaitu: "organisme, khususnya mikroorganisme, bersama-sama dengan lingkungan fisik menghasilkan suatu sistem kontrol yang menjaga keadaan di bumi cocok untuk kehidupan". Hal ini mengarah pada kenyataan bahwa kandungan kimia atmosfer dan bumi sangat terkendali dan sangat berbeda dengan planet lain di tata surya. Kehadiran, kelimpahan dan penyebaran suatu spesies dalam ekosistem ditentukan oleh tingkat ketersediaan sumberdaya serta kondisi faktor kimiawi dan fisis yang harus berada dalam kisaran yang dapat ditoleransi oleh spesies tersebut, inilah yang disebut dengan hukum toleransi. Misalnya: Panda memiliki toleransi yang luas terhadap suhu, namun memiliki toleransi yang sempit terhadap makanannya (bambu). Dengan demikian, panda dapat hidup di ekosistem dengan kondisi apapun asalkan dalam ekosistem tersebut terdapat bambu sebagai sumber makanannya. Berbeda dengan makhluk hidup yang lain, manusia dapat memperlebar kisaran toleransinya karena kemampuannya untuk berpikir, mengembangkan teknologi dan memanipulasi alam.

Ekosistem merupakan kesatuan dari komponen-komponen biotik dan abiotik yang saling berinteraksi, sehingga terjadi hubungan timbal balik di dalamnya. Komponen abiotik

meliputi; air, tanah, udara, cahaya matahari, suhu, kelembaban, musim dan iklim. Sedangkan komponen biotik meliputi golongan produsen; yaitu golongan makhluk hidup yang dapat mengubah energi cahaya menjadi energi kimia, golongan ini biasanya tumbuhan yang mengandung zat hijau daun, golongan konsumen yaitu golongan makhluk hidup yang menggunakan energi yang berasal dari energi kimia atau sebagai pemakai dari produsen misalnya hewan dan manusia golongan pengguna atau dekomposer yaitu jasad renik atau mikroorganisme yang dapat merubah atau menguraikan zat-zat organik menjadi bahan-bahan anorganik atau menguraikan sisa-sisa makhluk yang telah mati, misalnya jamur dan bakteri. Setiap komponen abiotik disintesis menjadi sebuah bahan organik di dalam tubuh komponen biotik. Materi abiotik yang merupakan unsur-unsur penyusun bahan organik di dalam tubuh suatukomponen biotik tidak hilang apabila komponen biotik tersebut mati, melainkan didaur-ulang kembali melalui beberapa proses reaksi biologis dan reaksi geo-fisik-kimia secara alamiah. Karena itulah maka proses ini disebut siklus biogeokimia atau biasa disebut juga siklus organik-anorganik.

Daur Biogeokimia merupakan rangkaian perubahan bentuk unsur-unsur kimia yang melibatkan komponen-komponen biotik dan abiotik dari ekosistem. Ada beberapa daur Unsur Kimia yang terdaat dalam Ekosistem, diantaranya;

1. Proses biologis dan geologis mengubah unsur-unsur kimia dari bentuk organik dan anorganik
2. Kecepatan dekomposisi bahan organik menentukan kecepatan pendauran unsur
3. Pendauran unsur sangat dikendalikan oleh tanaman

Ekosistem terdiri dari interaksi yang menguntungkan antara organisme-organisme dengan lingkungannya dimana terjadi pertukaran dari sejumlah besar material dalam bentuk siklus yang dikenal dengan siklus materi. Siklus materi menyangkut materi yang terdiri dari bahan-bahan kimia, termasuk di dalamnya media kehidupan. Bahan-bahan kimia yang termasuk penyusun kehidupan yang paling banyak yaitu karbon, nitrogen, oksigen, hidrogen, belerang, dan fosfor. Perjalanan atau aliran bahan-bahan kimia dalam ekosistem global di bumi ternyata berbentuk lingkaran yang dikenal dengan siklus biogeokimia.

Daur biogeokimia adalah daur materi melalui makhluk hidup, tanah, dan reaksi kimia. Berfungsi daur biogeokimia menentukan kelestarian makhluk hidup. Pernahkah kalian membayangkan bahwa dalam nasi atau makanan yang kalian makan ada molekul zat yang berasal dari molekul zat yang pernah dikeluarkan oleh tubuh kalian sendiri? Mungkin itu satu molekul air atau satu molekul hidrogen yang pernah singgah di dalam tubuh kalian mengikuti daur materi hingga akhirnya

singgah lagi di dalam tubuh kalian. Bagian tubuh itu mungkin berasal dari bagian tubuh hewan yang telah punah berjuta tahun yang lalu atau mungkin juga bagian tubuh kalian yang sudah kalian keluarkan besok menjadi bagian tubuh makhluk hidup di masa yang akan datang. Dengan demikian, dapat dikatakan bahwa aliran materi yang dibutuhkan dunia kehidupan pada dasarnya berasal dari dua arah karena keterbatasan bahan kimia sehingga harus dimanfaatkan lagi melalui proses perputaran (siklus).

Aliran bahan kimia dalam tubuh makhluk hidup terjadi melalui rantai makanan mengikuti arus aliran oksigen dalam makhluk hidup, kemudian mengikuti siklus abiotik. Ada dua siklus abiotik, yaitu fase atmosfer seperti nitrogen dan fase sedimen seperti fosfor. Daur biogeokimia sangat diperlukan untuk kelestarian makhluk hidup dan ekosistem. Jika daur ulang ini berhenti, makhluk hidup akan mati dan ekosistem akan punah.

Siklus biogeokimia yang terjadi di alam dapat berupa siklus hidrologi/air, siklus oksigen dan karbon, siklus nitrogen, dan siklus materi (mineral) yang berupa unsur-unsur hara. Udara, air, tanah, kehidupan dan teknologi saling berkaitan secara erat. Atmosfer merupakan lapisan tipis gas-gas yang menyelimuti permukaan bumi, memegang peranan penting sebagai tempat penampungan (*reservoir*) dari berbagai macam gas. Atmosfer juga menyeimbangkan panas bumi, mengabsorpsi

energi dan merusak radiasi ultra violet yang datang dari matahari. Selain itu atmosfer juga berfungsi untuk memindahkan energi panas dari wilayah ekuator, serta berfungsi sebagai jalan atau media pergerakan air pada fase uap dalam siklus hidrologi. Hidrosfer mengandung air bumi. Lebih dari 97% dari air bumi berupa lautan, dan sisanya berupa air tawar dalam bentuk es. Air laut mengalami sirkulasi dalam lingkungan, proses-proses sirkulasi tersebut terjadi dalam atmosfer, dalam sumber air dan dalam air permukaan seperti saluran air, sungai-sungai, danau-danau, waduk-waduk dan penampungan-penampungan air. Geosfer terdiri dari padatan bumi meliputi tanah yang sangat mendukung kehidupan tumbuhan. Bagian dari geosfer yang langsung terlibat dengan proses-proses lingkungan melalui kontak dengan atmosfer, hidrosfer, dan semua kehidupan adalah litosfer. Semua kehidupan yang ada di bumi membentuk geosfer.

Proses di alam sudah tertata rapi. Setiap tahap dari suatu proses seluruhnya berjalan dengan peranan tertentu yang bermanfaat untuk kelangsungan hidup makhluk di alam. Tetapi manusia sering kali menciptakan suatu proses baru, dengan alasan untuk kesejahteraannya yang malah menyebabkan terjadinya ketidakseimbangan proses alam, sampai akhirnya menimbulkan bencana. Mari kita simak sebuah contoh, suatu proses yang terjadi di alam, yaitu siklus karbon.

Siklus karbon melibatkan seluruh lingkungan yang ada di alam semesta, meliputi atmosfer, biosfer, hidrosfer dan geosfer. Karena itu, siklus karbon disebut sebagai siklus biogeochemical. Pada setiap lingkungan dan antara lingkungan terjadi pertukaran karbon. Karbon berpindah dari lingkungan atmosfer ke biosfer sebagai gas karbondioksida. Gas karbondioksida digunakan tumbuhan untuk berfotosintesis. Karbon 'memasuki' lingkungan atmosfer dari lingkungan biosfer juga sebagai gas karbondioksida. Gas karbondioksida dilepaskan ke atmosfer dari hasil pernafasan makhluk hidup, hasil pembusukan/fermentasi oleh bakteri/jamur dan hasil pembakaran senyawa-senyawa organik.

Selain petukaran karbon dari lingkungan atmosfer ke biosfer atau sebaliknya, karbon dipertukarkan dalam lingkungan biosfer melalui rantai makanan. Pertukaran karbon pun terjadi dari lingkungan biosfer ke geosfer. Cangkang hewan-hewan lunak pada umumnya mengandung karbonat. Karbonat kemudian diubah menjadi batu kapur melalui suatu proses yang disebut sedimentasi. Sedangkan perpindahan karbon dari lingkungan geosfer ke lingkungan atmosfer terjadi melalui hasil reaksi batu kapur dan erupsi gunung merapi. Pertukaran karbon menjadi penting dalam mengontrol pH di laut dan juga dapat berubah sebagai sumber (source) atau

lubuk (sink) karbon. Karbon siap untuk saling dipertukarkan antara atmosfer dan lautan.

Selain itu, satu siklus biogeokimia yakni siklus sulfur. Kita tahu jika sulfur lebih dikenal masyarakat dengan belerang yang terkandung di dalam sumber mata air panas. Di sisi lain, siklus sulfur memiliki peran penting dalam proses aliran energi dan materi yang terjadi di alam. Selain itu, siklus sulfur juga memiliki banyak pengaruh terhadap keberlangsungan kehidupan ekosistem serta keseimbangan dari proses siklus biogeokimia itu sendiri.

Oksigen adalah unsur ketiga terbanyak yang ditemukan berlimpah di matahari, dan memainkan peranan dalam siklus karbon-nitrogen, yakni proses yang diduga menjadi sumber energi di matahari dan bintang. Oksigen merupakan unsur gas, menyusun 21% volume atmosfer dan diperoleh dengan pencairan dan penyulingan bertingkat. Sekitar dua pertiga tubuh manusia dan sembilan persepuluh air adalah oksigen. Di alam, oksigen bebas dihasilkan dari fotolisis air selama fotosintesis oksigenik. Ganggang hijau dan sianobakteri di lingkungan lautan menghasilkan sekitar 70% oksigen bebas yang dihasilkan di bumi, sedangkan sisanya dihasilkan oleh tumbuhan daratan

Pertukaran oksigen terus-menerus yang terjadi antara atmosfer dengan air, tanaman dengan makhluk hidup dan bahan mineral disebut sebagai siklus / daur oksigen. Siklus /

daur oksigen adalah salah satu siklus biogeokimia. Proses ini membentuk siklus yang melibatkan lingkungan hidup yang disebut biosfer, dan lingkungan tak hidup - litosfer, atmosfer dan hidrosfer. Oksigen merupakan gas yang dibutuhkan oleh makhluk hidup, manusia misalnya, yang bernafas dengan menghirup oksigen yang ada di udara dan selanjutnya masuk ke dalam sistem pernafasan. Demikian juga tanaman yang melakukan pertukaran oksigen dengan makhluk hidup disekitarnya, juga pertukaran oksigen yang terjadi di atmosfer bumi. Siklus oksigen terjadi karena semua makhluk hidup membutuhkan oksigen untuk kelangsungan hidupnya. Sehingga dapat juga dikatakan bahwa siklus oksigen adalah proses pertukaran oksigen di bumi ini yang berlangsung secara terus menerus tidak ada habisnya. Dengan mengetahui pentingnya siklus oksigen maka diharapkan agar kita tidak mengganggu ekosistem lingkungan yang dapat mengacaukan siklus oksigen.

Nitrogen memainkan peran penting dalam mengontrol produktivitas biologis. Beberapa bahagian dari siklus biogeokimiawi nitrogen di laut turut berperan dalam rangkaian 'feedback' yang mengatur iklim, pembentukan sedimen biogenik, dan kadar beberapa bahan kimia dalam air laut. Karena keberadaan nitrogen secara alamiah dalam tingkat oksidasi yang beragam, nitrogen cenderung mengalami reaksi redoks yang mengakibatkan nitrogen memiliki siklus

biogeokimiawi yang kompleks. Siklus yang kompleks tersebut ditambah dengan variabilitas spasial dan temporal nitrogen yang besar menyebabkan siklus nitrogen di laut sulit dipelajari. Keadaan ini mengakibatkan pengetahuan kita tentang aliran global dan ukuran cadangan dimana nitrogen tersimpan memiliki tingkat ketidakpastian yang cukup tinggi. Data yang tersedia mengindikasikan bahwa siklus biogeokimiawi nitrogen di laut tidak dalam kondisi 'steady state', dan perkiraan tentang beberapa sumber nitrogen yang terikat terlampau rendah.

Fosfor merupakan bahan makanan utama yang digunakan oleh semua organisme untuk pertumbuhan dan sumber energi. Fosfor di dalam air laut, berada dalam bentuk senyawa organik dan anorganik. Sumber fosfat diperairan laut pada wilayah pesisir dan paparan benua adalah sungai. Karena sungai membawa hanyutan sampah maupun sumber fosfat daratan lainnya, sehingga sumber fosfat dimuara sungai lebih besar dari sekitarnya. Studi tentang sirkulasi fosfor di lingkungan perairan laut merupakan perhatian di berbagai bidang ilmu. Para peneliti menghasilkan kesimpulan umum bahwa konsentrasi fosfor akan berubah karena fosfor merupakan salah satu zat yang digunakan oleh fitoplankton dalam proses metabolisme.

A. MATERI

1. Definisi dan fungsi Daur Biogeokimia

Biogeokimia adalah pertukaran atau perubahan yang terus menerus antara komponen biosfer yang hidup dengan yang tak hidup. Dalam suatu ekosistem, materi pada setiap tingkat tropic tidak hilang, materi berupa unsur-unsur penyusun bahan organik tersebut didaur ulang. Unsur-unsur tersebut masuk ke dalam komponen biotik melalui udara, tanah dan air daur ulang materi tersebut melibatkan makhluk hidup dan batuan (geofisik) sehingga disebut daur biogeokimia. Fungsi dari biogeokimia adalah sehingga siklus materi yang mengembalikan semua unsur-unsur kimia yang sudah terpakai oleh semua yang ada di bumi baik komponen biotik maupun komponen abiotik, sehingga kelangsungan hidup di bumi dapat terjaga.

Siklus biogeokimia atau siklus organikanorganik adalah siklus unsur atau senyawa kimia yang mengalir dari komponen abiotik ke biotik dan kembali lagi ke komponen abiotik. Siklus unsur-unsur tersebut tidak hanya melalui organisme, tetapi juga melibatkan reaksi kimia dalam lingkungan abiotik.

Berdasarkan sumber yang ada di alam, siklus biogeokimia dibagi dalam 2 golongan yaitu : 1. Tipe gas, sebagai sumbernya atmosfer dan lautan (hidrosfer) misalnya siklus hidrogen. 2. Tipe sedimen, sumbernya adalah batuan bumi seperti fosfor, kalsium dan kalium. Siklus biogeokimia pada akhirnya cenderung

mempunyai mekanisme umpan-balik yang dapat mengatur sendiri (self regulating) menjaga siklus itu dalam keseimbangan. Siklus biogeokimia yang terpenting adalah siklus karbon.

Siklus biogeokimia yang terjadi di alam dapat berupa siklus air, siklus oksigen dan karbondioksida (karbon), siklus nitrogen, dan siklus materi (mineral) yang berupa unsur-unsur hara. Siklus Biogeokimia adalah siklus ulang air dan komponen-komponen kimia (unsur kimia) yang melibatkan peran serta dari makhluk hidup termasuk manusia dan bebatuan/geofisik. Siklus Biogeokimia memiliki peranan yang sangat penting bagi kehidupan manusia. Siklus biogeokimia antara lain :

1. Daur Karbon dan Oksigen
2. Daur Air
3. Daur Nitrogen
4. Daur Fosfor
5. Daur Belerang/Sulfur

Fungsi dari siklus biogeokimia yaitu untuk menjaga kelangsungan hidup di bumi, sebab materi hasil dari daur biogeokimia ini dapat digunakan oleh semua komponen yang ada di bumi seperti abiotik dan biotik.

2.1 Siklus Karbon dan Oksigen

a. Siklus Oksigen

Siklus oksigen terkait dengan siklus karbon. Dari proses fotosintesis tanaman, dihasilkan oksigen ke udara. Oksigen adalah salah satu bagian terpenting bagi organisme hidup maupun materi tidak hidup. Siklus oksigen digunakan juga oleh organisme di darat dan bahkan di air untuk respirasi dan metabolisme. Oksigen ini diperlukan oleh organisme untuk respirasi, menghancurkan bahan organik menjadi senyawa yang lebih sederhana (CO_2). CO_2 ini akan digunakan kembali untuk fotosintesis dengan hasil samping O_2 (siklus berulang). Selain itu, O_2 digunakan untuk pelapukan oksidatif dan pembakaran bahan baku fosil. Selain itu, O_2 di udara dapat berbentuk ion, atom tereksitasi ataupun ozon O_3 akibat pengaruh radiasi ultraviolet. Oksigen tereksitasi akan memancarkan cahaya tampak pada panjang gelombang tertentu menimbulkan fenomena cahaya langit (air glow). Sementara, ozon berfungsi sebagai pelindung bumi karena menyerap radiasi Ultra Violet.

Proses pembentukan ozon merupakan suatu aspek yang sangat penting dari siklus stratosfer. Ozon membentuk lapisan tipis di stratosfer yang berfungsi sebagai filter dari radiasi ultraviolet, dengan demikian dapat menjaga kehidupan di bumi dari kerusakan/kehancuran yang disebabkan radiasi ini. Siklus oksigen disempurnakan atau diakhiri ketika unsur oksigen masuk kembali ke atmosfer dalam bentuk gas. Hanya

satu cara yang signifikan dimana hal tersebut terjadi yaitu melalui fotosintesis yang dilakukan tumbuhan.

Siklus oksigen juga berperan penting dalam dekomposisi limbah organik. Bila jaringan yang mati (senyawa karbon) meluruh oleh kombinasi oksidasi dan mikroorganisme pembusukan, karbon dioksida dilepaskan kembali ke atmosfer. Sebuah siklus yang lambat terjadi dalam proses mineral dioksidasi, seperti dalam pembentukan batu. Isi biodegradable zat dalam air limbah dinyatakan oleh indeks khusus yang disebut "permintaan oksigen biologis" (BOD), yang mewakili jumlah oksigen yang diperlukan oleh bakteri aerobik untuk menguraikan limbah. Bila oksigen yang diperlukan tidak cukup untuk bakteri aerob, mereka akan mati dan bakteri anaerob yang tidak memerlukan oksigen mengambil alih. Bakteri ini mengubah bahan limbah menjadi H_2S , zat yang beracun lainnya dan zat-zat berbau busuk.

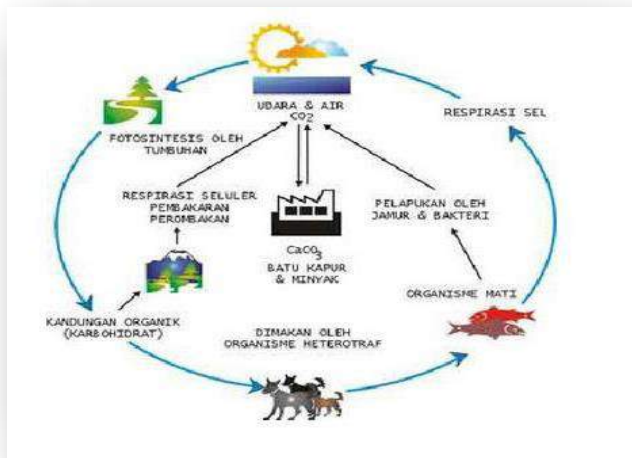
Dengan mengetahui potensi siklus oksigen di kehidupan maka sudah tentu sekarang saatnya untuk mulai mempertahankan keberlangsungan siklus oksigen. Beberapa caranya adalah dengan menambah jumlah tanaman, menggunakan sistem tebang pilih tanam, mengurangi penggunaan kendaraan bermotor, dan tentu masih banyak lagi kegiatan yang dapat dilakukan dengan mengetahui potensi siklus oksigen di kehidupan maka sudah tentu sekarang saatnya untuk mulai mempertahankan keberlangsungan siklus

oksigen. Beberapa caranya adalah dengan menambah jumlah tanaman, menggunakan sistem tebang pilih tanam, mengurangi penggunaan kendaraan bermotor, dan tentu masih banyak lagi kegiatan yang dapat dilakukan.

Oksigen adalah unsur ketiga terbanyak yang ditemukan berlimpah di matahari, dan memainkan peranan dalam siklus karbon-nitrogen, yakni proses yang diduga menjadi sumber energi di matahari dan bintang. Oksigen merupakan unsur gas, menyusun 21% volume atmosfer dan diperoleh dengan pencairan dan penyulingan bertingkat. Sekitar dua pertiga tubuh manusia dan sembilan persepuluh air adalah oksigen. Di alam, oksigen bebas dihasilkan dari fotolisis air selama fotosintesis oksigenik. Ganggang hijau dan sianobakteri di lingkungan lautan menghasilkan sekitar 70% oksigen bebas yang dihasilkan di bumi, sedangkan sisanya dihasilkan oleh tumbuhan daratan

Pertukaran oksigen terus-menerus yang terjadi antara atmosfer dengan air, tanaman dengan makhluk hidup dan bahan mineral disebut sebagai siklus / daur oksigen. Siklus / daur oksigen adalah salah satu siklus biogeokimia. Proses ini membentuk siklus yang melibatkan lingkungan hidup yang disebut biosfer, dan lingkungan tak hidup - litosfer, atmosfer dan hidrosfer. Oksigen merupakan gas yang dibutuhkan oleh makhluk hidup, manusia misalnya, yang bernafas dengan menghirup oksigen yang ada di udara dan selanjutnya masuk

ke dalam sistem pernafasan. Demikian juga tanaman yang melakukan pertukaran oksigen dengan makhluk hidup disekitarnya, juga pertukaran oksigen yang terjadi di atmosfer bumi. Siklus oksigen terjadi karena semua makhluk hidup membutuhkan oksigen untuk kelangsungan hidupnya. Sehingga dapat juga dikatakan bahwa siklus oksigen adalah proses pertukaran oksigen di bumi ini yang berlangsung secara terus menerus tidak ada habisnya. Dengan mengetahui pentingnya siklus oksigen maka diharapkan agar kita tidak mengganggu ekosistem lingkungan yang dapat mengacaukan siklus oksigen



Gambar 1. Siklus oksigen

Siklus ini menggambarkan pertukaran dari oksigen antara bentuk gas O₂ yang terdapat dengan jumlah besar dalam atmosfer, dan oksigen yang terikat secara kimia dalam CO₂,

H₂O dan bahan-bahan organik. Siklus ini berkaitan sangat erat dengan siklus unsur lainnya, terutama dengan siklus karbon. Unsur oksigen menjadi yang terikat secara kimia melalui berbagai proses yang menghasilkan energi, terutama pada perubahan dan proses metabolit dalam organisme.

Terdapat beberapa hal yang berperan dalam berjalannya siklus oksigen, yaitu:

1. Pada Tanaman

Tanaman menandai awal siklus oksigen. Tanaman dapat menggunakan energi sinar matahari untuk mengubah karbon dioksida dan air menjadi karbohidrat dan oksigen dalam proses yang disebut fotosintesis. Pada siang hari, tanaman membutuhkan juga sedikit oksigen yang dihasilkan dalam fotosintesis dan menggunakan oksigen untuk memecah karbohidrat. Namun, untuk mempertahankan metabolisme dan terus respirasi pada malam hari, tanaman harus menyerap oksigen dari udara dan melepaskan karbon dioksida seperti hewan. Meskipun tanaman menghasilkan kira-kira sepuluh kali lebih banyak oksigen di siang hari ketika mereka mengkonsumsi pada malam hari, konsumsi oksigen di waktu malam oleh tanaman dapat menciptakan kondisi oksigen yang rendah di beberapa habitat air.

2. Oksigen dalam Air

Oksigen di dalam air yang dikenal sebagai oksigen terlarut atau DO. Oksigen terlarut ini dapat mendukung kehidupan akuatik. Di alam, oksigen masuk ke air ketika air mengalir di atas batu dan menciptakan jumlah besar luas permukaan. Luas permukaan yang tinggi memungkinkan untuk mentransfer oksigen dari udara ke dalam air sangat cepat. Mikroorganisme di dalam air mulai memetabolisme (break down) bahan organik, dan menggunakan oksigen. Oxygen uptake rate (OUR) adalah tingkat di mana oksigen dikonsumsi oleh organisme hidup di dalam air. Karena organisme terus-menerus menggunakan oksigen ke dalam air dan oksigen secara konstan memasuki kembali air dari udara, jumlah oksigen dalam air tetap relatif konstan. Pada sebuah ekosistem yang baik, tingkatan transfer oksigen ke dalam air dan penyerapan oksigen oleh organisme di dalam air berbanding lurus atau seimbang.

3. Organisme

Organisme menggunakan oksigen dalam banyak bentuk. Organisme menggunakan oksigen dalam banyak bentuk. Peran organisme dalam siklus dimulai dengan karbon dioksida di atmosfer. Tanaman menerima bahwa karbon dioksida dan menggabungkannya dengan air untuk membuat molekul gula dan oksigen. Melalui proses metabolisme organisme seperti hewan atau manusia, gula

dan udara digunakan dan terurai atau dilepas menjadi karbon dioksida kembali. kemudian siklus dimulai lagi.

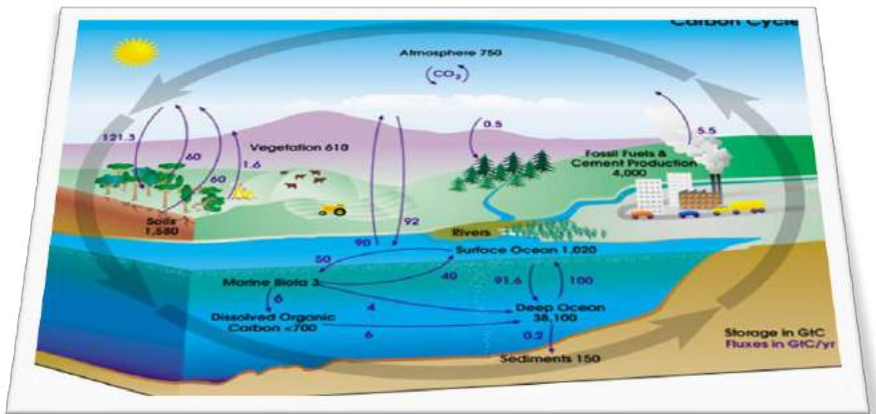
b. Siklus Karbon

Siklus karbon adalah siklus biogeokimia dimana karbon dipertukarkan antara biosfer, geosfer, hidrosfer, dan atmosfer Bumi. Dalam siklus ini terdapat empat reservoir karbon utama yang dihubungkan oleh jalur pertukaran. Reservoir-reservoir tersebut adalah atmosfer, biosfer terestrial (biasanya termasuk pula freshwater system dan material non-hayati organik seperti karbon tanah (soil carbon)), lautan (termasuk karbon anorganik terlarut dan biota laut hayati dan non-hayati), dan sedimen (termasuk bahan bakar fosil). Pergerakan tahunan karbon, pertukaran karbon antar reservoir, terjadi karena proses-proses kimia, fisika, geologi, dan biologi yang bermacam-macam. Lautan mengandung kolam aktif karbon terbesar dekat permukaan Bumi, namun demikian laut dalam bagian dari kolam ini mengalami pertukaran yang lambat dengan atmosfer.

Kandungan karbon terbesar yang terdapat di atmosfer bumi adalah gas karbondioksida (CO_2) sebesar 0.03%. Meskipun jumlah gas ini merupakan bagian yang sangat kecil dari seluruh gas yang ada di atmosfer, namun gas ini memiliki peran penting dalam menyokong kehidupan gas-gas lain yang mengandung karbon di atmosfer semakin bertambah selama beberapa tahun terakhir ini dan berperan dalam peningkatan pemanasan global.

Siklus karbon dimulai dengan dilepaskannya CO₂ oleh berbagai macam sumber seperti:

1. Pengilangan minyak bumi.
2. Asap pabrik dan kendaraan bermotor.
3. Peristiwa alam seperti minyak bumi.
4. Organisme laut
5. Aktivitas manusia, hewan, dan tumbuhan



Gambar 2. Siklus karbon

Diagram dari siklus karbon. Angka dengan warna hitam menyatakan berapa banyak karbon tersimpan dalam berbagai reservoir, dalam miliar ton ("GtC" berarti Giga Ton Karbon). Angka dengan warna biru menyatakan berapa banyak karbon berpindah antar reservoir setiap tahun. Sedimen,

sebagaimana yang diberikan dalam diagram, tidak termasuk ~70 juta GtC batuan karbonat dan kerogen.

Karbon diambil dari atmosfer dengan berbagai cara:

1. Ketika matahari bersinar, tumbuhan melakukan fotosintesa untuk mengubah karbon dioksida menjadi karbohidrat, dan melepaskan oksigen ke atmosfer. Proses ini akan lebih banyak menyerap karbon pada hutan dengan tumbuhan yang baru saja tumbuh atau hutan yang sedang mengalami pertumbuhan yang cepat.
2. Pada permukaan laut ke arah kutub, air laut menjadi lebih dingin dan CO₂ akan lebih mudah larut. Selanjutnya CO₂ yang larut tersebut akan terbawa oleh sirkulasi termohalin yang membawa massa air di permukaan yang lebih berat ke kedalaman laut atau interior laut (lihat bagian solubility pump).
3. Di laut bagian atas (upper ocean), pada daerah dengan produktivitas yang tinggi, organisme membentuk jaringan yang mengandung karbon, beberapa organisme juga membentuk cangkang karbonat dan bagian-bagian tubuh lainnya yang keras. Proses ini akan menyebabkan aliran karbon ke bawah (lihat bagian biological pump).
4. Pelapukan batuan silikat. Tidak seperti dua proses sebelumnya, proses ini tidak memindahkan karbon ke dalam reservoir yang siap untuk kembali ke atmosfer. Pelapukan batuan karbonat tidak memiliki efek netto

terhadap CO₂ atmosferik karena ion bikarbonat yang terbentuk terbawa ke laut dimana selanjutnya dipakai untuk membuat karbonat laut dengan reaksi yang sebaliknya (reverse reaction).

5. Melalui sirkulasi termohalin. Pada permukaan laut di daerah kutub, air laut menjadi lebih dingin dan karbondioksida lebih mudah larut dalam air. Karbondioksida yang larut tersebut akan terbawa oleh sirkulasi termohalin yang membawa massa air di permukaan yang lebih berat menuju ke dalam laut. Di laut bagian atas, pada daerah yang produktivitasnya tinggi organisme membentuk cangkang karbonat dengan bagian-bagian tubuh lainnya yang keras. Proses ini menyebabkan aliran karbon menuju ke bawah.

Karbon dapat kembali ke atmosfer dengan berbagai cara pula, yaitu:

1. Melalui pernafasan (respirasi) oleh tumbuhan dan binatang. Hal ini merupakan reaksi eksotermik dan termasuk juga di dalamnya penguraian glukosa (atau molekul organik lainnya) menjadi karbon dioksida dan air.
2. Melalui pembusukan binatang dan tumbuhan. Fungi atau jamur dan bakteri mengurai senyawa karbon pada binatang dan tumbuhan yang mati dan mengubah

karbon menjadi karbon dioksida jika tersedia oksigen, atau menjadi metana jika tidak tersedia oksigen.

3. Melalui pembakaran material organik yang mengoksidasi karbon yang terkandung menghasilkan karbon dioksida (juga yang lainnya seperti asap). Pembakaran bahan bakar fosil seperti batu bara, produk dari industri perminyakan (petroleum), dan gas alam akan melepaskan karbon yang sudah tersimpan selama jutaan tahun di dalam geosfer. Hal inilah yang merupakan penyebab utama naiknya jumlah karbon dioksida di atmosfer.
4. Produksi semen. Salah satu komponennya, yaitu kapur atau gamping atau kalsium oksida, dihasilkan dengan cara memanaskan batu kapur atau batu gamping yang akan menghasilkan juga karbon dioksida dalam jumlah yang banyak.
5. Di permukaan laut dimana air menjadi lebih hangat, karbon dioksida terlarut dilepas kembali ke atmosfer.
6. Erupsi vulkanik atau ledakan gunung berapi akan melepaskan gas ke atmosfer. Gas-gas tersebut termasuk uap air, karbon dioksida, dan belerang. Jumlah karbon dioksida yang dilepas ke atmosfer secara kasar hampir sama dengan jumlah karbon dioksida yang hilang dari atmosfer akibat pelapukan silikat; Kedua proses kimia ini yang saling berkebalikan ini akan memberikan hasil

penjumlahan yang sama dengan nol dan tidak berpengaruh terhadap jumlah karbon dioksida di atmosfer dalam skala waktu yang kurang dari 100.000 tahun.

Sejak tahun 1970-an sudah di kenal bahwa secara keseluruhan laut merupakan penyerap bagi CO₂ antropogenetik. Akan tetapi masih banyak pertanyaan para ahli kelautan tentang seberapa besar CO₂ yang diserap, proses apa sajakah yang menggerakkannya dan bagaimanakah ia berubah di masa depan. Berbagai riset telah dilakukan untuk menjawab pertanyaan-pertanyaan tersebut dan yang paling penting adalah memahami siklus alami karbon di laut.

Organisme fitoplankton di dalam lautan adalah titik awal dari *carbon sink* melalui gas suatu sistem rantai makanan. Fitoplankton mengekstrak karbon dari gas karbon dioksida yang mereka serap dari atmosfer pada saat proses fotosintesis. Binatang bercangkang atau berkerang juga menggunakan karbon untuk membuat cangkang atau kerang mereka. Ketika laut, cangkang atau kerang tersebut akan tenggelam dan tersimpan di dasar laut hingga kedalaman 2000 sampai 4000 meter dalam waktu ribuan tahun. *Carbon sink* juga akan terjadi melalui tenggelamnya makhluk hidup yang telah mati, kotoran-kotoran, *zooplankton* ikan dan organisme lainnya ke dasar laut.

Peredaran karbon dalam bentuk organik dan anorganik sereta transpor karbon dari permukaan ke laut dalam di bangun

oleh proses-proses fisis dan biologis. Proses-proses ini disebut sebagai pompa fisis dan pompa biologis (IGBP,2007) (gambar 3). Kedua pompa ini bertidak meningkatkan konsentrasi CO₂ di dalam interior laut. Pompa fisis dibangkitkan oleh sirkulasi balik laut yang lamban dan lebih muda terlarutnya CO₂ di air dingin dari pada di air hangat. Massa air laut yang hangat dan rapat di laut lintang tinggi, terutama di Antlantik Utara dan samudra bagian selatan, menyerap CO₂ atmosferik sebelum tenggelam ke interior laut. Air yang tenggelam ini akan diimbangi oleh transpor vertikal di bagian laut lainnya. Air yang naik keatas akan menjadi hagamat ketika mencapai permukaan sehingga CO₂ menjadi kurang dapat larut dan sebagian diantaranya akan terlepas ke atmosfer melalui sebuah proses yang disebut pelepasan gas. Efek bersih dari proses-proses ini adalah pemompaan CO₂ ke dalam interior laut. Global dan terjadi karena dorongan perbedaan densitas air laut secara global sebagai akibat panas perbedaan temperature permukaan dan masukan airtawar sehingga mempengaruhi kadar garam air laut.

Lapisan permukaan merupakan daerah yang sering terkena sinar matahari, sehingga temperaturnya akan lebih tinggi dibanding lapisan dibawahnya. Di perairan tropis akibat intensitas cahaya matahari membentuk lapisan permukaan laut menjadi panas, dengan kadar garam yang relatif lebih tinggi dan dukungan dari pergerakan angin, maka terjadi pergerakan

aliran massa air dari samudera pasifik melewati samudra hindia menuju Greenland melalui selatan Atlantik. Selama pergerakannya, massa air ini berada di lapisan atas karena densitasnya lebih rendah. Setelah mencapai temperaturnya menurut yang mengakibatkan desintasnya meningkat.

Ketika air dari pasifik berhasil mencapai Atlantik, maka di daerah ambang (ridge) yang terletak diantara Greenland dan Skotlandia akan terjadi penurunan tinggi permukaan laut akibat meningkatnya dnsitas dan salinitas. Sehingga hal ini akan menggerakkan aliran massa air menuju Mediterania dengan dibantu oleh *barotropic pressure gradient* .

Setelah berada di wilayah Mediterania, maka akan terjadi proses pendinginan dan penurunan kadar garam. Proses yang berlangsung merupakan stratifikasi masa air mulai dari salinitas, temperatur dan desinitasnya, disebut *thermohaline ventilation*. Setelah melewati tahap ini maka masa air akan bergerak turun ke kedalaman yang sesuai dengan desintasnya, biasanya digolongkan menjadi lapisan pertengahan (siklus berlangsung sekitar ratusan tahun) dan lapisan dalam (siklusnya sekitar ribuan tahun). Karena adanya tekanan akibat peningkitan densitas, maka dikedalaman terjadi tekanan untuk bergerak melewati ambang, kemudian *baroclinic pressure gradient* memaksa air bergerak menyusuri ambang untuk kemudian kembali menuju pasifik (Corell et al., 2005).

Di sini jelas terlihat bahwa salah satu faktor penggerak siklus global tersebut adalah gradien temperatur. Dalam hal ini arus permukaan membawa panas menuju daerah kutub untuk kemudian panas ini akan dilepaskan dengan cara interaksinya dengan perairan kutub ataupun terjadi pelepasan ke atmosfer. Penyebab karbon oleh fitoplankton dan organisme *mikroskopis* lainnya yang hidup di permukaan laut yang terkena sinar matahari dan ekspornya ke interior dan sedimen laut disebut pompa biologis. Fitoplankton adalah mesin bagi pompa biologis. Pompa biologis memainkan peran yang penting dalam kemampuan laut menyerap CO₂ atmosfer. Tanpa adanya fotosintesis di laut, CO₂ atmosferik akan menjadi 1000 ppm jika dibandingkan dengan kondisi saat ini sekitar 365 ppm. Sebaliknya, jika pompa biologis berfungsi dengan efisiensi yang maksimum, maka tingkat CO₂ di atmosfer dapat turun sehingga menjadi 110 ppm.

c. Siklus karbon Global

Konsentrasi dari bahan bakar fosil CO₂ yang di serap oleh samudera dan yang diambil oleh daratan dapat dihitung dari perubahan pada konsentrasi CO₂ dan O₂ di atmosfer. *Budget* karbon global berdasarkan pada pengukuran CO₂ dan O₂ untuk 1980 dan 1990 ditunjukkan pada Tabel 1. Manusia mempengaruhi fluks karbon di antara ke-tiga "reservoir"

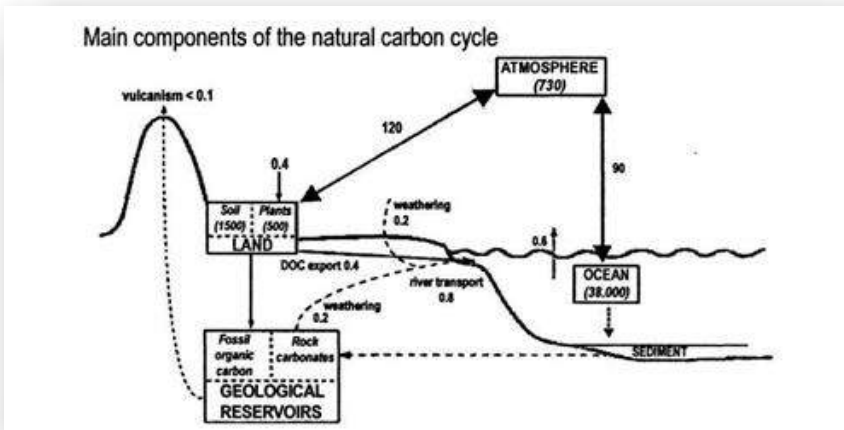
(atmosfer, samudera, dan biosfer terestrial) dengan memberikan gangguan yang kecil tapi berpengaruh besar terhadap siklus global (Gambar 1).

Tabel 1. *Budget* CO₂ global (dalam PgC/th) didasarkan pada kecenderungan CO₂ dan O₂ atmotsfer dalam jangka waktu sepuluh tahun. Nilai positif adalah fluks untuk atmosfer; nilai negative mewakili penyerapan dari atmosfer. Emisi bahan bakar fosil untuk maa waktu 1980an (MARLAND *et.al.*,2000)

	1980an	1990an
Peningkatan atmosfer	3,3 ± 0,1	3,2 ± 0,1
Emisi (bahan bakar fosil, semen)	5,4 ± 0,3	6,3 ± 0,4
Fluks atmosfer laut	-1,9 ± 0,6	-1,7 ± 0,5
Fluks atmosfer daratan	-0,2 ± 0,7	-1,4 ± 0,7
Perubahan penggunaan lahan	1,7 (0,6 to 2,5)	NA
Sisa penenggelaman terestrial	-1,9 (-3,8 to -0,3)	NA

*NA = not available

Fluks biosfer daratan menghadirkan suatu keseimbangan CO₂ atmosfer dimana konversi lahan diimbangi oleh penyerapan testerial (tanah dan tumbuhan).



Gambar 3. Siklus karbon global (Komponen Utama dari siklus alami) (IPCC,2001)

Panah yang tebal menunjukkan fluks yang paling utama dari titik keseimbangan CO_2 di atmosfer yaitu produksi primer kotor dan respirasi oleh biosfer daratan, dan pertukaran fisik antara atmosfer dan laut. Perubahan yang terus menerus ini kira-kira seimbang setiap tahun, tetapi ketidakseimbangannya dapat mempengaruhi konsentrasi CO_2 atmosfer secara signifikan dari tahun ke tahun. Panah yang tipis menandakan fluks alami tambahan (bentuk yang terlarut untuk fluks karbon sebagai CaCO_3) yang cukup penting pada skala waktu yang lebih panjang. Fluks 0,4 PgC/th dari CO_2 atmosfer melalui tumbuh-tumbuhan ke karbon tanah kira-kira seimbang pada skala waktu beberapa millenium oleh ekspor organik karbon

terlarut (DOC) di sungai (Schlesinger, 1990). Lebih lanjut fluks 0,4 PgC/th dari anorganik karbon terlarut (DIC) diperoleh dari kerusakan karena hujan CaCO_3 , yang mana penyerapan CO_2 dari atmosfer dalam perbandingan 1:1. Fluks dari DOC dan DIC secara bersamaan di bawa oleh aliran sungai sebanyak 0,8 PgC/th. Di samudera, DOC dari sungai berespirasi dan dilepaskan kembali ke atmosfer, sedangkan produksi CaCO_3 oleh organisme laut mengakibatkan separuh DIC dari sungai kembali ke atmosfer dan setengahnya lagi mengendap dalam sedimen dasar laut yang merupakan awal pembentukan batu karang karbonat (SCHLESINGER, 1990). Gambar 5 juga menunjukkan proses dengan skala waktu yang lebih panjang yaitu penguburan material organik sebagai fosil karbon organik (termasuk bahan bakar fosil), dan luaran gas CO_2 sampai pada proses tektonis (*vulcanism*). Emisi dalam kaitannya dengan vulkanisme diperkirakan 0,02 sampai 0,05 PgC/th (BICKLE, 1994).

Pembakaran bahan bakar fosil dan perubahan penggunaan lahan menjadi proses antropogenik utama yang melepaskan CO_2 ke atmosfer. Hanya sebagian dari CO_2 ini yang tinggal di atmosfer, sisanya diserap oleh daratan (tanah dan tumbuh-tumbuhan) atau oleh samudera. Penyerapan komponen ini menyebabkan ketidak-seimbangan fluks dalam dua jalur alami

yang besar yaitu antara samudera dan atmosfer dan antara atmosfer dan daratan (IPCC, 2001).

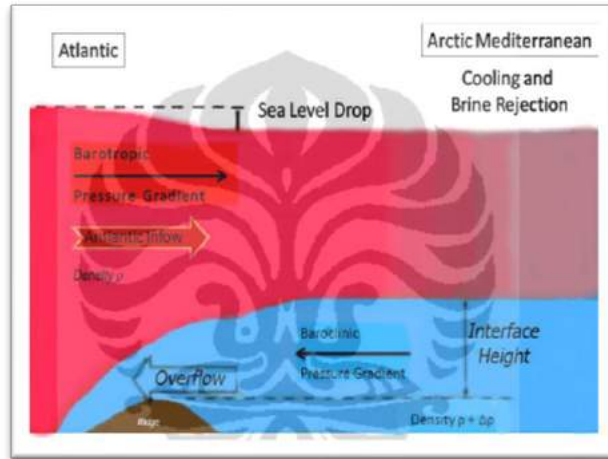
d. Penyerapan Karbon Oleh Laut Indonesia

Sebelum merebaknya isu pemanasan global, di kalangan ilmiah dipahami bahwa air laut merupakan penyerap karbon. Namun dengan berkembangnya ilmu pengetahuan sebagai hasil dari berbagai riset tentang pemanasan global dan dampaknya, muncul pemahaman baru bahwa laut tak lagi sebagai penhasil karbon bersih.

Peneliti karbon alan koropitan menyatakan bahwa sebelum revolusi industri "*laut global*" memang berperan sebagai penyerap karbon. Pasca revolusi industri laut global bukan lagi sebagai penyerap melainkan pelapis karbon di atmosfer. Terjadi keseimbangan baru dalam siklus biokimia laut. Secara regional tak semuanya laut berperan sebagai penyerap karbon terutama laut tropis. Laut samudera bagian selatan oleh para ilmuan diyakini sebagai penyerap karbon pun kini sudah mengalami penurunan tingkat penyerapannya. Pasca revolusi industri nyataanya peran laut global, termasuk laut samudera bagian selatan, sudah berubah menjadi pelepas karbon. Siklus karbon global sudah mengalami yang meningkatkan emisi CO₂ di atmosfer yang bersumber dari bahan bakar fosil dan perubahan penggunaan lahan yang menyebabkan pelepasan

karbon ke atmosfer meningkat. Akibatnya, terjadi penumpukan karbon di atmosfer yang kemudian menurunkan peran “*laut global*” sebagai penyerap karbon pasca revolusi industri. Kini laut tak lagi berperan sebagai penyerap melainkan sumber karbon.

Sesungguhnya laut dapat berfungsi sebagai penyerap karbon dan juga sebagai penyedia karbon ke atmosfer, tergantung kondisinya. Karbon yang diserap maupun yang dilepas ke atmosfer berada dalam bentuk gas karbon dioksida. Laut akan menyerap karbon bilamana tekanan parsial gas karbon dalam bentuk uap air. Setelah masa air yang jumlahnya maha besar tersebut telah berhasil “didinginkan” melalui mekanisme *thermohaline ventilation*, maka selanjutnya akan bergerak turun ke kedalaman menuju dasar laut kemudian akan berputar kembali ke arah pasifik menyerap di dasar lautan sehingga disebut arus bawah. Massa air kini akan terpecah menjadi 2 jalur, sebagian bergerak muncul kembali ke permukaan di samudra hindia dan sebagian berherak menuju pasifik melalui Australia. Kemudian masa air tersebut karena terjadi penurunan densitas akibat temperaturnya meningkat.



Gambar 4. Baromatik Pressure gradient (Corell et al, 2005)

Maka dapat dipahami bahwa lautan memegang peranan kunci dalam pemahaman perubahan iklim global. Laut berperan dalam membentuk keseimbangan temperature global dunia. Ketika temperature bumi makin meningkat tentu hal ini akan memberikan berbagai akibat bagi kelangsungan siklus global laut, karena temperature merupakan faktor utama penggerak siklus ini.

Gambar tersebut menunjukkan bahwa pertukaran CO_2 rata-rata tahunan yang melewati permukaan laut menunjukkan bahwa penyerapan dan pelepasan gas CO_2 tidak terdistribusi secara merata dilaut global. Peta tersebut (137 - 141⁰ BT) aliran CO_2 mencapai 16 - 20 moles $\text{CO}_2 \text{ m}^2 \text{ yr}^{-1}$ hal ini disebabkan pada daerah itu angin yang berhembus cukup kencang berkisar antara 6 - 8 ms^{-1} . Seperti bulan juli tahun 1999 di sekitar laut cina selatan suhu permukaan laut mencapai sekitar 30⁰C

sehingga tekanan parsial dipermukaan lautnya pun besar dengan kecepatan angin yang menjadikan tempat ini sumber pelepasan CO₂.

Di belahan utara Indonesia berperan sebagai tempat pelepasan CO₂ dimana rata-rata aliran besar 2,635 moles CO₂m² yr⁻¹. Pada bagian selatan Jawa, terdapat daerah penyerapan CO₂ hingga mencapai 8 moles CO₂ m² yr⁻¹ karena pada daerah tersebut suhu permukaan lautnya rendah membuat tekanan parsial CO₂ di atmosfer lebih tinggi kemudian ditambah dengan kecepatan angin permukaan yang besar pada daerah tersebut yang berkisar antara 7-9 ms⁻¹ membuat kecepatan transfer gasnya menjadi lebih besar pula.

Sementara itu data dari departemen kelautan dan perikanan menunjukkan bahwa sumbu daya laut Indonesia berpotensi untuk menyerap karbon sekitar 245,6 juta ton karbon per tahun. Jumlah tersebut berasal dari ekosistem terumbu karang seluas 61 ribu km persegi dengan daya serap 73,5 juta ton CO₂ per tahun, rumpul laut seluas 30 ribu km persegi daya serap 56,3 juta ton karbon. Selain itu, hutan bakau seluas 93 km persegi mampu menyerap 75,4 juta ton karbon dan laut terbuka seluas 5,8 km persegi dengan daya serap karbon sebesar 40,4 juta ton per tahun.

2.2 Siklus Hidrologi

Air mengalami sirkulasi yang disebut daur hidrologi. Air menurut sumbernya terdiri dari air laut, air atmosfer dan air permukaan.

1. Air Laut

Air laut mempunyai sifat asin, karena mengandung garam NaCl. Kadar garam NaCl dalam air laut 3 %, maka air laut tidak memenuhi syarat untuk diminum

2. Air Atmosfir

Untuk menjadikan air hujan sebagai air minum hendaknya jangan menampung air hujan pada saat mulai turun hujan, karena masih mengandung banyak kotoran misalnya pengotoran udara yang disebabkan industri/debu dan gas

3. Air Permukaan

Air permukaan berasal dari aliran langsung air hujan, lelehan salju, dan aliran yang berasal dari air tanah. Yang termasuk air permukaan adalah air sungai, rawa-rawa, danau dan waduk

4. Air Tanah

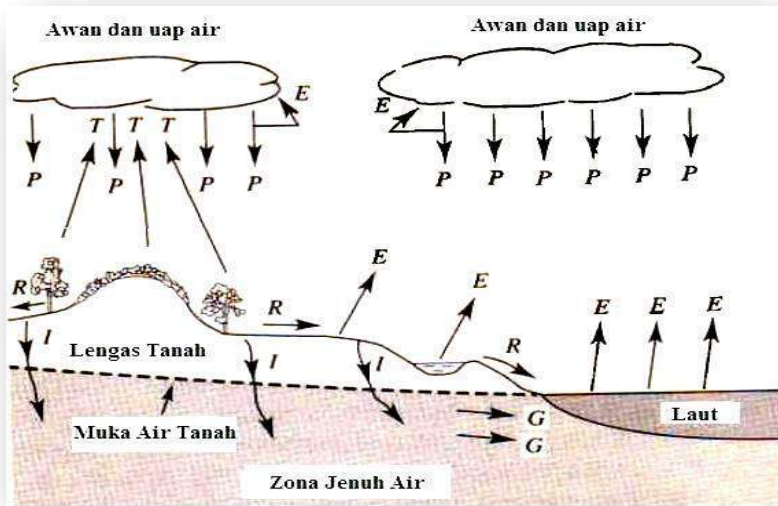
Air tanah (*ground water*) adalah air yang berada di bawah permukaan tanah di dalam zone jenuh dimana tekanan hidrostatiknya sama atau lebih besar dari tekanan atmosfer (Suyono, 1993:1) Air tanah merupakan sumber air tawar terbesar di planet bumi, mencakup kira-kira 30

% dari total air tawar atau 10,5 juta km³. Akhir akhir ini pemanfaatan air tanah meningkat dengan cepat, bahkan di beberapa tempat tingkat eksploitasinya sudah sampai tingkat yang membahayakan. Air tanah biasanya diambil, baik untuk sumber air bersih maupun untuk irigasi, melalui sumur terbuka, sumur tabung, spring, atau sumur horizontal.

Hidrologi adalah cabang ilmu dari ilmu kebumihan. Hidrologi merupakan ilmu yang penting dalam asesmen, pengembangan, utilisasi dana manajemen sumberdaya air yang dewasa ini semakin meningkat realisasinya di berbagai level. Indonesia secara umum juga mengalami berbagai permasalahan sumberdaya air yang membutuhkan analisis hidrologi yang semakin rumit dalam mengatasinya.

Siklus hidrologi adalah pergerakan air di bumi berupa cair, gas, dan padat baik proses di atmosfer, tanah dan badan-badan air yang tidak terputus melalui proses kondensasi, presipitasi, evaporasi dan transpirasi. Pemanasan air samudera oleh sinar matahari merupakan kunci proses siklus hidrologi tersebut dapat berjalan secara kontinu. Air berevaporasi, kemudian jatuh sebagai presipitasi dalam bentuk air, es, atau kabut. Pada perjalanan menuju bumi beberapa presipitasi dapat berevaporasi kembali ke atas atau langsung jatuh yang kemudian diintersepsi oleh tanaman sebelum mencapai tanah.

Setelah mencapai tanah, siklus hidrologi terus bergerak secara kontinu dalam tiga cara yang berbeda:



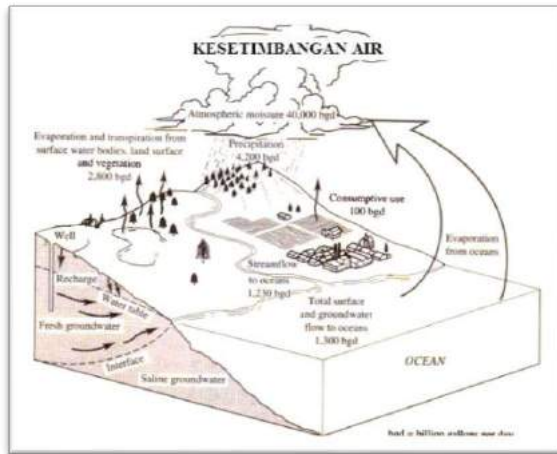
Gambar 5 :Siklus Hidrologi (T=transpirasi, E=evaporasi, P=hujan, R=aliran permukaan, G=aliran airtanah dan I=infiltrasi). Sumber: Viessman et.al., 1989)

1. Evaporasi/transpirasi. Air yang ada di laut, di daratan, di sungai, di tanaman, dsb. kemudian akan menguap ke angkasa (atmosfer) dan kemudian akan menjadi awan. Pada keadaan jenuh uap air (awan) itu akan menjadi bintik-bintik air yang selanjutnya akan turun (precipitation) dalam bentuk hujan, salju, es.
2. Infiltrasi/perkolasi ke dalam tanah. Air bergerak ke dalam tanah melalui celah-celah dan pori-pori tanah dan batuan menuju muka air tanah. Air dapat bergerak akibat aksi kapiler atau air dapat bergerak secara vertikal atau

horizontal dibawah permukaan tanah hingga air tersebut memasuki kembali sistem air permukaan.

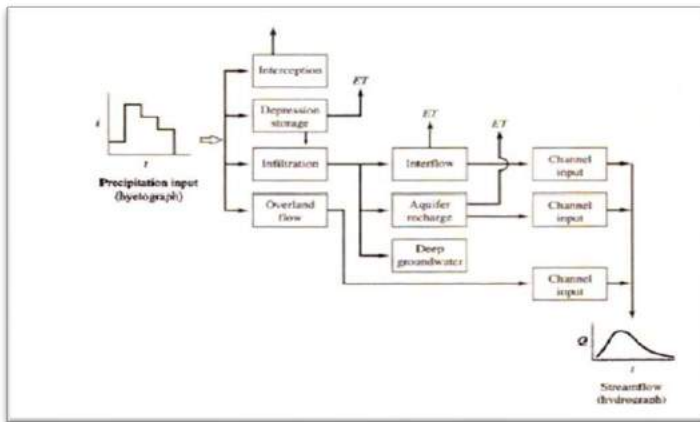
3. Air permukaan. Air bergerak diatas permukaan tanah dekat dengan aliran utama dan danau; makin landai lahan dan makin sedikit pori-pori tanah, maka aliran permukaan semakin besar. Aliran permukaan tanah dapat dilihat biasanya pada daerah urban. Sungai-sungai bergabung satu sama lain dan membentuk sungai utama yang membawa seluruh air permukaan disekitar daerah aliran sungai menuju laut.

Air permukaan, baik yang mengalir maupun yang tergenang (danau, waduk, rawa), dan sebagian air bawah permukaan akan terkumpul dan mengalir membentuk sungai dan berakhir ke laut. Proses perjalanan air di daratan itu terjadi dalam komponen-komponen siklus hidrologi yang membentuk sisten Daerah Aliran Sungai (DAS). Jumlah air di bumi secara keseluruhan relatif tetap, yang berubah adalah wujud dan tempatnya.



Gambar 6. Kestimbangan dan pergerakan air secara hidrologis. (Sumber: Viessman et.al., 1989)

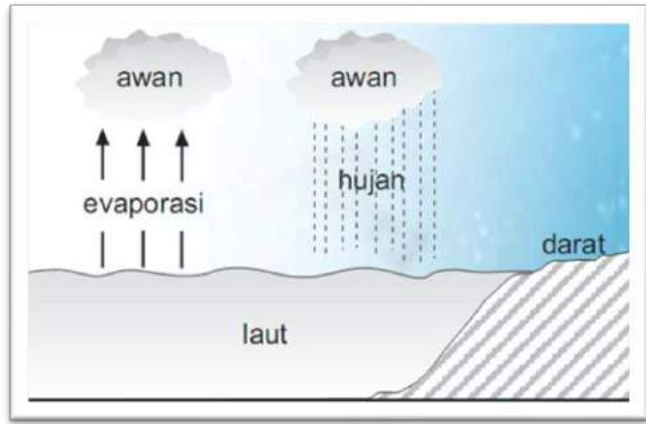
Secara umum bagan alir distribusi air hujan dalam proses hidrologi dapat dilihat pada Gambar 3 yang disajikan sebagai bentuk transformasi hyetograph menjadi *streamflow hydrograph* melalui berbagai proses di bumi dan di atmosfer.



Gambar 7. Distribusi input presipitasi dalam siklus hidrologi

Macam-Macam dan Tahapan Proses Siklus Air :

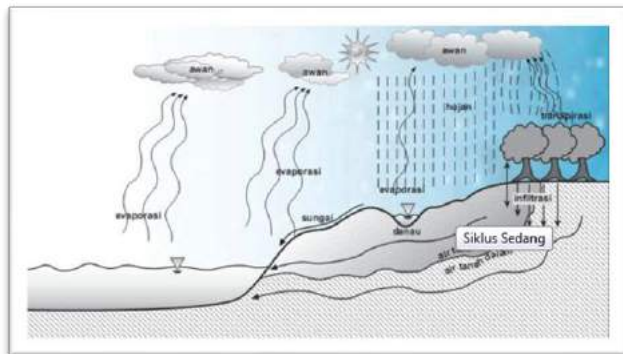
1. Siklus Pendek / Siklus Kecil



Gambar 8. Siklus pendek Air

- 1) Air laut menguap menjadi uap gas karena panas matahari
- 2) Terjadi kondensasi dan pembentukan awan
- 3) Turun hujan di permukaan laut

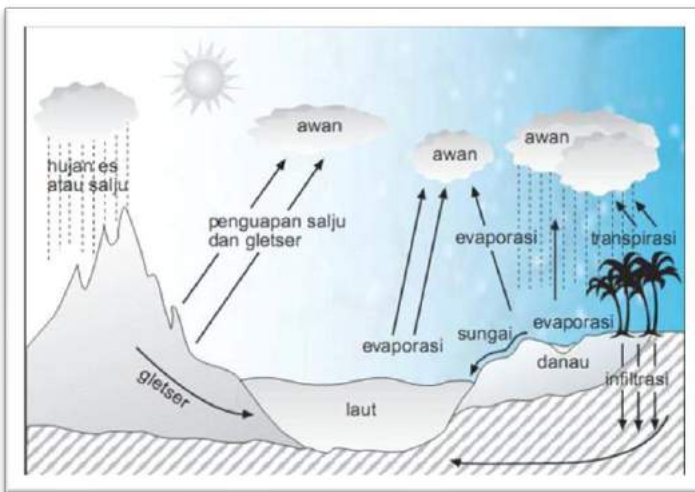
2. Siklus Sedang



Gambar 9. Siklus sedang Air

- 1) Air laut menguap menjadi uap gas karena panas matahari
- 2) Terjadi evaporasi
- 3) Uap bergerak oleh tiupan angin ke darat
- 4) Pembentukan awan
- 5) Turun hujan di permukaan daratan
- 6) Air mengalir di sungai menuju laut kembali

3. Siklus Panjang / Siklus Besar



Gambar 10. Siklus Panjang

- 1) Air laut menguap menjadi uap gas karena panas matahari
- 2) Uap air mengalami sublimasi
- 3) Pembentukan awan yang mengandung kristal es
- 4) Awan bergerak oleh tiupan angin ke darat
- 5) Pembentukan awan

- 6) Turun salju
- 7) Pembentukan gletser
- 8) Gletser mencair membentuk aliran sungai
- 9) Air mengalir di sungai kemudian ke laut.

2.3 Siklus Nitrogen

Sebagai salah satu unsur pembatas pertumbuhan, nitrogen memainkan peran penting dalam mengontrol produktivitas biologis. Beberapa bahagian dari siklus biogeokimiawi nitrogen di laut turut berperan dalam rangkaian 'feedback' yang mengatur iklim, pembentukan sedimen biogenik, dan kadar beberapa bahan kimia dalam air laut. Karena keberadaan nitrogen secara alamiah dalam tingkat oksidasi yang beragam, nitrogen cenderung mengalami reaksi redoks yang mengakibatkan nitrogen memiliki siklus biogeokimiawi yang kompleks. Siklus yang kompleks tersebut ditambah dengan variabilitas spasial dan temporal nitrogen yang besar menyebabkan siklus nitrogen di laut sulit dipelajari. Keadaan ini mengakibatkan pengetahuan kita tentang aliran global dan ukuran cadangan dimana nitrogen tersimpan memiliki tingkat ketidakpastian yang cukup tinggi. Data yang tersedia mengindikasikan bahwa siklus biogeokimiawi nitrogen di laut tidak dalam kondisi 'steady state', dan perkiraan tentang beberapa sumber nitrogen yang terikat terlampau rendah.

Kegiatan manusia telah meningkatkan aliran nitrogen global. Laju aliran nitrogen terikat kedalam laut meningkat secara signifikan karena kegiatan buangan limbah dan pertanian. Pertanian menyebabkan erosi tanah dan limpasan pupuk. Di beberapa lokasi, aliran antropogenik nitrogen ini melampaui masukan alami dari sungai dan telah mengakibatkan eutrofikasi pada perairan estuari. Nitrogen juga menghilang dari biosfer daratan karena biomassa yang terbakar, khususnya di hutan hujan tropika. Proses-proses ini bersama-sama dengan pembakaran bahan bakar fosil telah meningkatkan kandungan nitrogen oksida dalam atmosfer. Pencemaran udara ini membantu pembentukan ozon pada troposfer, tetapi menyebabkan kerusakan lapisan ozon pada stratosfer. Dalam tulisan ini, biogeokimia siklus nitrogen di laut diuraikan dalam kaitan dengan status 'steady state' dan berbagai gangguan yang disebabkan oleh masukan antropogenik.

a. Jenis-Jenis Nitrogen

Proses kimiawi nitrogen di laut terutama dikontrol oleh reaksi redoks melalui perantaraan fitoplankton dan bakteri. Akibatnya, nitrogen dalam air laut dan sedimen berada pada tingkat oksidasi yang beragam. Jenis-jenis nitrogen yang secara alami paling dominan dengan tingkat oksidasinya disajikan dalam Tabel 1. Jenis-jenis nitrogen inorganik (NO_3^-). NO_3^- ,

NO_2^- dan NH_4^- seringkali dinamakan sebagai *Dissolved Inorganic Nitrogen (DIN)*.

Tabel 1. Jenis-jenis Nitrogen di laut

Jenis	Rumus Molekul	Bilangan Oksidasi Nitrogen
Ion Nitrat	NO_3^-	+V
Ion Nitrit	NO_2^-	+III
Gas Nitrous Oksida	N_2O	+I
Gas Nitric Oksida	NO	+II
Gas Nitrogen	N_2	0
Gas Amonia	NH_3	-III
Ion Amonium	NH_4^+	-III
Amina organic	RNH_2	-III

Bilangan oksidasi nitrogen dari semua senyawa organik adalah-III. Senyawa organik nitrogen yang paling dominan adalah senyawa humat (*humic*), kemudian diikuti oleh nitrogen organik yang terdapat dalam jumlah yang lebih sedikit meliputi asam amino, asam nukleat, gula amino, dan urea beserta polimernya (misalnya DNA, RNA dan khitin).

Fungsi utama senyawa-senyawa nitrogen organik diduga dalam proses osmoregulasi, jadi hampir seluruhnya berada dalam bentuk larutan sebagai bagian dari matriks intraselular. Senyawa-senyawa amina ini sangat penting dan terdapat dalam jumlah besar pada organisme laut dan pesisir yang mengalami fluktuasi salinitas. Senyawa tersebut dikeluarkan ke dalam air laut sebagai *Dissolved Organic Matter (DOM)* dan kemudian

terurai menjadi jenis-jenis dengan berat molekular rendah, seperti metil, dimetil dan trimetil amina.

Dalam Gambar 1. Perkiraan dan besaran dari aliran-aliran ini masih memiliki tingkat ketidakpastian yang tinggi. Ukuran dari cadangan utama nitrogen diberikan dalam Tabel 2. Ukuran cadangan tersebut juga masih mengandung ketidakpastian, misalnya ukuran cadangan amonia di atmosfer bervariasi dengan perbedaan satu digit (*one order of magnitude*) (LIBES, 1992).

Sebagaimana disajikan dalam Tabel 2, kebanyakan nitrogen berada dalam bentuk N_2 , sehingga tidak dapat digunakan secara mudah, karena hanya organisme penangkap nitrogen yang mampu memecahkan ikatan rangkap tiga yang kuat dari N_2 . Kebanyakan nitrogen terikat yang terlarut dalam air laut adalah berbentuk nitrat dan asam humat. Biota laut mengandung kurang dari 0,002 persen kandungan nitrogen di laut yang tersebar merata pada biomassa tumbuhan dan bakteri. Meskipun biota darat mengandung persentase nitrogen yang lebih besar (2,74%), tetapi sebagian besar terdapat dalam bentuk biomassa tumbuhan.

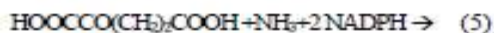
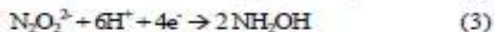
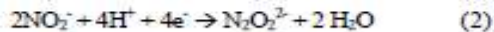
Tabel 2. Cadangan tempat penyimpanan utama Nitrogen (dalam 10^{15} g N) (ROSSWALL, T. (dalam: BOLIN & COOK, 1983)

<i>Atmosfer</i>		% total
Nitrogen dimolekular (N ₂)	3.900.000	>99,999
Nitrous oksida	1,4	<0,0001
Amonia	0,0017	<0,0001
Amonium	0,00004	<0,0001
Nitric oksida + Nitrogen dioksida (NO _x)	0,0006	<0,0001
Nitrat	0,0001	<0,0001
Nitrogen organik	0,001	<0,0001
	Total	100

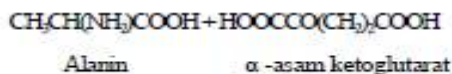
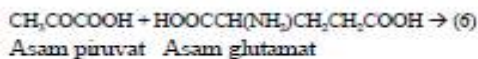
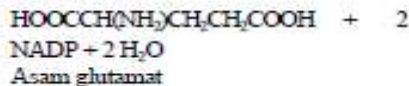
<i>Laut</i>		
Biomass tumbuhan	0,30	0,001
Biomass hewan	0,17	0,0007
Biomass mikroba	0,02	0,00006
Bahan organik mati (terlarut)	530	2,3
Bahan organik mati (partikulat)	3-240	0,01-0,1
Nitrogen dimolekular (N ₂ , terlarut)	22.000	95,2
Nitrous oksida	0,2	0,009
Nitrat	570	2,5
Nitrit	0,5	0,002
Amonium	7	0,03
	Total	100
<i>Pedosfer termasuk biota</i>		
Biomass tumbuhan	11-14	2,6
Biomass hewan	0,2	0,04
Biomass mikroba	0,5	0,1
Sampah (<i>litter</i>)	1,9-3,3	0,5
Tanah: Bahan organik	300	63
Inorganik	160	34
	Total	100
<i>Litosfer</i>		
Batu karang (rock)	190.000.000	99,8
Sedimen	400.000	0,2
Cadangan batubara	120	0,00006
	Total	100

b. Asimilasi nitrogen oleh fitoplankton

Di laut produksi primer dibatasi oleh ketersediaan nitrogen. Beberapa organisme foto-ototrof dapat mengikat nitrogen, tetapi organisme ini terbatas pada lingkungan benthik anaerobik, sehingga hanya ditemui di estuari. Fitoplankton oseanik adalah bukan organisme pengikat N_2 sehingga fitoplankton harus memenuhi kebutuhan nitrogennya melalui penyerapan atau asimilasi jenis-jenis nitrogen terlarut yaitu nitrat, nitrit, amonium dan urea. Sesudah mengalami proses transpor di dinding sel, nitrogen diubah menjadi metabolit, misalnya protein, melalui serangkaian reaksi anabolik berikut. Jika nitrit yang diasimilasi, rangkaian reaksi anabolik berawal dari reaksi (2); dan jika ammonium yang diasimilasi reaksi anabolik dimulai dengan reaksi (5).



α -asam ketoglutarat



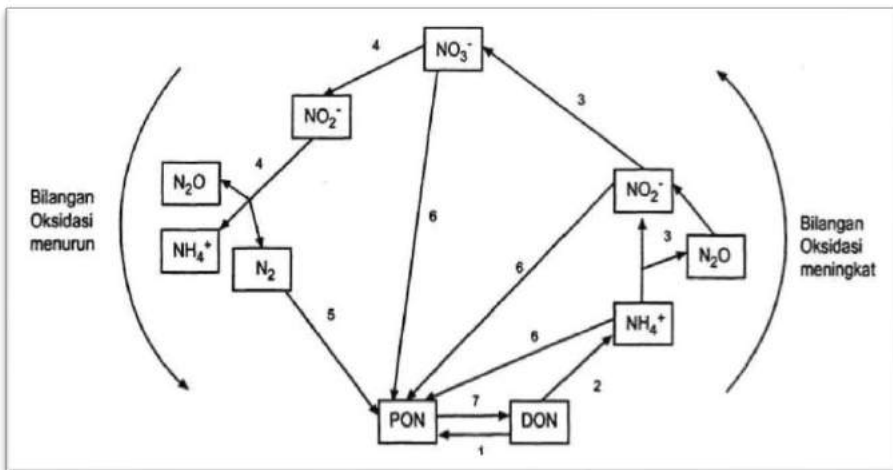
Jika nitrat atau nitrit yang diasimilasi, nitrogen harus direduksi ketingkat oksidasi -III. Dalam bentuk yang tereduksi (NH_3), nitrogen bereaksi dengan salah satu asam karboksilat, yaitu α -Asam ketoglutarat seperti reaksi (5). Hasilnya adalah sebuah asam amino yang dalam contoh di atas adalah asam glutamat.

Sebagaimana ditunjukkan dalam reaksi (6), asam amino yang lain dapat dibentuk melalui transfer gugus amina dari asam amino ke karbon dari asam karboksilat lain. Reaksi tersebut disebut 'transaminasi'. Keseluruhan proses dimana nitrat atau nitrit direduksi membentuk bahan organik, disebut 'reduksi nitrogen asimilatori, karena nitrit memiliki tingkat oksidasi yang lebih rendah daripada nitrat, maka proses perubahan menjadi bentuk organik membutuhkan energi yang lebih sedikit. Bahkan untuk urea dan ammonium, energi yang diperlukan lebih sedikit lagi dibanding nitrit. Karena itu urea dan amonium terlarut dimanfaatkan terlebih dahulu dibanding nitrit dan nitrat dalam mekanisme pemanfaatan DIN oleh fitoplankton.

c. Transformasi Heterotrofik Nitrogen

Particulate Organic Nitrogen (PON) = Nitrogen Organik Partikulat yang disintesis oleh fitoplankton mempunyai dua kemungkinan nasib. Kemungkinan pertama, fitoplankton akan mati, sel-selnya mengalami penguraian (*lysis*), dan *Dissolved*

Organic Nitrogen (DON) = Nitrogen Organik Terlarut yang dilepaskan akan diuraikan oleh bakteri. Kemungkinan kedua, sel-sel fitoplankton dikonsumsi oleh protozoa atau zooplankton. Ekskresi dan eksudasi dari kedua konsumen tersebut juga melepaskan DON seperti halnya *lysis* sel-sel setelah mati. Bakteri mengoksidasi DON melalui serangkaian reaksi, sebagaimana disajikan dibagian sebelah kanan Gambar 2. Hasil oksidasi (DIN) dapat direduksi oleh fitoplankton melalui asimilasi nutrisi atau DIN direduksi oleh bakteri heterotrofik yang memanfaatkan DIN sebagai akseptor elektron. Proses ini dinamakan reduksi nitrogen disimilatori, karena nitrogen tereduksi dilepaskan ke air bukan menjadi bagian biomassa bakteri. Proses reduksi ini diperlihatkan dibagian sebelah kiri Gambar 2 bersama-sama dengan fiksasi nitrogen.

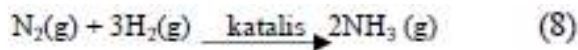


Gambar 11. Skema Siklus Biogeokimiawi Nitrogen: 1) remineralisasi, 2) amonifikasi, 3) nitrifikasi, 4)

denitrifikasi (reduksi nitrat disimilatori), 5) fiksasi nitrogen, 6) reduksi nitrogen asimilatori, 7) asimilasi DON (LIBES, 1992).

Gangguan Anthropogenik

Walaupun siklus nitrogen di laut mungkin berada dalam kondisi 'steady state', kegiatan manusia kemungkinan telah menyebabkan sebuah perubahan yang cukup signifikan dalam berbagai aliran nitrogen, sehingga mengganggu keseimbangan alami. Sebagaimana diperlihatkan dalam Tabel 6, sebagian besar fiksasi nitrogen pada saat ini adalah akibat berbagai kegiatan manusia. Kebanyakan fiksasi nitrogen oleh industri terjadi karena proses Born-Haber berikut ini,



Amonia yang dihasilkan kemudian diubah ke dalam bentuk yang sesuai dengan peruntukannya, seperti pupuk atau kegunaan lain. Meskipun sebagian dari nitrogen yang terikat ini menghasilkan penambahan biomas, sebagian besar terbawa ke dalam sungai oleh aliran air tanah dan air permukaan. Praktek pertanian yang buruk juga ikut berperan dalam meningkatkan beban nitrogen pada sungai dengan mempercepat laju erosi tanah. Apabila dikombinasikan dengan input buangan, sumber-sumber nitrogen antropogenik ini telah melampaui aliran alami nitrogen dalam sungai pada beberapa kawasan estuari. Di Teluk Chesapeake, dekomposisi bahan organik ini secara periodik

menyebabkan terjadinya kondisi anoksik dan sebagian kelebihan nitrogen hilang dalam denitrifikasi. Perubahan dalam jumlah relatif berbagai bentuk DIN dan tingkat redoks juga akan mengubah jumlah dan tipe organisme yang dijumpai pada estuari yang terkontaminasi berat.

Tabel 3. Perbandingan sumber alami dan antropogenik Nitrogen terikat (1 Tg = 10^{12} g) (Delwiche, dalam Libes, 1992)

Sumber	Laju (Tg N/tahun)
Biologis alami	60
Proses atmosferik	7,4
Legume tanaman berbuah butiran (kacang, kedelai dll)	40,6
Legume tanaman pakan ternak	28,4
Bahan bakar fosil dan pembakaran lain	19,8
Fiksasi industri	40

Karena tingkat ketidakpastian yang relatif tinggi dari data-data laju transpor nitrogen global, pada saat ini tidak mungkin untuk menentukan apakah siklus nitrogen di laut dalam keadaan 'steady state' atau tidak. Laju transpor sangat sulit ditentukan, karena variabilitas temporal dan spasial berskala kecil dalam proses-proses seperti pertumbuhan fitoplankton dan input sungai. Selain itu, sejumlah besar jenis-jenis unsur kimia harus dimasukkan dalam penghitungan budget. Hal ini memerlukan sejumlah besar sampling dan

analisis sampel. Terlebih lagi, siklus nitrogen dipengaruhi pula oleh variabilitas berjangka panjang sebagai akibat fluktuasi faktor-faktor lingkungan, antara lain sirkulasi 'thermohaline' (*Great Conveyor Belt of the Ocean*) dan iklim. Kedua faktor ini mempengaruhi berbagai proses yang mengontrol laju masuk dan keluarnya nitrogen kedalam sistem laut.

Jangka waktu berbagai pengamatan yang telah dilakukan, secara umum kurang memadai untuk mendeteksi kecenderungan bersifat jangka panjang tersebut dan secara geografis sangat terbatas untuk melakukan penilaian tentang keberadaan 'steady state' dalam skala waktu yang pendek sekalipun. Misalnya, sebaran nitrogen organik pada permukaan sedimen dari sepertiga luas laut yang masih belum diketahui sampai sekarang, akibatnya, laju pengendapan global PON sulit diperkirakan. Demikian pula dengan perkiraan denitrifikasi yang dibatasi oleh ketiadaan informasi kuantitatif tentang reduksi pada zona mikro anoksik, serta produksi dan keluarnya N_2O dari permukaan laut.

Ketidakpastian yang cukup tinggi, ditemui pula dalam pengetahuan kita tentang laju masuknya nitrogen ke dalam laut. Hal ini sebagian disebabkan oleh permasalahan yang berkaitan dengan sampling di sungai. Masalah logistik mengakibatkan sampling hujan dan aerosol menjadi sangat sulit, sehingga perkiraan input yang terkait dengan angin/

aliran udara (*aeolian*) masih mengandung ketidakpastian. Perkiraan laju fiksasi nitrogen global bervariasi dengan dua digit, karena kesulitan analitik dan pengetahuan yang tak lengkap mengenai jenis-jenis organisme yang mampu memfiksasi nitrogen.

Perubahan yang tak terlampau besar dalam perkiraan laju, mempunyai dampak besar pada perhitungan budget global. Jadi, tingkat presisi yang lebih baik dalam perkiraan aliran diperlukan sebelum keberadaan 'steady state' dapat dievaluasi. Walaupun demikian, setidaknya-tidaknya upaya untuk mengkonstruksi budget nitrogen laut global telah dan sedang dilakukan. Berdasarkan penghitungan siklus nitrogen yang telah dilakukan, kondisi 'steady state' dapat tercapai bila beberapa laju pasokan nitrogen jauh lebih rendah atau beberapa ukuran 'sink' lebih besar. Evaluasi terhadap berbagai model, menunjukkan bahwa aliran nitrogen yang belum diketahui (*missing*) dan terlewatkan dalam perhitungan berkisar dari 2×10^{12} sampai dengan 74×10^{12} g/th. Perbedaan ini sebagian besar disebabkan oleh perbedaan dalam laju pengendapan PON dan aliran gas N_2O yang keluar dari permukaan laut ke atmosfer. Kebanyakan pakar kimia laut menghipotesiskan, bahwa nitrogen yang 'missing' berasal dari fiksasi N_2 , yang pada kenyataannya hasil perkiraannya jauh dari tingkat semestinya.

Begitu banyak nitrogen dimasukkan ke dalam perairan pesisir, sehingga kadar nutrisi meningkat dan hal ini diduga akan menstimulasi produktivitas pesisir. Dampak seperti itu merupakan sebuah kebetulan yang menguntungkan, karena juga mengkonsumsi CO₂, sehingga mengurangi kenaikan kadar gas ini dalam atmosfer yang disebabkan oleh pembakaran bahan bakar fosil dan deforestasi. Pembakaran bahan bakar fosil dan deforestasi juga merupakan 'sink' bagi nitrogen terikat, karena menyebabkan nitrogen organik diubah menjadi nitrogen oksida. Nitrogen oksida memberikan kontribusi terhadap proses terjadinya hujan asam dan pembentukan ozon di lapisan bawah atmosfer. Ozon adalah komponen kabut bercampur asap fotokimiawi yang membahayakan kesehatan. Di lapisan atas atmosfer, nitrogen oksida turut merusak ozon dan hal ini juga membahayakan kesehatan, karena ozon pada stratosfer menyerap cahaya ultraviolet. Oleh karena itu, melapisi/melindungi permukaan bumi dari radiasi elektromagnetik bersifat mutagenik. Kenaikan kadar nitrogen oksida dalam atmosfer akan meningkatkan kadar keseimbangan normal dalam atmosfer (NAEC = *Normal Atmospheric Equilibrium Concentration*), karenanya akan merubah tingkat kemampuan laut untuk bertindak sebagai sumber atau 'sink' gas-gas tersebut.

Semua *input* antropogenik ini memiliki potensi untuk merubah produktivitas laut secara signifikan. Siklus *feedback*

positif menghubungkan produksi biologis dengan siklus biogeokimiawi dari oksigen dan karbon. Jadi, berbagai gangguan ini dapat mengubah tingkat redoks air laut, dampaknya juga akan mengubah laju pengendapan detritus biogenik. Hal ini pada gilirannya memiliki potensi untuk mempengaruhi iklim global, serta laju sirkulasi dan posisi paras laut.

Beberapa jenis bakteri yang dapat menambat nitrogen terdapat pada akar legume tumbuhan lain, misalnya *Marsiella*. Siklus nitrogen merupakan proses pembentukan dan penguraian nitrogen sebagai sumber protein utama di alam. Nitrogen menjadi penyusun utama protein dan sangat diperlukan oleh tumbuhan dan hewan dalam jumlah besar. Nitrogen diperlukan tumbuhan dalam bentuk terikat (ikatan suatu senyawa dengan unsur lain). Nitrogen bebas dapat difiksasi (di ikat) di dalam tanah oleh bakteri yang bersifat simbiotik dan dapat mengikat protein jika bekerjasama dengan akar tumbuhan polong, yang mempunyai bintil akar, rumpun tropik, dan beberapa jenis ganggang *crenata*. Selain itu terdapat bakteri dalam tanah yang dapat memikat nitrogen secara langsung, yaitu *acetobacter* sp yang bersifat aerob dan *clostridium* sp. yang bersifat anaerob. Selain itu, terdapat beberapa jenis spesies ganggang biru yang dapat menambat nitrogen, antara lain *nostoc* sp. dan *anabaena* sp.

Tumbuhan memperoleh nitrogen di dalam tanah berupa amonia (NH_3), ion nitrit (NO_2^-), dan ion nitrat (NO_3^-). Dalam tanah nitrogen terdapat dalam organik tanah di berbagai tahap pembusukan, namun belum dapat dimanfaatkan tumbuhan. Nitrogen yang dimanfaatkan tumbuhan biasanya terikat dalam bentuk ammonium dan (NH_4^+) ion nitrat (NO_3^-).

Amonia diperoleh dari hasil penguraian jaringan yang mati dan oleh bakteri. Amonia ini dapat dinitrifikasi oleh bakteri nitrit, yaitu nitrosomonas dan nitrosococcus menjadi (NO_2^-). Selanjutnya oleh bakteri denitrifikasi, yaitu pseudomonas denitrifikasi, nitrat diubah kembali menjadi ammonia dan ammonia diubah kembali menjadi nitrogen yang dilepas bebas ke udara. Dengan cara ini siklus nitrogen akan berulang dalam ekosistem.

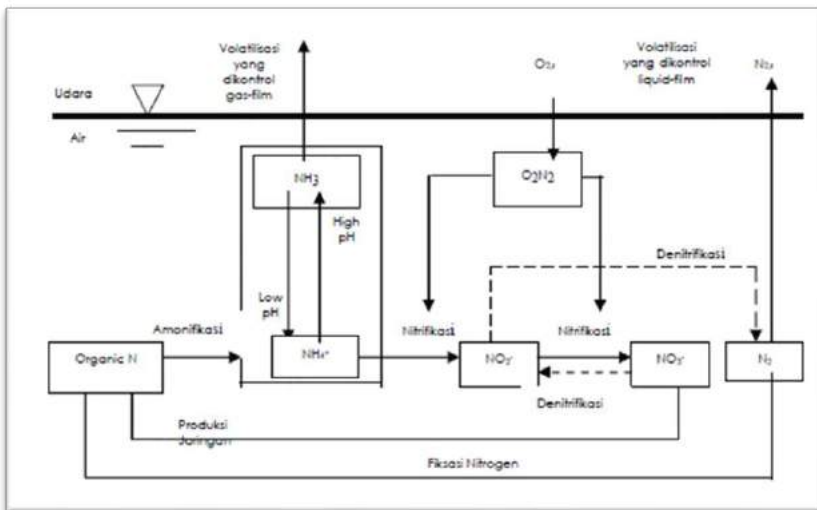
Nitrat sangat mudah larut dalam tanah, sehingga cepat hilang karena proses pembusukan. Taraf ketersediaan nitrogen dalam tanah tergantung pada banyaknya bahan organik, populasi zat-zat renik, dan tingkat pembasuhan tanah oleh air. Dalam keadaan alami terjadi keseimbangan antara laju pertumbuhan dan gaya-gaya yang menentukan penyediaan nitrogen dalam tanah. Proses pemanenan menyebabkan sejumlah besar nitrogen terikat hilang akibat tanah mengalami pembasuhan oleh gerak aliran air dan kegiatan jasad renik. Selain itu nitrogen terikat juga hilang, karena diambil oleh bakteri pengubah nitrat menjadi nitrogen. Hal ini menyebabkan

pertanian intensif sangat tergantung pada tambahan pupuk nitrogen.

Nitrogen berpengaruh terhadap tingkat oksigen di dalam air. Juga dapat dilihat problem-problem kualitas air lainnya yang terjadi. Problem-problem tersebut dibagi ke dalam dua kategori (Chapra, 1997). Kategori tersebut adalah nitrifikasi/denitrifikasi dan eutrofikasi. Untuk problem ini, nitrogen berperan sebagai penyebab problem pada problem nitrogen itu sendiri. Kategori kedua polusi nitrat dan toksisitas amonia. Di dalam kasus ini, nitrogen merupakan jenis polutan yang sesungguhnya. Semua problem yang muncul saling berhubungan antara satu dengan lainnya. Dari Gambar 4, dapat diuraikan sebagai berikut;

1. Nitrifikasi/denitrifikasi. Amonia mengakibatkan *loading* secara langsung dan mendekomposisi nitrogen organik yang dioksidasi di dalam dua langkah proses untuk membentuk nitrit (NO_2^-) dan nitrat (NO_3^-). Proses ini membutuhkan oksigen sehingga dapat mengakibatkan deplesi kadar oksigen di dalam air. Jika kondisi anaerobik, nitrat dapat direduksi menjadi nitrit dan nitrit diubah ke dalam nitrogen bebas dengan cara denitrifikasi.
2. Eutrofikasi. Karakteristik lainnya, nitrogen merupakan nutrisi yang penting bagi pertumbuhan tanaman. Oleh karena itu dapat bertindak sebagai pupuk yang dapat mempercepat pertumbuhan tanaman, proses ini disebut eutrofikasi.

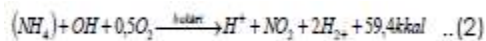
3. Polusi nitrat. Hasil akhir dari proses nitrifikasi adalah nitrat. Pada konsentrasi yang tinggi, nitrat di dalam air minum dapat mengakibatkan efek yang serius atau bahkan fatal terhadap bayi. Masalah seperti itu sering muncul pada kawasan pertanian sebagai sumber nitrat (*nonpoint source*) yang berasal dari penggunaan pupuk yang berlebihan, sehingga mengakibatkan nitrifikasi dari sumbernya (*point source*).



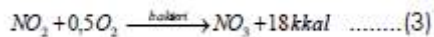
Gambar 12. Siklus nitrogen pada air alami. Garis putus-putus mengindikasikan reaksi denitrifikasi, kondisi berubah menjadi anaerobik. Walaupun tidak digambarkan pada diagram ini, produksi jaringan dari Nitrogen organik (*organic N*) dapat mempengaruhi kadar oksigen pada badan air (Chapra, 1997).

d. Fenomena Kimiawi dan Biologis dalam Siklus Nitrogen

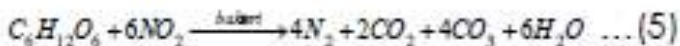
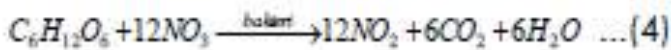
Siklus diawali dengan masuknya nitrogen dan amonia dari buangan domestik dan industri ke dalam badan air. Nitrogen organik mengalami reaksi hidrolisis menghasilkan amonia yang merupakan sumber makanan bakteri nitrogen. Proses oksidasi kemudian terjadi oleh bakteri *Nitrosomonas*, mengubah amonia menjadi nitrit dan selanjutnya bakteri *Nitrobacter* mengoksidasi nitrit menjadi nitrat, dengan reaksi sebagai berikut :



Setelah nitrit terbentuk, selanjutnya dioksidasi menjadi nitrat oleh bakteri jenis *Nitrobacter*, dengan reaksi sebagai berikut:



Reaksi (2) dan (3) di atas lazim disebut sebagai proses **nitrifikasi**. Selanjutnya dalam keadaan konsentrasi oksigen terlarut yang rendah terjadi reduksi nitrat menjadi nitrit diikuti lebih lanjut reduksi nitrit menjadi amonia dan gas nitrogen, dengan reaksi sebagai berikut:

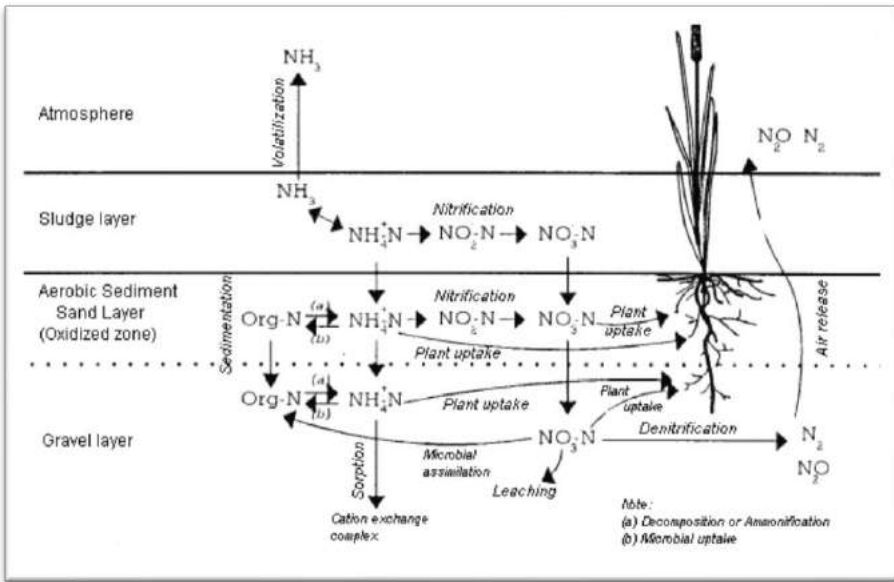


Reaksi-reaksi tersebut menyediakan oksigen untuk mikroorganisme yang digunakan dalam keseimbangan materi organik tanpa mengganggu oksigen terlarut yang ada.

Gas nitrogen banyak terdapat di atmosfer, yaitu 80% dari udara. Nitrogen bebas dapat ditambat/difiksasi terutama oleh tumbuhan yang berbintil akar (misalnya jenis polongan) dan beberapa jenis ganggang. Nitrogen bebas juga dapat bereaksi dengan hidrogen atau oksigen dengan bantuan kilat/ petir.

Tumbuhan memperoleh nitrogen dari dalam tanah berupa amonia (NH_3), ion nitrit (NO_2^-) dan ion nitrat (NO_3^-). Beberapa bakteri yang dapat menambat nitrogen terdapat pada akar Legum dan akar tumbuhan lain, misalnya *Marsiella crenata*. Selain itu, terdapat bakteri dalam tanah yang dapat mengikat nitrogen secara langsung, yakni *Azotobacter sp.* yang bersifat aerob dan *Clostridium sp.* yang bersifat anaerob. *Nostoc sp.* dan *Anabaena sp.* (ganggang biru) juga mampu menambat nitrogen.

Nitrogen yang diikat biasanya dalam bentuk amonia. Amonia diperoleh dari hasil penguraian jaringan yang mati oleh bakteri. Amonia ini akan dinitrifikasi oleh bakteri nitrit, yaitu *Nitrosomonas* dan *Nitrosococcus* sehingga menghasilkan nitrat yang akan diserap oleh akar tumbuhan. Selanjutnya oleh bakteri denitrifikan, nitrat diubah menjadi amonia kembali, dan amonia diubah menjadi nitrogen yang dilepaskan ke udara. Dengan cara ini siklus nitrogen akan berulang dalam ekosistem. Lihat Gambar.



Gambar 13. Siklus Nitrogen di Alam (Koottatep, Polprasert & Oanh, 2000)

2.4 Siklus Fosfor

a. Keberadaan Unsur Fosfor

Di perairan unsur fosfor tidak ditemukan dalam bentuk bebas sebagai elemen, melainkan dalam bentuk senyawa anorganik yang terlarut (ortofosfat dan polifosfat) dan senyawa organik yang berupa partikulat. Senyawa fosfor membentuk kompleks ion besi dan kalsium pada kondisi aerob, bersifat tidak larut, dan mengendap pada sedimen sehingga tidak dapat dimanfaatkan oleh algae akuatik (Jeffries dan Mill dalam Effendi 2003).

Fosfor merupakan bahan makanan utama yang digunakan oleh semua organisme untuk pertumbuhan dan sumber energi. Fosfor di dalam air laut, berada dalam bentuk senyawa organik dan anorganik. Dalam bentuk senyawa organik, fosfor dapat berupa gula fosfat dan hasil oksidasinya, nukleoprotein dan fosfo protein. Sedangkan dalam bentuk senyawa anorganik meliputi ortofosfat dan polifosfat. Senyawa anorganik fosfat dalam air laut pada umumnya berada dalam bentuk ion (orto) asam fosfat (H_3PO_4), dimana 10% sebagai ion fosfat dan 90% dalam bentuk HPO_4^{2-} . Fosfat merupakan unsur yang penting dalam pembentukan protein dan membantu proses metabolisme sel suatu organisme (Hutagalung et al, 1997).

Sumber fosfat diperairan laut pada wilayah pesisir dan paparan benua adalah sungai. Karena sungai membawa hanyutan sampah maupun sumber fosfat daratan lainnya, sehingga sumber fosfat dimuara sungai lebih besar dari sekitarnya. Keberadaan fosfat di dalam air akan terurai menjadi senyawa ionisasi, antara lain dalam bentuk ion H_2PO_4^- , HPO_4^{2-} , PO_4^{3-} . Fosfat diabsorpsi oleh fitoplankton dan seterusnya masuk kedalam rantai makanan.

Senyawa fosfat dalam perairan berasal dari sumber alami seperti erosi tanah, buangan dari hewan dan pelapukan tumbuhan, dan dari laut sendiri. Peningkatan kadar fosfat dalam air laut, akan menyebabkan terjadinya ledakan populasi (blooming) fitoplankton yang akhirnya dapat menyebabkan

kematian ikan secara massal. Batas optimum fosfat untuk pertumbuhan plankton adalah 0,27 - 5,51 mg/liter (Hutagalung et al, 1997).

Fosfat dalam air laut berbentuk ion fosfat. Ion fosfat dibutuhkan pada proses fotosintesis dan proses lainnya dalam tumbuhan (bentuk ATP dan Nukleotid koenzim). Penyerapan dari fosfat dapat berlangsung terus walaupun dalam keadaan gelap. Ortofosfat (H_3PO_4) adalah bentuk fosfat anorganik yang paling banyak terdapat dalam siklus fosfat. Distribusi bentuk yang beragam dari fosfat di air laut dipengaruhi oleh proses biologi dan fisik. Dipermukaan air, fosfat di angkut oleh fitoplankton sejak proses fotosintesis. Konsentrasi fosfat di atas $0,3 \mu m$ akan menyebabkan kecepatan pertumbuhan pada banyak spesies fitoplankton. Untuk konsentrasi dibawah $0,3 \mu m$ ada bagian sel yang cocok menghalangi dan sel fosfat kurang diproduksi.

Mungkin hal ini tidak akan terjadi di laut sejak NO_3 selalu habis sebelum PO_4 jatuh ke tingkat yang kritis. Pada musim panas, permukaan air mendekati 50% seperti organik-P. Di laut dalam kebanyakan P berbentuk inorganik. Di musim dingin hampir semua P adalah inorganik. Variasi di perairan pantai terjadi karena proses upwelling dan kelimpahan fitoplankton. Pencampuran yang terjadi dipermukaan pada musim dingin dapat disebabkan oleh bentuk linear di air dangkal. Setelah musim dingin dan musim panas kelimpahan fosfat akan sangat

berkurang. Fosfor berperan dalam transfer energi di dalam sel, misalnya yang terdapat pada ATP (Adenosine Triphosphate) dan ADP (Adenosine Diphosphate).

Ortofosfat yang merupakan produk ionisasi dari asam ortofosfat adalah bentuk fosfor yang paling sederhana di perairan. Ortofosfat merupakan bentuk fosfor yang dapat dimanfaatkan secara langsung oleh tumbuhan akuatik, sedangkan polifosfat harus mengalami hidrolisis membentuk ortofosfat terlebih dahulu sebelum dapat dimanfaatkan sebagai sumber fosfat. Setelah masuk ke dalam tumbuhan, misalnya fitoplankton, fosfat anorganik mengalami perubahan menjadi organofosfat. Fosfat yang berikatan dengan ferri [$\text{Fe}_2(\text{PO}_4)_3$] bersifat tidak larut dan mengendap di dasar perairan. Pada saat terjadi kondisi anaerob, ion besi valensi tiga (ferri) ini mengalami reduksi menjadi ion besi valensi dua (ferro) yang bersifat larut dan melepaskan fosfat ke perairan, sehingga meningkatkan keberadaan fosfat di perairan (Effendi 2003).

Studi tentang sirkulasi fosfor di lingkungan perairan laut merupakan perhatian di berbagai bidang ilmu. Dengan menggunakan ^{32}P para peneliti menghasilkan kesimpulan umum bahwa konsentrasi fosfor akan berubah karena fosfor merupakan salah satu zat yang digunakan oleh fitoplankton dalam proses metabolisme. Damanhuri (1997) menyatakan bahwa kadar fosfat akan semakin tinggi dengan menurnya kedalaman. Konsentrasi

fosfat relatif konstan pada perairan dalam biasanya terjadi pengendapan sehingga nutrien meningkat seiring dengan waktu karena proses oksidasi f dan bahan organik. Adanya proses run off yang berasal dari daratan akan mensuplai kadar fosfat pada lapisan permukaan, tetapi ini tidak terlalu besar. Penambahan terbesar dari lapisan dalam melalui proses kenaikan masa air.

Fosfor muncul pada bagian yang beragam di dalam lingkungan bahari, beberapa muncul dalam bentuk susunan organik seperti protein dan gula, beberapa juga muncul dalam bentuk kalsium organik dan sebagian dalam bentuk inorganik dan partikel besi fosfat, lalu juga dalam bentuk fosfat terlarut, walaupun fosfor muncul dalam konsentrasi dibawah nitrogen, tapi pada kenyataanya fosfor dapat dengan mudah di buat atau tersedia di dalam atau tersedia di dalam zona penetrasi cahaya yang mencegah fosfor menjadi faktor pembatas di dalam produktifitas bahari.

Diperairan, bentuk unsur fosfor berubah secara terus menerus akibat proses dekomposisi dan sintesis antara bentuk organik, dan bentuk anorganik yang dilakukan oleh mikroba. Semua polifosfat mengalami hidrolisis membentuk ortofosfat. Perubahan ini bergantung pada suhu yang mendekati titik didih, perubahan polifosfat menjadi ortofosfat berlangsung cepat. Kecepatan ini meningkat dengan menurunnya nilai pH. Perubahan polifosfat menjadi ortofosfat pada air limbah

yang mengandung banyak bakteri lebih cepat dibandingkan dengan perubahan yang terjadi pada air bersih.

Keberadaan fosfor di perairan alami biasanya relative kecil, dengan kadar yang lebih sedikit dari pada kadar nitrogen. Fosfor tidak bersifat toksik bagi manusia, hewan, dan ikan. Keberadaan fosfor secara berlebihan yang disertai dengan keberadaan nitrogen dapat menstimulasi ledakan pertumbuhan algae di perairan (algae bloom). Algae yang berlimpah ini dapat membentuk lapisan pada permukaan air, yang selanjutnya dapat menghambat penetrasi oksigen dan cahaya matahari sehingga kurang menguntungkan bagi ekosistem perairan. Pada saat perairan cukup mengandung fosfor, algae mengakumulasi fosfor di dalam sel melebihi kebutuhannya. Fenomena yang demikian dikenal istilah konsumsi berlebih (luxury consumption). Kelebihan fosfor yang diserap akan dimanfaatkan pada saat perairan mengalami defisiensi fosfor, sehingga algae masih dapat hidup untuk beberapa waktu selama periode kekeurangan pasokan fosfor (Effendi 2003)

Berdasarkan kadar fosfat total, perairan diklasifikasikan menjadi tiga yaitu: perairan dengan tingkat kesuburan rendah yang memiliki kadar fosfat total berkisar antara 0-0.02 mg/liter; perairan dengan tingkat kesuburan sedang memiliki kadar fosfat 0.021- 0.05 mg/liter; dan perairan dengan tingkat kesuburan tinggi, memiliki kadar fosfat total 0.051 - 0.1 mg/liter (Effendi, 2003)

Pehitungan persen pada beragam bentuk fosfat di H_2O , NaCl , air laut, seperti sebuah fungsi pada pH. Di laut dalam ion fosfat bentuknya lebih penting (50% pada $P = 1000$ bar atau 10.000 m). H_2PO_4^- bebas adalah lebih besar dengan persentase 49%, MgPO_4^- , 46%, dan 5% CaHPO_4 Sementara PO_4^{3-} 27% seperti MgPO_4^- dan 73% seperti CaPO_4 .

Di alam, fosfor terdapat dalam dua bentuk, yaitu senyawa fosfat organik (pada tumbuhan dan hewan) dan senyawa fosfat anorganik (pada air dan tanah). Fosfat organik dari hewan dan tumbuhan yang mati diuraikan oleh dekomposer (pengurai) menjadi fosfat anorganik. Fosfat anorganik yang terlarut di air tanah atau air laut akan terkikis dan mengendap di sedimen laut. Oleh karena itu, fosfat banyak terdapat di batu karang dan fosil. Fosfat dari batu dan fosil terkikis dan membentuk fosfat anorganik terlarut di air tanah dan laut. Fosfat anorganik ini kemudian akan diserap oleh akar tumbuhan lagi. Siklus ini berulang terus menerus.

Siklus fosfor, bersifat kritis karena fosfor secara umum merupakan hara yang terbatas dalam ekosistem. Tidak ada bentuk gas dari fosfor yang stabil, oleh karena itu siklus fosfor adalah "endogenik". Dalam geosfer, fosfor terdapat dalam jumlah besar dalam mineral-mineral yang sedikit sekali larut seperti hidroksiapilit, garam kalsium.

Fosfor terlarut dari mineral-mineral fosfat dan sumber-sumber lainnya, seperti pupuk fosfat, diserap oleh tanaman dan

tergabung dalam asam nukleat yang menyusun material genetik dalam organisme. Mineralisasi dari biomassa oleh pembusukan/penguraian mikroba mengembalikan fosfor kepada larutan garamnya yang kemudian dapat mengendap sebagai bahan mineral. Sejumlah besar dari mineral-mineral fosfat digunakan sebagai bahan pupuk, industry kimia, dan "food additives". Fosfor merupakan salah satu komponen dari senyawa-senyawa sangat toksik, terutama insektisida organofosfat.

b.Sumber dan Distribusi

Fosfor merupakan bahan makanan utama yang digunakan oleh semua organisme untuk pertumbuhan dan sumber energi. Fosfor di dalam air laut, berada dalam bentuk senyawa organik dan anorganik. Dalam bentuk senyawa organik, fosfor dapat berupa gula fosfat dan hasil oksidasinya, nukleoprotein dan fosfo protein. Sedangkan dalam bentuk senyawa anorganik meliputi ortofosfat dan polifosfat. Senyawa anorganik fosfat dalam air laut pada umumnya berada dalam bentuk ion (orto) asam fosfat (H_3PO_4), dimana 10% sebagai ion fosfat dan 90% dalam bentuk HPO_4^{2-} .

Fosfat merupakan unsur yang penting dalam pembentukan protein dan membantu proses metabolisme sel suatu organisme (Hutagalung et al, 1997). Sumber fosfat diperairan laut pada

wilayah pesisir dan paparan benua adalah sungai. Karena sungai membawa hanyutan sampah maupun sumber fosfat daratan lainnya, sehingga sumber fosfat dimuara sungai lebih besar dari sekitarnya. Keberadaan fosfat di dalam air akan terurai menjadi senyawa ionisasi, antara lain dalam bentuk ion H_2PO_4^- , HPO_4^{2-} , PO_4^{3-} . Fosfat diabsorpsi oleh fitoplankton dan seterusnya masuk kedalam rantai makanan. Senyawa fosfat dalam perairan berasal dari sumber alami seperti erosi tanah, buangan dari hewan dan pelapukan tumbuhan, dan dari laut sendiri. Peningkatan kadar fosfat dalam air laut, akan menyebabkan terjadinya ledakan populasi (bloom) fitoplankton yang akhirnya dapat menyebabkan kematian ikan secara massal. Batas optimum fosfat untuk pertumbuhan plankton adalah 0,27 – 5,51 mg/liter (Hutagalung et al, 1997).

Fosfat dalam air laut berbentuk ion fosfat. Ion fosfat dibutuhkan pada proses fotosintesis dan proses lainnya dalam tumbuhan (bentuk ATP dan Nukleotid koenzim). Penyerapan dari fosfat dapat berlangsung terus walaupun dalam keadaan gelap. Ortofosfat (H_3PO_4) adalah bentuk fosfat anorganik yang paling banyak terdapat dalam siklus fosfat. Distribusi bentuk yang beragam dari fosfat di air laut dipengaruhi oleh proses biologi dan fisik. Dipermukaan air, fosfat di angkut oleh fitoplankton sejak proses fotosintesis. Konsentrasi fosfat di atas $0,3 \mu\text{m}$ akan menyebabkan kecepatan pertumbuhan pada banyak spesies fitoplankton. Untuk konsentrasi dibawah $0,3 \mu\text{m}$

ada bagian sel yang cocok menghalangi dan sel fosfat kurang diproduksi. Mungkin hal ini tidak akan terjadi di laut sejak NO_3 selalu habis sebelum PO_4 jatuh ke tingkat yang kritis. Pada musim panas, permukaan air mendekati 50% seperti organik-P. Di Laut Dalam kebanyakan P berbentuk inorganik. Di musim dingin hampir semua P adalah inorganik. Variasi di perairan pantai terjadi karena proses upwelling dan kelimpahan fitoplankton. Pencampuran yang terjadi dipermukaan pada musim dingin dapat disebabkan oleh bentuk linear di air dangkal. Setelah musim dingin dan musim panas kelimpahan fosfat akan sangat berkurang.

2.5 Siklus Belerang

Sulfur termasuk salah satu unsur yang terdapat melimpah di alam dengan kandungan dalam kerak bumi mencapai 880 mg/kg. Kadar sulfur (sebagai total sulfur) dalam batuan beku dan batuan sedimen berkisar antara 270-2400 mg/kg, dalam air laut 905 mg/L, sementara dalam air tawar mencapai 3,7 mg/L. Senyawa sulfur yang ditemukan di alam memiliki tingkat oksidasi bervariasi antara -2 sampai +6, dengan tingkat oksidasi yang stabil yaitu -2, 0, dan +6. Sulfur memiliki peran penting dalam sistem biologis yaitu dalam menstabilisasi struktur protein dan dalam proses transfer hidrogen secara enzimatik dalam metabolisme redoks. Berkaitan dengan geomikrobiologi, terdapat setidaknya dua peranan sulfur bagi

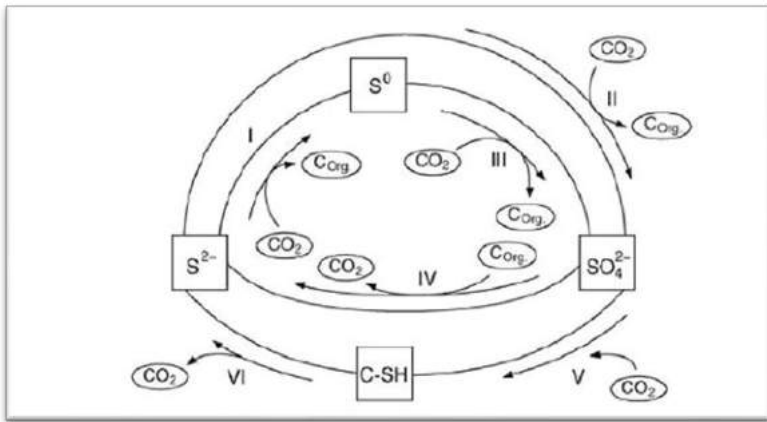
prokaryot, yaitu: i) Dalam bentuk sulfur tereduksi, sulfur berperan sebagai sumber energi dan tenaga pereduksi; ii) Dalam bentuk sulfur teroksidasi dan sulfur elemental, sulfur berperan sebagai akseptor elektron terminal dalam respirasi anaerobik (Ehrlich and Newman, 2009).

Siklus sulfur merupakan salah satu proses biogeokimia utama di alam. Terdapat empat jenis stok senyawa sulfur alamiah utama berdasarkan tingkat oksidasinya dalam siklus sulfur, yaitu senyawa sulfida (S^{2-}), sulfur elemental (S⁰), sulfat dan sulfur-organik (C-SH) (Lens, *et.al.*, 2004). Gambar 1 menunjukkan jalur-jalur reaksi yang terlibat dalam siklus sulfur mikrobial. Perilaku senyawa-senyawa sulfur di perairan dipengaruhi oleh sejumlah organism terutama mikroba. Jalur I, II, III, dan V, melibatkan mikroba autotrof yang menggunakan CO₂ anorganik sebagai sumber karbon. Sedangkan jalur IV dan VI melibatkan mikroba heterotrof yang menggunakan senyawa organik sebagai sumber karbon.

Reaksi oksidasi senyawa sulfur terjadi pada jalur I, II, dan III, sedangkan reaksi reduksi terjadi pada jalur IV dan VI. Oksidasi senyawa sulfur melibatkan mikroorganisme kemoautotrof atau fotoautotrof, seperti bakteri dari genus *Thiobacillus* dan bakteri-sulfur fotosintetik (Chlorobiaceae dan Chromatiaceae).

Dari semua kelompok bakteri pengoksidasi sulfat, hanya kelompok bakteri *thiobacillus* yang mampu menghasilkan sulfat

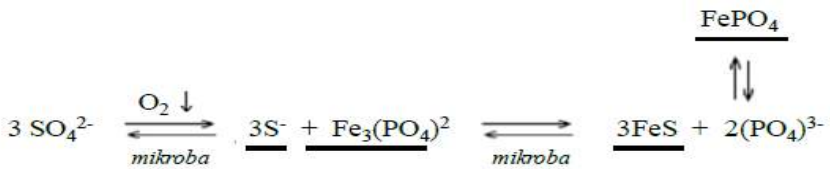
secara langsung tanpa mengakumulasi sulfur dalam proses oksidasi H_2S pada tekanan oksigen normal. Kelompok bakteri lainnya mengakumulasi sulfur. Sulfur yang terakumulasi tersebut akan dioksidasi lebih lanjut menjadi sulfat ketika suplai H_2S menurun atau hilang (Ehrlich and Newman, 2009).



Gambar 14. Skema beberapa jalur berbeda yang terlibat dalam siklus sulfur microbial (Sumber: Lens, *et.al.*, 2004)

Reduksi sulfat menjadi sulfida dilakukan oleh golongan bakteri pereduksi sulfat (SRB, *sulfate reducing bacteria*) pada kondisi anaerobik. Proses ini merupakan proses yang bersifat disimilatoris dimana sulfat berperan sebagai akseptor elektron terminal sementara donor elektron yang digunakannya adalah senyawa-senyawa organik dan hidrogen. Bakteri dari genus *Desulfovibrio*, *Desulfotomaculum*, *Desulfobacter*, *Desulfobulbus*, *Desulfococcus*, *Desulfonema*, dan *Desulfosarcina* merupakan bakteri-bakteri pereduksi sulfat (Lens, *et.al.*, 2004).

Sejumlah studi menunjukkan bahwa siklus sulfur secara geomikrobiologiberhubungan dengan proses pelarutan fosfat (Murphy, et.al., 2001; O'Keefe,2007; Smith and Klug, 1981; Sørensen, 1982). Hasil studi Murphy dan kawankawan(2001) pada sedimen Danau Biwa, Jepang, menghasilkan skenariopelepasan fosfat dari sedimen dalam rangkaian reaksi sebagai berikut:



Sulfur merupakan perubahan sulfur dari hidrogen sulfida menjadi sulfur dioksida lalu menjadi sulfat dan kembali menjadi hidrogen sulfida lagi.Sulfur dialam ditemukan dalam berbagai bentuk. Dalam tanah sulfur ditemukan dalam bentuk mineral, diudara dalam bentuk gas sulfur dioksida dan didalam tubuh organisme sebagai penyusun protein.

Siklus sulfur di mulai dari dalam tanah. yaitu ketika ion-ion sulfat di serap oleh akar dan di metabolisme menjadi penyusun protein dalam tubuh tumbuhan. Ketika hewan dan manusia memakan tumbuhan, protein tersebut akan berpindah ketubuh manusia. Dari dalam tubuh manusia senyawa sulfur mengalami metabolisme yang sisa-sisa hasil metabolisme tersebut diuraikan oleh bakteri dalam lambung berupa gas. Salah satu

zat yang terkandung dalam gas tersebut adalah sulfur. Semakin besar kandungan sulfur dalam gas maka gas akan semakin bau.

Hidrogen sulfida (H_2S) berasal dari penguraian hewan dan tumbuhan yang mati oleh mikroorganisme seperti bakteri dan jamur. Hidrogen sulfida hasil penguraian sebagian tetap berada dalam tanah dan sebagian lagi di lepaskan ke udara dalam bentuk gas hidrogen sulfida. Gas hidrogen sulfida di udara kemudian bersenyawa dengan oksigen membentuk sulfur dioksida. Sedangkan hidrogen sulfida yang tertinggal didalam tanah dengan bantuan bakteri akan diubah menjadi ion sulfat dan senyawa sulfur oksida. Ion sulfat akan diserap kembali oleh tanaman sedangkan sulfur dioksida akan terlepas ke udara. Di udara sulfur dioksida akan bereaksi dengan oksigen dan air membentuk asam sulfat (H_2SO_4) yang kemudian jatuh ke bumi dalam bentuk hujan asam.

Hujan asam juga dapat disebabkan oleh polusi udara seperti asap-asap pabrik, pembakaran kendaraan bermotor, dll. Hujan asam dapat menjadi penyebab korosi batu-batuan dan logam. H_2SO_4 yang jatuh kedalam tanah oleh bakteri di pecah lagi menjadi ion sulfat yang kembali diserap oleh tumbuhan, tumbuhan di makan oleh hewan dan manusia, makhluk hidup mati diuraikan oleh bakteri menghasilkan sulfur kembali. Begitu seterusnya. Siklus sulfur atau daur belerang tidak akan pernah terhenti selama salah satu komponen penting penting seperti tumbuhan masih ada di permukaan bumi ini.

Dalam daur sulfur atau siklus belerang, untuk merubah sulfur menjadi senyawa belerang lainnya setidaknya ada dua jenis proses yang terjadi. Yaitu 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). Kemudian H_2S digunakan oleh bakteri fotoautotrof anaerob (*Chromatium*) dan melepaskan sulfur serta oksigen. Kemudian Sulfur dioksidasi yang terbentuk diubah menjadi sulfat oleh bakteri kemolitotrof (*Thiobacillus*).

Dalam daur belerang, mikroorganisme yang bertanggung jawab pada setiap proses transformasi adalah sebagai berikut :

1. $H_2S \rightarrow S \rightarrow SO_4$ = bakteri sulfur tak berwarna, hijau dan ungu.
2. $SO_4 \rightarrow H_2S$ = bakteri desulfovibrio dalam reaksi reduksi sulfat Anaerobik.
3. $H_2S \rightarrow SO_4$ = bakteri thiobacilli dalam proses reaksi oksidasi sulfide aerobik.
4. Sulfur organik $\rightarrow SO_4 + H_2S$, = mikroorganisme heterotrofik aerobik dan anaerobik.

Siklus belerang relative kompleks dimana melibatkan berbagai macam gas, mineral-mineral yang sukar larut dan beberapa sepsis lainnya dalam larutan. Siklus ini berkaitan

dengan siklus oksigen dimana belerang bergabung dengan oksigen membentuk gas belerang oksida, SO_2 , sebagai bahan pencemar air. Diantara spesi-spesi yang secara signifikan terlihat dalam siklus belerang adalah gas hydrogen sulfide H_2S ; mineral-mineral sulfide seperti PbS ; asam sulfat H_2SO_4 ; belerang oksida, SO_2 komponen utama dari hujan asam; dan belerang yang terikat dalam protein. Hujan asam didefinisikan sebagai segala macam hujan dengan pH di bawah 5,6. Hujan secara alami bersifat asam (pH sedikit di bawah 6) karena karbondioksida (CO_2) di udara yang larut dengan air hujan memiliki bentuk sebagai asam lemah. Jenis asam dalam hujan ini sangat bermanfaat karena membantu melarutkan mineral dalam tanah yang dibutuhkan oleh tumbuhan dan binatang.

Hujan asam disebabkan oleh belerang (sulfur) yang merupakan pengotor dalam bahan bakar fosil serta nitrogen di udara yang bereaksi dengan oksigen membentuk sulfur dioksida dan nitrogen oksida. Zat-zat ini berdifusi ke atmosfer dan bereaksi dengan air untuk membentuk asam sulfat dan asam nitrat yang mudah larut sehingga jatuh bersama air hujan. Air hujan yang asam tersebut akan meningkatkan kadar keasaman tanah dan air permukaan yang terbukti berbahaya bagi kehidupan ikan dan tanaman.

Belerang dari daratan cenderung terbawa air ke laut. Namun belerang di daratan tak tampak habis setelah jutaan tahun. Kapan belerang kembali ke darat? Melalui penguapan,

kata ilmuwan zaman dulu. Tapi tak ada bukti bahwa laut menguapkan hidrogen sulfida ke angkasa. Laut selalu berhawa segar.

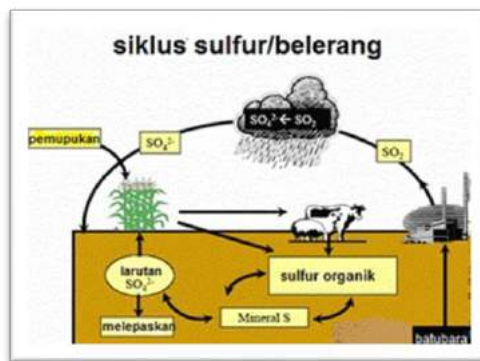
Pertanyaan ini baru terjawab beberapa belas tahun yang lalu. Tumbuhan laut, yang memiliki sel sederhana. Tumbuhan ini berusaha hidup dengan menahan masuknya garam (NaCl) ke dalam selnya. Ini dilakukan dengan membentuk senyawa penahan yang berbahan baku belerang, karena pasok belerang di laut banyak sekali, datang dari daratan. Waktu sel mereka terurai, senyawa penahan ini pecah dan menghasilkan gas dimetil sulfida (DMS) yang lepas ke atmosfer. Kita pasti mengenali bau senyawa ini: segar, mirip ikan segar yang baru diangkat dari laut. Setiap saat, sejumlah besar senyawa ini dilepas ke atmosfer, dan syukurnya, senyawa ini mampu menjadi inti kondensasi uap air. Pada gilirannya, terbentuk awan, yang menjadi hujan. Saat hujan jatuh di darat, senyawa belerang ini dikembalikan ke daratan untuk dimanfaatkan makhluk daratan. Lalu ampasnya, dalam dibuang lagi (duh) ke laut, untuk diolah oleh alga-alga baik hati itu lagi. Yang merupakan bagian dari siklus belerang yang sangat penting adalah adanya gas SO_2 sebagai bahan pencemar dan H_2SO_4 dalam atmosfer. Gas SO_2 dikeluarkan dari pembakaran bahan bakar fosil yang mengandung belerang. Efek utama dari belerang dioksida dalam atmosfer adalah kecenderungan untuk

teroksidasi menghasilkan asam sulfat. Asam ini dapat menyebabkan terjadinya hujan asam (Achmad, Rukaesih; 2004).

d. Proses Terjadinya Siklus Sulfur

Sulfur terjadi akibat dari proses terjadinya pembakaran bahan bakar fosil batu bara atau terjadi akibat adanya aktifitas gunung berapi, lalu asapnya itu akan naik ke atmosfer, atau udara sulfur oksida itu akan berada diawan yang menjadi hidrolidid air membentuk H_2SO_4 , awan akan mengalami kondensasi yang akhirnya menurunkan hujan yang dikenal dengan hujan asam.

Air hujan itu akan masuk kedalam tanah yang akan diubah menjadi Sulfat yang sangat penting untuk tumbuhan. Sulfat hanya terdapat dalam bentuk anorganik (SO_4), sulfat ini yang mampu berpindah dari bumi atau alam ketubuh tanaman/ tumbuhan melalui penyerapan sulfat oleh akar .Sulfur akan direduksi oleh bakteri menjadi sulfida dan berbentuk sulfur dioksida atau hidrogen sulfida.



Gambar 15 . Siklus sulfur

B. LATIHAN

Pada latihan ini anda diminta untuk menjawab pertanyaan-pertanyaan berikut.

10. Jelaskan pengertian dari daur biogeokimia yang terjadi di alam.
11. Jelaskan tentang daur karbon dan hidrogen
12. Jelaskan faktor-faktor yang mempengaruhi terjadinya daur karbon dan hidrogen
13. Jelaskan tentang daur sulfur dan fosfor yang terjadi di alam.
14. Jelaskan faktor-faktor yang mempengaruhi terjadinya daur sulfur dan fosfor
15. Jelaskan keterkaitan tiap daur biogeokimia dengan berbagai kehidupan di alam atau kehidupan pada suatu pulau.

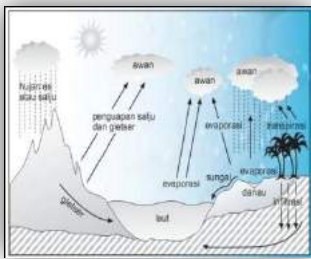
C. PENUGASAN

Di alam termasuk pada suatu pulau dapat pula terjadi daur biogeokimia seperti yang telah diuraikan di atas. Maka setiap makhluk hidup akan selalu membutuhkan komponen lainnya dari lingkungannya termasuk daur biogeokimia, dalam keterkaitan tersebut, maka dengan penyajian materi yang telah disampaikan di atas anda diminta untuk melakukan kegiatan dengan langkah-langkah sebagai berikut.

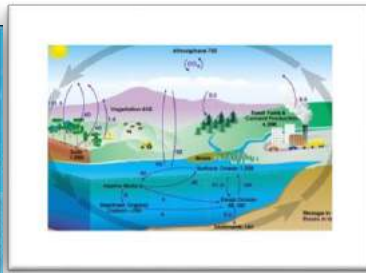
Aktivitas kerja:

6. Bentuk kelompok yang beranggotakan 3-5 orang

7. Kemudian lakukan pengamatan gambar di bawah ini.
8. Tentukan daur yang terjadi pada ke gambar tersebut.
9. Setelah itu diskusikan dengan tema sekelompok bagaimana proses terjadinya masing-masing daur tersebut
10. Laporkan hasil kegiatan anda kepada dosen untuk dinilai



1.



(b)



(c)

D. Daftar Pustaka

- Archer, D.E; H. Kheshgi and E. Maier-Reimer, 1997. Multiple timescales for neutralization of fossil fuel CO₂. *Geophysical Research Letters*, 24, 405- 408.
- Berner, R.A. 1997. The rise of plants and their effect on weathering and atmospheric CO₂. *Science*, 276: 544-546.
- Bender, M.; T Sowers and L. Labethie 1994. The Dole effect and its variations during the last 130,000 years as measured in the Vostok ice core. *Global Biogeochemical Cycles*, 8:363-376.
- Boyd, p.w.; a. Watson; c.s. Law; e. Abraham; t. Trull; r. Murdoch; d.c.e. Barker; a.r. Bowie; k. Buesseler; h. Chang; m. Charette; p. Croot; k. Downing; r. Frew; m. Gall; m. Hadfield; j. Hall; m. Harvey; g. Jameson; j. La roche; m. Liddicoat; r. Ling; m. Maldonado; r.m. Mckay; s. Nodder; s. Pickmere; r. Pridmore; s. Rintoul; k. Safi; p. Sutton; r. Strzepek; k. Tanneberger; s. Turner; a. Waite and j. Zeldis 2000. A mesoscale phytoplankton bloom in the polar Southern Ocean stimulated by iron fertilization. *Nature*, 407:695-702.
- Coale, k.h.; k.s. Johnson; s.e. Fitzwater; r.m. Gordon; s. Tanner; f.p. Chavez; l. Ferioli; c. Sakamoto; p. Rogers; f. Millero; p. Steinberg; p. Nightingale; d. Cooper; w.p. Cochlan; m.r. Landry; j. Constantinou; g. Rollwagen; a. Trasvina and r.

- Kudela 1996. A massive phytoplankton bloom induced by an ecosystem-scale iron fertilization experiment in the equatorial Pacific Ocean. *Nature*, 383: 495-501.
- Falkowski, P.G. 1994. The role of phytoplankton photosynthesis in global biogeochemical cycles. *Photosynthesis Research*, 39: 235-258
- Frankignoulle; M., G. abril; A. Borges; I. Bourge; C. Canon; B. Delille; E. Libert and J.-M. Theate 1998. Carbon dioxide emission from European estuaries. *Science*, 282: 434-436.
- Gattuso, J.P.; M. Frankignoulle and R. Wollast 1998. Carbon and carbonate metabolism in coastal aquatic ecosystems. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 29:405-434.
- Ikhsan Budi Wahyono. 2011. Kajian Biogeokimia. FMIPA UI , Jakarta
- Indermuhle, A.; T.F. Stocker; F. Joss; H. Fischer; H.J. Smith; M. Wahlen; B. Deck; D. Mastroianni; J. Tschumi; T. Blunier; R. Meyer and B. Stauffer 1999. Holocene carbon-cycle dynamics based on CO₂ trapped in ice at Taylor Dome, Antarctica. *Nature*, 398: 121-126.
- IPCC 2001. The carbon cycle and atmospheric carbon dioxide. The Scientific Basis. In *Climate change 2001*: 185-237.
- Keeling, CD. and T.P. Whorf 2000: Atmospheric CO₂ records from sites in the SIO air sampling network. In: *Trends: A*

compendium of data on global change. Carbon Dioxide Information Analysis Center, Oak Ridge National Laboratory, Oak Ridge, Tenn., USA.

Laws, E.A.; P.G. Falkowski; W.O. Smith Jr.; H. Ducklow and J.J. McCarthy 2000. Temperature effects on export production in the open ocean. *Global Biogeochemical Cycles*, 14(4): 1231-1246.

Meybeck, M. 1993. Riverine transport of atmospheric carbon - sources, global typology and budget. *Water, Air and Soil Pollution*, 70: 443-463

Melillo, J.M. and J.R. GOSZ 1983. Interactions of biogeochemical cycles in forest ecosystems. *In: The major biogeochemical cycles and their interactions* BOLIN, B. and R.B. COOK (eds.). John Wiley and Sons, New York: 177-222.

Milliman, J.D. 1993. Production and accumulation of calcium-carbonate in the ocean - budget of a nonsteady state. *Global Biogeochemical Cycles*, 7:927-957.

Noaa 2007. Mechanisms that can abrupt climate change, http://www.ncdc.noaa.gov/paleo/abrupt/model_abrupt.html. 13 April 2007.

Parsons, T. R.; M. TAKASHI and B. HARGRAVE 1984. *Biological Oceanography Process*. Third Edition. Pergamon Press, New York; 61-117.

Pearson, P.N. and M.R. Palmer 2000. Atmospheric carbon dioxide concentrations over the past 60 million years. *Nature*, 406: 695-699.

Schlitzer, R. 2000. Applying the adjoint method for biogeochemical modeling: export of particulate organic matter in the world ocean. *In* : Inverse methods in global biogeochemical cycles. (Kasibhatla, P.; M. Heimann; P. Rayner; N. Mahowald; R.G. Prinn and D.E. Hartley, *Eds*), Geophysical Monograph Series, 114, 107-124.

BAB 5

DISTRIBUSI DAN KELIMPAHAN HEWAN DAN TUMBUHAN DI SUATU PULAU

Biogeografi adalah ilmu yang mempelajari tentang penyebaran organisme di muka bumi. Organisme yang dipelajari mencakup organisme yang masih hidup dan organisme yang sudah punah. Dalam biogeografi dipelajari bahwa penyebaran organisme dari suatu tempat ke tempat lainnya melintasi berbagai faktor penghalang. Faktor-faktor penghalang ini menjadi pengendali penyebaran organisme. Faktor penghalang yang utama adalah iklim dan topografi. Selain itu, faktor penghalang reproduksi dan endemisme menjadi pengendali penyebaran organisme.

Kelimpahan adalah jumlah organisme pada habitat. Distribusi adalah penyebaran organisme pada habitat. Hubungan yang sangat positif antara distribusi dan kelimpahan dapat dihasilkan oleh sebuah mekanisme metapopulasi yang dinamis, yang tidak didasarkan pada perbedaan ekologi dengan kapasitas spesies. Punahnya spesies di suatu lokasi juga dapat diiringi oleh populasi baru dapat terbentuk di lokasi lain yang sesuai dan berdekatan dengan lokasi semula. Berbagai spesies yang hidup dalam habitat sementara dapat digolongkan sebagai metapopulasi. Metapopulasi (populasi dari populasi) adalah

sejumlah populasi yang membentuk suatu mozaik yang dinamis dan saling berhubungan melalui peristiwa-peristiwa migrasi maupun penyebaran pasif atau bisa dikatakan suatu sistem dimana tingkat rata-rata keberadaan serta rekolonisasi yang mengakibatkan terjadinya perpindahan individu-individu yang menjamin terjadinya hubungan secara genetik antara masing-masing sub populasi.

Jika emigran dari sekitar habitat kependudukan berkurang kemungkinan terjadi kepunahan lokal dan jika tingkat imigrasi suatu wilayah sebanding dengan sebagian kecil wilayah yang diduduki, habitatnya cocok kemudian keselamatan efek tak terelakkan menghasilkan sebuah korelasi positif antara distribusi dan kelimpahan. Korelasi tersebut terjadi sebagai konsekuensi dari variasi yang sederhana dalam tingkat daerah imigrasi dan kepunahan sistem metapopulasi atau penduduk setempat.

A. CAPAIAN PEMBELAJARAN

Capaian dalam pembelajaran tentang Distribusi dan Kelimpahan Hewan dan Tumbuhan Di Suatu Pulau adalah sebagai berikut:

8. Mendeskripsikan Distribusi dan Kelimpahan Hewan di Suatu Pulau
9. Mendeskripsikan Distribusi dan Kelimpahan Tumbuhan di Suatu Pulau

10. Memahami Faktor-faktor yang mempengaruhi Distribusi dan Kelimpahan
11. Pengukuran Distribusi dan Kelimpahan

B. KEMAMPUAN AKHIR PEMBELAJARAN

Adapun tujuan akhir pembelajaran yang harus dicapai adalah sebagai berikut:

1. Menguraikan tentang Distribusi dan Kelimpahan Hewan di Suatu Pulau
2. Menguraikan tentang Distribusi dan Kelimpahan Tumbuhan di Suatu Pulau
3. Menyebutkan Faktor-faktor yang mempengaruhi Distribusi dan Kelimpahan
4. Melakukan Pengukuran Distribusi dan Kelimpahan

C. MATERI PERKULIAHAN

1. Pendahuluan

Indonesia memiliki potensi yang sangat besar dalam pengelolaan sumberdaya alam hayati untuk kesejahteraan hidup bangsanya, baik golongan tumbuhan maupun hewan. Jumlah dan jenis keanekaragaman alam hayati melimpah ruah sebagai akibat tanahnya yang subur dibandingkan negara lainnya. Studi tentang penyebaran spesies menunjukkan, spesies-spesies berasal dari suatu tempat, namun selanjutnya

menyebar ke berbagai daerah. Organisme tersebut kemudian mengadakan diferensiasi menjadi subspecies baru dan spesies yang cocok terhadap daerah yang ditempatinya.

Akibat dari hal tersebut di atas maka di permukaan bumi ini terbentuk kelompok-kelompok hewan dan tumbuhan yang menempati daerah yang berbeda-beda. Luas daerah yang dapat ditempati tumbuhan maupun hewan, berkaitan dengan kesempatan dan kemampuan mengadakan penyebaran. Biogeografi mempelajari penyebaran hewan maupun tumbuhan di permukaan bumi. Ilmu yang mempelajari penyebaran hewan di permukaan bumi disebut zoogeografi.

Kawasan Maluku Utara merupakan daerah kepulauan yang memiliki potensi strategis dari sudut pandang keletakannya. Kawasan ini terletak di simpang empat yang menghubungkan kawasan Filipina di utara, New Guinea serta pasifik di Timur, Kepulauan Timor di selatan, dan Sulawesi serta kawasan Indonesia barat lainnya di sebelah baratnya. Letakannya yang berada di zona perantara (Wallacea) membuat kawasan ini sangat baik untuk mengamati keragaman manusia dan budayanya dan endemisme berbagai jenis flora dan fauna, baik yang disebabkan oleh pola perpindahan maupun evolusi setempat. Berikut akan diuraikan persebaran hewan dan tumbuhan di Indonesia.

11. Distribusi dan Kelimpahan Hewan di suatu Pulau

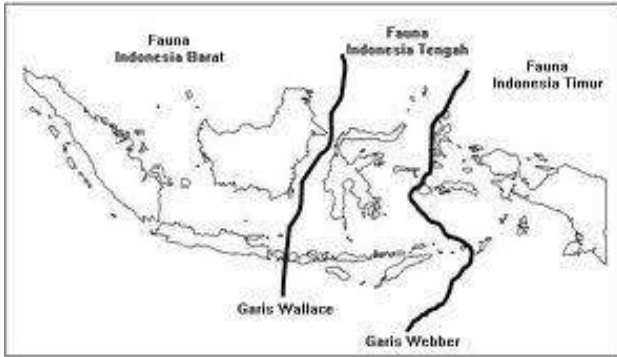
Penyebaran hewan berdasarkan luas cakupannya dapat dibedakan menjadi cakupan geografis, cakupan geologis, dan cakupan ekologis. Cakupan geografis yaitu daerah penyebarannya meliputi daratan dan sistem perairan. Cakupan geologis, yaitu keadaan daratan dan lautan di masa lampau. Cakupan ekologis adalah daerah penyebarannya dengan kondisi lingkungan yang sesuai. Faktor-faktor yang mempengaruhi biota tersebut adalah adanya tekanan dari individu lain yang mendominasi suatu tempat tertentu. Faktor lain adanya kompetisi, predator, penyakit, kekurangan persediaan makanan, perubahan musim dan kurangnya tempat untuk berlindung.

Fauna sering juga diartikan dunia hewan. Arti fauna adalah semua hewan yang hidup di suatu daerah atau pada zaman tertentu, sedangkan uraian fauna Indonesia terbatas pada zaman sekarang ini. Suatu daerah mempunyai ciri lingkungan tertentu yang berpengaruh terhadap jenis dan kehidupan hewan. Indonesia mempunyai berbagai macam lingkungan sebagai wilayah tempat hidup dan berkembangnya fauna. Pulau-pulau besar dan kecil yang jumlahnya lebih dari 13.000 buah, perairan yang luasnya mencapai lebih dari tiga juta kilometer persegi, dan terletak di sekitar khatulistiwa, merupakan tempat tinggal dari berbagai jenis fauna.

Di Indonesia terdapat lebih dari 500 jenis hewan menyusui (Mamalia), lebih dari 4.000 jenis ikan (Pisces), lebih dari 1.600 jenis burung (Aves), lebih dari 1.000 jenis hewan Reptil dan Amfibi, serta lebih dari 200.000 jenis serangga (insecta). Jenis-jenis ikan meliputi ikan yang hidup di air tawar, air payau, maupun air asin. Jenis-jenis serangga meliputi yang hidup di dalam tanah, di tempat gelap, merayap di dalam kayu lapuk, maupun yang terbang. Di samping itu masih banyak jenis cacing, lintah, siput, dan kerang.

a. Pembagian Fauna di Indonesia

Jenis-jenis dan persebaran hewan yang ada di Indonesia mempunyai kaitan dengan sejarah terbentuknya kepulauan Indonesia. Indonesia bagian barat, yang meliputi Sumatera, Kalimantan, Jawa, dan pulau-pulau kecil di sekitarnya pernah menjadi satu dengan Benua Asia. Indonesia bagian timur, Papua, dan pulau-pulau di sekitarnya pernah menjadi satu dengan Benua Australia. Indonesia bagian tengah, Pulau Sulawesi bersama pulau di sekitarnya, Kepulauan Nusa Tenggara dan Kepulauan Maluku, merupakan wilayah yang tidak termasuk Benua Asia maupun Australia.



Gambar 1. Pembagian wilayah persebaran fauna di Indonesia
 Sumber: Ulvaamelia, 2013

1) Pembagian Fauna Menurut Wallace

Pada tahun 1910 (tiga tahun sebelum ia wafat), Wallace dengan mempertimbangkan keunggulan bentuk fauna Asia di Sulawesi, menyimpulkan bahwa fauna Sulawesi tampak demikian khas, sehingga Wallace menduga bahwa Sulawesi dahulu pernah bersambung dengan Benua Asia maupun Benua Australia. Wallace membuat garis yang ditarik dari sebelah timur Filipina, melalui Selat Makassar dan antara Bali dan Lombok yang dikenal dengan Garis Wallace dengan kemudian Wallace menggeser garis yang telah ditetapkan sebelumnya ke sebelah timur Sulawesi. Sulawesi merupakan daerah peralihan antara fauna Asia dengan fauna Australia. Wallace mengelompokkan jenis fauna di Indonesia menjadi tiga, yaitu:

✓ *Fauna Asiatis* (Tipe Asia), Fauna Asiatis banyak terdapat di Indonesia bagian barat sampai Selat Makassar dan Selat Lombok. Beberapa jenis fauna Asiatis antara lain:

1. Gajah Sumatera (*Elephas maximus sumatrensis*) adalah salah satu dari sub spesies gajah Asia yang memiliki habitat di Pulau Sumatera serta menjadi mamalia terbesar di Indonesia. Seluruh sub spesies gajah Asia merupakan Satwa Terancam Punah (*Critically Endangered*) sejak tahun 1986 yang tercatat dalam daftar merah Lembaga Konservasi Dunia (IUCN-RedList). Gajah Sumatera menghadapi ancaman serius berupa kegiatan deforestasi hutan, pembalakan liar, penyusutan dan fragmentasi habitat, perburuan gading gajah, maupun pembunuhan akibat konflik gajah-manusia. Percepatan konversi hutan menjadi perkebunan dan tanaman komersial mengancam kelangsungan hidup populasi gajah Sumatera dalam jangka panjang. Saat ini populasi gajah Sumatera berkisar antara 2.400 - 2.800 ekor yang tersebar di beberapa kantong populasi.



Gambar 2. Gajah Sumatera
Sumber:merdeka.com, 2012

Hewan yang berjenis jantan dapat mencapai tinggi 1,7-2,6 meter dengan berat 4-6 ton serta memiliki gading gajah Sumatera jantan yang lebih pendek dari spesies gajah Asia lainnya terutama Gajah India yang memiliki postur tubuh yang besar. Sedangkan gajah Sumatera betina memiliki gading yang sangat pendek dan tersembunyi di balik bibir atasnya. Gajah Sumatera (*Elephas Maximus Sumatrenus*) biasa berjalan menjelajah sejauh 20 km per hari untuk mencari makan berupa daun-daun. Dalam sehari gajah butuh 150kg daun-daunan dan 180 liter air minum.

Herbivora raksasa ini dapat berumur sampai 70 tahun di alam liar dan sangat cerdas karena memiliki otak yang lebih besar dibandingkan dengan mamalia darat lain. Telinga yang cukup besar membantu gajah mendengar dengan baik dan membantu mengurangi panas tubuh seperti darah panas dingin ketika mengalir di bawah permukaan telinga. Belalainya digunakan untuk mendapatkan makanan dan air, dan memiliki tambahan dapat memegang (menggenggam) di ujungnya yang digunakan seperti jari untuk meraup.

2. Badak. Di Indonesia terdapat 2 jenis badak, yaitu Badak Jawa dan Badak Sumatera. Badak Jawa (*Rhinoceros sondaicus sondaicus*) merupakan salah satu mamalia besar terlangka di dunia yang ada diambang kepunahan. Dengan hanya sekitar 50 ekor individu di alam liar, spesies ini diklasifikasikan sebagai

sangat terancam (critically endangered) dalam Daftar Merah IUCN.

Ujung Kulon menjadi satu-satunya habitat yang tersisa bagi badak Jawa di Indonesia. Populasi lain dari sub-spesies yang berbeda hanya tersisa di Vietnam. Status badak Jawa dilindungi sejak 1931 di Indonesia, yang diperkuat dengan penetapan Ujung Kulon di barat daya pulau Jawa sebagai taman nasional sejak 1992.



Gambar 3. Badak Jawa
Sumber: awsassets.wwf.or.id, 2014

Badak Jawa pernah hidup di hampir semua gunung-gunung di Jawa Barat, diantaranya berada hingga di atas ketinggian 3000 meter di atas permukaan laut. Pada tahun 1960-an, diperkirakan sekitar 20 sd 30 ekor badak saja tersisa di TN Ujung Kulon. Populasinya meningkat hingga dua kali lipat pada tahun 1967 hingga 1978 setelah upaya perlindungan dilakukan dengan ketat, yang didukung oleh WWF Indonesia.

Sejak akhir tahun 1970-an, jumlah populasi Badak Jawa tampaknya stabil dengan angka maksimum pertumbuhan populasi 1% per tahun.



Gambar 4. Badak Sumatera
Sumber: bappeda.pekanbaru.go.id, 2014

Badak Sumatera (*Dicerorhinus sumatrensis*) yang beratnya mencapai sekitar 1 ton, merupakan badak terkecil yang masih hidup, serta mempunyai tonjolan kecil selain cula sehingga terkesan bercula dua. Habitat (tempat hidup) badak Sumatera adalah pada daerah tergenang diatas permukaan laut sampai daerah pegunungan yang tinggi (dapat juga mencapai ketinggian lebih dari 2000 meter di atas permukaan laut). Tempat hidup yang penting bagi dirinya adalah cukup makanan, air, tempat berteduh dan lebih menyukai hutan lebat. Pada cuaca yang cerah sering turun ke daerah dataran rendah, untuk mencari tempat yang kering. Pada cuaca panas ditemukan berada di hutan-hutan di atas bukit dekat air terjun.

Senang makan di daerah hutan sekunder. Habitat badak Sumatera di Gunung Leuser, terbatas pada hutan-hutan primer pada ketinggian antara 1000-2000 meter diatas permukaan laut.

Badak Sumatera merupakan satwa liar yang senang berjalan. Dalam satu harinya, badak ini dapat menempuh perjalanan sejauh 12 km dalam waktu 20 jam. Separuh jarak tersebut dilakukan pada malam hari untuk mencari makan, sedangkan aktifitas di siang hari lebih ditujukan untuk mencari atau menuju tempat berkubang atau berendam di sungai-sungai kecil atau rawa-rawa dangkal.

3. Banteng hanya terdapat di Jawa dan di Kalimantan dalam jumlah sedikit. Banteng merupakan hewan yang besar, tegap dan kuat dengan memiliki bahu depan yang lebih tinggi daripada bagian belakang. Dikepala ada sepasang tanduk. Pada Banteng jantan dewasa tanduknya berwarna hitam mengkilap, runcing dan melengkung ke arah depan (*medio anterior*), sedangkan pada betina dewasa tanduknya lebih kecil dan melengkung kebelakang. Sebelum tahun 1940, banteng dapat ditemukan pada semua dataran rendah di Pulau Jawa, tetapi sekarang banteng hanya dapat diketemukan dalam suaka margasatwa dan cagar alam yang ada di Pulau Jawa.



Gambar 5. Banteng Jawa
Sumber: nationalgeographic.co.id, 2014

Populasi banteng Jawa di taman Nasional Baluran tahun 2012 tercatat hanya ada 26 banteng jawa yang terlihat, jumlah itu jauh lebih sedikit dibandingkan tahun 1992 yang mencapai 338 ekor. Menurunnya populasi banteng jawa itu di antaranya karena perburuan liar, predasi (dimangsa organisme/binatang predator), dan menurunnya kualitas serta kuantitas habitat banteng. Beberapa tahun terakhir, ketersediaan rumput pakan banteng berkurang.

4. Kerbau liar terdapat di Minangkabau dan Jawa. Kerbau adalah binatang memamah biak yang menjadi ternak bagi banyak bangsa di dunia, terutama Asia. Hewan ini adalah domestikasi dari kerbau liar (orang India menyebutnya arni) yang masih dapat ditemukan di daerah-daerah Pakistan, India, Bangladesh, Nepal, Bhutan, Vietnam, Cina, Filipina, Taiwan, Indonesia, dan Thailand. Kerbau dewasa dapat memiliki berat

sekitar 300 kg hingga 600 kg. Kerbau liar dapat memiliki berat yang lebih, kerbau liar betina dapat mencapai berat hingga 800 kg dan kerbau liar jantan dapat mencapai berat hingga 1200 kg. Berat rata-rata kerbau jantan adalah 900 kg dan tinggi rata-rata di bagian pundak kerbau adalah 1,7 meter.



Gambar 6. Kerbau Sumatera
Sumber: indianamind, 2014

Total populasi kerbau di Sumatera Utara adalah 259.672 ekor pada tahun 2005, sedangkan pada tahun 2006 menjadi 261.308 ekor, sekitar 11,87% dari populasi kerbau nasional. Di Sumatera Utara kerbau menyebar pada hampir semua kabupaten/kota dengan distribusi terpadat pada Kabupaten Tapanuli Selatan (60.948), Simalungun (39.833), Karo (24.718), Toba Samosir (20.882), Tapanuli Utara (19.777) dan Deli Serdang (15.312).

5. Harimau Sumatera (*Panthera tigris*). Pada mulanya ada 3 jenis harimau di Indonesia, yaitu harimau Bali, harimau Jawa,

dan harimau Sumatera. Namun kini tinggal harimau Sumatera saja yang masih hidup. Harimau Sumatera hanya dijumpai di pulau Sumatera, terutama di hutan-hutan dataran rendah sampai dengan pegunungan. Wilayah penyebarannya pada ketinggian 0-2.000 m dpl, tetapi kadang-kadang juga sampai ketinggian lebih dari 2.400 m dpl. Satwa predator ini setiap hari harus mengkonsumsi 5-6 kg daging yang sebagian besar (75%) terdiri atas hewan-hewan mangsa dari golongan rusa.



Gambar 7. Harimau Sumatera
Sumber: panorama-magz.com, 2016

Di Sumatera, rusa sambar (*Cervus sp*) dan muntjak (*Muntiacus muntjak*) adalah hewan mangsa utama bagi harimau, meskipun hewan mangsa yang lebih kecil juga menjadi pakannya. Sebagai hewan pemangsa utama (*top predator*), harimau memerlukan wilayah habitat yang luas supaya dapat hidup dan berkembang biak. Daerah jelajah harimau Sumatera jantan telah diketahui sekitar 110 km² dan betinanya mempunyai kisaran daerah jelajah antara 50-70 km². Memprihatinkan karena jumlah semua

harimau Sumatera hanya tinggal sekitar 500 ekor. Penebangan hutan yang serampangan dan perburuan liar dituding sebagai penyebab langkanya harimau ini.

6. Macan tutul (*Panthera pardus*). Saat ini hanya terdapat di Jawa menghuni kawasan perlindungan dan sedikit sekali yang secara liar hidup di hutan. Macan tutul (*Panthera pardus*) adalah satwa yang mempunyai daya adaptasi tinggi terhadap berbagai tipe habitat. Berdasarkan aspek lokasi, macan tutul mampu hidup mulai dari hutan hujan tropis hingga savana yang gersang, dan dari pegunungan hingga batas pemukiman. Sedangkan dari aspek topografi dan iklim, macan tutul memiliki toleransi tinggi terhadap variasi kelerengan, temperatur, dan curah hujan. Menurut data yang diperoleh IUCN Redlist pada tahun 2008, populasi Macan Tutul Jawa hanya berkisar 250 ekor saja. Namun instansi dalam negeri mengatakan bahwa jumlah populasinya masih berkisar 500 ekor.



Gambar 8. Macan Tutul
Sumber: simomot, 2014

7. Beruang madu (*Helarctos malayanus*) terdapat di Sumatera dan Kalimantan. Beruang madu dapat hidup pada berbagai tipe habitat yang berbeda. Terdapat di kawasan hutan yang luas dan kadang memasuki kebun-kebun di daerah-daerah yang terpencil. Biasanya tidur dan istirahat di siang hari di atas pohon dengan tinggi 2 sampai 7 meter dari permukaan tanah. Membuat sarang dari dahan-dahan kecil di atas pohon untuk tidur, mirip yang dilakukan mawas orangutan, tetapi biasanya lebih dekat ke batang pohon dan kurang tersusun rapi. Biasanya aktif mencari makan pada malam hari. Hewan ini tidak melakukan hibernasi. Makanan utama berupa vertebrata kecil, madu, rayap, buah-buahan dan “umbut” pohon kelapa. Sabah dan Kalimantan beruang madu dominan hidup di hutan *dipterocarp* namun juga dapat ditemukan di pegunungan rendah dan hutan rawa. Di Kalimantan Tengah beruang madu juga ditemukan di habitat rawa gambut hutan sekunder. Populasi Beruang Madu di Hutan Lindung Sungai Wain (HLSW) Kota Balikpapan diperkirakan tinggal 50 ekor.



Gambar 9. Beruang Madu

Sumber: getborneo.com, 2015

8. Orangutan (*Pongo pyomaeus*) terdapat di Sumatera dan Kalimantan. Menurut taksonomi sekarang, ada dua jenis orangutan yang masih hidup, yaitu Sumatera dan Kalimantan. Kedua jenis ini terisolasi secara geografis paling sedikit sejak 10.000 tahun yang lalu ketika permukaan laut antara Sumatera dan Kalimantan naik. Orangutan (*Pongo* sp.) merupakan satu-satu kera besar yang terdapat di Asia. Pada masa Pleistocene satwa ini tersebar di seluruh Asia Tenggara, dari Selatan Cina di Utara hingga ke Jawa, Indonesia di Selatan, saat ini penyebaran orangutan hanya terbatas di pulau Sumatera dan Borneo dan keduanya dinyatakan sebagai spesies terpisah, yaitu *Pongo abelii* di Sumatera dan *Pongo pygmaeus* di Borneo.



Gambar 10. Orangutan
Sumber: diarykonservasi.files, 2015

Populasi terakhir diperkirakan sekitar 55.000 individu di pulau Borneo dan 6,600 individu di Sumatera. Orangutan hidup di hutan tropis, mulai dari dataran rendah hingga pegunungan dengan ketinggian 1.500 meter di atas permukaan laut. Orangutan cenderung menyendiri dan tidak membuat keluarga atau kelompok. Biasanya hanya betina yang diikuti dengan satu atau dua anaknya yang belum mandiri. Sedangkan jantan hanya saat berpasangan dengan betina pada musim kawin.

9. Bekantan (*Nasalis larvatus*) hanya terdapat di Kalimantan. Bekantan dikenal juga dengan sebutan kera Belanda, bekara, raseng, pika dan bentangan. Wajahnya berwarna merah kecoklatan dan tidak berbulu walaupun ketika bayi berwarna biru tua. Tangan bekatan bersifat prehensile yang dapat

memegang benda dengan jari tangannya. Warna tubuhnya bervariasi, bagian belakang atau punggung atas dan bahu berwarna coklat kemerahan pada bagian kepalanya. Hidung jantan dewasa panjang dan melengkung ke bawah, sedangkan pada betina hidungnya lebih kecil, pendek dan ramping ke arah depan. Habitat bekantan adalah hutan rawa, hutan bakau dekat sungai, atau vegetasi nipah (*Nipa fruticans*) dan rawa bakau sepanjang pantai, teluk atau daerah pasang surut. Pada umumnya bersifat arboreal (aktivitas hidup banyak dilakukan di atas pohon). Sumber pakannya terdiri dari daun-daun muda, dan buah bakau.



Gambar 11. Bekantan
Sumber: jpnn.com, 2011

Kepala Balai Konservasi Sumber Daya Alam (BKSDA) Kalsel Bambang Dahono mengungkapkan, populasi bekantan di Kalsel saat ini setidaknya hanya tersisa 50 persen dari jumlah

populasi semula atau hanya sekitar 300 ekor. Hal tersebut terjadi lantaran habitat binatang sejenis monyet khas Kalimantan tersebut terganggu oleh aktivitas manusia yang tidak bertanggung jawab.

Di kawasan Suaka Marga Satwa Kuala Lupak, Barito Kuala populasi bekantan hanya tinggal 209 ekor saja. Populasi bekantan di tiga daerah yang juga dikenal sebagai habitat bekantan juga terus berkurang. Di Pulau Kaget misalnya, saat ini bekantan diperkirakan hanya berjumlah 32 ekor. Populasi bekantan di Pulau Kembang jumlahnya lebih sedikit lagi yakni hanya mencapai 6 ekor.

10. Siamang (*Hylobates klossi*) terdapat di Sumatera, Kalimantan, dan Jawa. Siamang merupakan jenis kera tidak berekor yang terbesar dibanding dengan jenis *Hylobates* lainnya, mempunyai kantung suara yang dipergunakan pada saat siamang bersuara serta memiliki lengan yang lebih panjang dan lebih kuat. Siamang mempunyai badan yang berbulu hitam seluruhnya, panjang dan kelihatan seperti kusut, kecuali sekitar mulut berwarna agak keputihan. Siamang memiliki kantung suara di bawah dagu yang dapat dipergunakan untuk resonansi suara ketika bersuara atau berteriak. Habitat siamang adalah kawasan yang terdiri dari berbagai komponen, baik fisik maupun biotik, yang merupakan satu kesatuan dan dipergunakan sebagai tempat hidup serta berkembangbiaknya satwa-satwa liar.

Siamang menempati hutan tropis primer atau sekunder mulai dataran rendah hingga perbukitan dengan ketinggian 3.800 m.



Gambar 12. Siamang
Sumber: uajy.ac.id, 2014

Populasi siamang saat ini telah kehilangan sekitar 66% habitat aslinya, yang semula seluas 340.000 km² menjadi hanya 120.000 km². Selain ancaman habitat, siamang juga menghadapi ancaman perburuan untuk dijadikan hewan peliharaan. Jumlah siamang di alam diperkirakan sekitar 31.000 ekor yang mendiami daerah seluas 20.000 km² dari habitat yang tersisa. Keberadaan siamang tersebut di alam semakin terancam akibat perburuan liar serta terganggunya ekosistem hutan. Faktor utama penyebab kelangkaan primata sendiri adalah rusaknya habitat, yaitu terjadinya fragmentasi habitat dan terjadinya perburuan satwa liar untuk diperdagangkan.

11. Elang Jawa (*Spizaetus bartelsi*) yang merupakan inspirasi dari lambang negara Indonesia, yaitu Garuda. Elang Jawa

(*Spizaetus bartelsi*) merupakan burung endemik Jawa yang saat ini terancam punah. Saat ini diperkirakan jumlah burung ini di alam tinggal 52-61 pasang dengan tambahan 15-20 pasang di kawasan yang belum disurvei. Sebaran elang ini terbatas di Pulau Jawa, dari ujung barat (Taman Nasional Ujung Kulon) hingga ujung timur di Semenanjung Blambangan Purwo. Namun demikian penyebarannya kini terbatas di wilayah-wilayah dengan hutan primer dan di daerah perbukitan berhutan pada peralihan dataran rendah dengan pegunungan. Sebagian besar ditemukan di separuh belahan selatan Pulau Jawa. Agaknya burung ini hidup berspesialisasi pada wilayah berlereng.



Gambar 13. Elang Jawa
Sumber:kwikku.com, 2014

Elang Jawa menyukai ekosistem hutan hujan tropika yang selalu hijau, di dataran rendah maupun pada tempat-tempat yang lebih tinggi. Mulai dari wilayah dekat pantai seperti di

Ujung Kulon dan Meru Betiri, sampai ke hutan-hutan pegunungan bawah dan atas hingga ketinggian 2.200 m dan kadang-kadang 3.000 m dpl. Populasinya hanya tinggal 250 ekor saja. Tersebar hampir merata di sekitar hutan di pulau Jawa seperti di Gunung Slamet, Gunung Salak, Gunung Anjasmoro, Gunung Kawi, Taman Nasional Baluran, Taman Nasional Alas Purwo Taman Nasional Gunung Halimun, Taman Nasional Gede Pangrango dan Taman Nasional Muara Betiri.

12. JalakBali (*Leucopasar rothschildi*) merupakan burung endemik di Bali yang menghuni hutan musim ujung barat Laut Bali. Jalak Bali (*Leucopsar rothschildi*) walaupun memiliki habitat yang berbeda mereka biasanya melakukan aktivitas pada daerah yang datar baik itu untuk tidur maupun bersarang mencari makan dan minum. Jalak Bali tidak pernah dijumpai terbang di pekarangan ataupun tempat-tempat aktivitas manusia, karena Jalak Bali lebih liar dari jenis-jenis Jalak yang lainnya. Tempat yang disukai adalah hutan alam dan pantai yang belum terjamah serta tegalan yang agak jarang yang umumnya memiliki percabangan rendah.



Gambar 14. Jalak Bali

Sumber: balipost.com, 2014

Burung Jalak Bali (*Leucopsar rothschildi*) bersarang di dalam lubang-lubang pohon yang tingginya berkisar antara 2,5-7 m dari tanah. Sarangnya dibuat dari ranting-ranting semak yang kering dan rumput kering. Lubang sarang berdiameter sekitar 10 cm. Pohon-pohon yang digunakan untuk sarang adalah Laban (*Vitex pubescens*), Kesambi (*Scheilchera oleosa*), Pidada (*Soneratia acida*), Talok (*Grewia koordesiana*), Pilang (*Acacia lecophloea*). Saat ini diperkirakan jumlah jalak Bali yang ada di Pulau Dewata sekitar 300 ekor.

13. Merak (*Pavo muticus*) hanya terdapat di Jawa. Populasi terbesar di Jawa terdapat di 3 taman nasional, yaitu di Ujung Kulon, Alas Purwo, dan Baluran. Burung Merak merupakan

salah satu jenis burung yang dilindungi di Indonesia berdasarkan SK Mentan No 66/Kpts/Um/2/1973 dan Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No 7 tahun 1999. Menurut ICBP (*The International Council for Bird Preservation*) merak hijau sebagai jenis burung yang tergolong terancam secara keseluruhan (*globally threatened*) baik populasi maupun habitatnya, sedangkan CITES mencantumkan merak hijau ke dalam Appendix II, merak hijau dari alam tidak bisa langsung diperdagangkan dan BirdLife International (2007) memasukkan golongan burung yang *endangered*. Tekanan terhadap populasi dan habitat merak Hijau Jawa sangat besar, sehingga kondisi populasinya menurun pada setiap penyebaran lokalnya, habitatnya terfragmentasi bahkan terisolasi.



Gambar 15. Merak

Sumber: flora dan faunaoke, 2016

Tekanan terhadap populasi terutama karena perburuan liar. Namun demikian fakta menunjukkan bahwa merak hijau jawa masih ada (*exist*), hal ini memberikan gambaran bahwa burung

ini tentunya memiliki strategi ekologi tertentu untuk tetap bertahan hidup di alam pada berbagai tipe habitat. Hasil penelitian terhadap populasi merak hijau jawa di TNB maupun di TNAP menunjukkan bahwa ukuran populasi merak hijau jawa pada tiap tipe habitat di kedua taman nasional tergolong kecil antara 24 – 44 ekor.

14. Burung Rangkong yang biasanya menempati pohon-pohon besar seperti beringin di hutan Sumatera dan Kalimantan. Rangkong merupakan kelompok burung yang mudah dikenali karena memiliki ciri khas berupa paruh yang besar dengan struktur tambahan di bagian atasnya yang disebut balung (*casque*). Di Indonesia, ukuran tubuh rangkong berkisar antar 40 cm sampai 150 cm, dengan rangkong terberat mencapai 3,6 kg. Warna bulu didominasi oleh warna hitam untuk bagian badan dan putih pada bagian ekor, sedangkan warna pada bagian leher dan kepala cukup bervariasi. Rangkong termasuk dalam famili Bucerotidae. Mayoritas rangkong banyak ditemukan di daerah hutan dataran rendah hutan perbukitan (0 – 1000 m dpl).



Gambar 16. Rangkong

Sumber: farm.staticflickr.com, 2015

Di daerah pegunungan (> 1000 m dpl) rangkong sudah mulai jarang ditemukan. Jenis rangkong yang besar seperti *Buceros rhinoceros* mendiami pohon-pohon yang sangat besar, karena itu rangkong tetap ada di dan mendiami pohon di hutan sampai pohon tersebut mati/tumbang. Rangkong Papan (*Buceros bicornis*) mendiami tajukpohon bagian atas dari hutan yang didominasi famili Dipterocarpaceae dan hutan yang didominasi oleh tumbuhan yang rutin menggugurkan daun, yang memiliki ketinggian antara 600-2000 meter.

15. Pesut mahakam merupakan sejenis ikan air tawar yang habitatnya hanya terdapat di Sungai Mahakam, Kalimantan. Populasi pesut mahakam yang hidup di Sungai Mahakam, Kalimantan Timur sedang terancam punah karena populasinya kecil, terisolasi dan menghadapi berbagai macam tekanan

terhadap kelangsungan hidupnya. Diperkirakan populasi tertinggi lumba-lumba terdapat di perairan hutan bakau Sunderbarn, Bangladesh dan India dengan populasi sekitar 6000 ekor. Adapun populasi lainnya terdapat di Sungai Mekong Kambodia yaitu sekitar +/- 70 ekor, kemudian di Sungai Ayeyawardi di Myanmar dan Sungai Mahakam Kalimantan Timur. Ketiga lokasi ini dikategorikan memiliki populasi paling kritis (*Critically Endangered*), sedangkan pada lainnya dikategorikan sebagai rentan (*Vulnerable*).



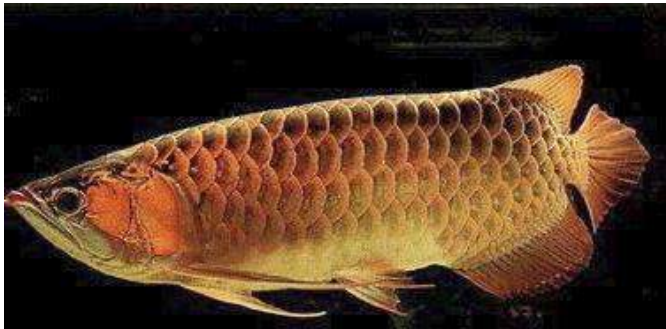
Gambar 17. Pesut

Sumber: getborneo.com, 2015

Di perairan Pulau Kalimantan, spesies ini dapat ditemukan di perairan air tawar (sungai Mahakam), muara, hingga pesisir pantai di Sabah, Sarawak, Kalimantan Timur, dan sejak 2011 ditemukan di perairan Kalimantan Barat. Pada tahun 2000, pesut diklasifikasikan ke dalam Daftar Merah IUCN, sebagai salah satu spesies yang sangat terancam punah. Spesies ini juga dilindungi oleh perundang-undangan di Indonesia. Belum ada referensi yang jelas mengenai jumlah populasi pesut di Indonesia. Menurut Danielle Kreb, dari organisasi RASI jumlah

spesies ini di Sungai Mahakam Kalimantan Timur yaitu sekitar 50-70 ekor dan dikategorikan sebagai spesies yang sangat kritis (*Critically Endangered*).

16. Ikan arwana (*Scleropages formosus*) merupakan salah satu jenis ikan purba. Habitat ikan Arwana adalah di sungai dan danau. Ikan arwana pertama kali ditemukan oleh Muller dan Schiegl pada tahun 1845 di pedalaman Kalimantan Barat yang merupakan salah satu daerah penyebaran ikan arwana. Daerah penyebaran Ikan arwana di Indonesia adalah Sumatera, Kalimantan, dan Irian Jaya. Di Sumatera, ikan arwana banyak terdapat di sungai sungai Palembang, Lampung, Jambi, Bangka, dan Riall. Terutama jenis ikan arwana Ciolden dan ikan arwana Hijau. Sedangkan di Kalimantan Barat jenis ikan arwana agak beragam dan hampir di semua Kabupaten merupakan tempat penyebaran ikan arwana.



Gambar 18. Arwana

Sumber: komunitaspenyuluhperikanan.co.id, 2014

✓ *Fauna tipe Australia*, menempati bagian timur Indonesia meliputi Papua dan pulau-pulau di sekitarnya. Di daerah ini tidak didapatkan jenis kera, binatang menyusunya kecil-kecil dan jumlahnya tidak banyak. Hewan-hewan di Indonesia bagian timur mirip dengan hewan Australia. Jenis hewan tipe Australia, antara lain sebagai berikut.

- Burung, terdiri atas cenderawasih, kasuari, nuri dan raja udang.
- Amfibi, terdiri atas katak pohon, katak terbang, dan katak air.
- Berbagai jenis serangga.
- Berbagai jenis ikan.
- Mamalia, terdiri atas kanguru, walabi, beruang, nokdiak (landak Papua), opossum layang (pemanjat berkantung), kuskus, dan kanguru pohon.
- Reptilia, terdiri atas buaya, biawak, kadal, dan kura-kura.

✓ *Fauna peralihan*, menempati di antara Indonesia Timur dan Indonesia Barat, misalnya di Sulawesi terdapat kera (fauna Asiatis) dan terdapat kuskus (fauna Australia). Di samping itu terdapat hewan yang tidak didapatkan baik tipe Asiatis maupun tipe Australia. Fauna Indonesia yang tergolong tipe peralihan adalah sebagai berikut.

- Mamalia, terdiri atas anoa, babi rusa, kuskus, monyet hitam, sapi, banteng, dan kuda.

- Reptilia, terdiri atas biawak, komodo, kura-kura, dan buaya.
- Amfibi, terdiri atas katak pohon, katak terbang, dan katak air.
- Berbagai macam burung, terdiri atas maleo, kakaktua, nuri, merpati, burung dewata, dan angsa.

Di antara fauna yang terdapat di wilayah Indonesia bagian tengah terdapat fauna yang khas Indonesia dan tidak dijumpai di daerah lain serta termasuk hewan langka, antara lain Anoa (mirip lembu) terdapat di Sulawesi; Komodo terdapat di Pulau Komodo, Nusa Tenggara; Burung Maleo terdapat di Sulawesi dan Kepulauan Sangihe.

2) Pembagian Fauna Menurut Weber

Banyak ahli yang melakukan telaah tentang persebaran jenis hewan di Indonesia dengan membuat garis batas yang berbeda-beda. Salah satu ahli adalah Weber, ia menentukan batas dengan imbangan perbandingan hewan Asia dan Australia 50 : 50. Weber menggunakan burung dan hewan menyusui sebagai dasar analisisnya, tetapi tidak setiap binatang yang dijadikan dasar memiliki garis batas yang sama. Contohnya, hewan melata dan kupu-kupu Asia menembus lebih jauh ke arah timur daripada burung dan siput. Garis batas antara Indonesia bagian barat dengan bagian tengah disebut garis Wallace dan garis

batas antara Indonesia bagian timur dengan bagian tengah disebut garis Weber.

3) Pembagian Fauna Menurut Lydekker

Ahli lain, yaitu Lydekker, menentukan batas barat fauna Australia dengan menggunakan garis kontur dan mengikuti kedalaman laut antara 180 - 200 meter, sekitar Paparan Sahul dan Paparan Sunda. Hal ini sama dengan Wallace yang menentukan batas timur fauna Asia. Adanya perbedaan fauna antara wilayah Indonesia bagian barat dan timur karena kedua wilayah itu terpisah oleh perairan yang cukup luas dan dalam, dan kedalaman lautnya lebih dari 1000 meter. Laut yang dalam tersebut sebagai pemisah antara kedua wilayah, sehingga fauna pada masing-masing wilayah berkembang sendiri-sendiri.

Perbedaan Fauna Asiatis dan Fauna Australia.

No.	Fauna Asiatis	Fauna Australia
1.	Hewan menyusui besar dan kecil	Hewan menyusui kecil-kecil
2.	Tidak terdapat hewan berkantung	Terdapat hewan berkantung
3.	Terdapat berbagai jenis kera	Tidak terdapat kera
4.	Jenis burung berwarna sedikit	Jenis burung berwarna banyak
5.	Terdapat berbagai jenis kucing liar dan ajag	Tidak terdapat jenis kucing liar dan ajag
6.	Jenis ikan air tawar banyak	Jenis ikan air tawar sedikit

Kegiatan Belajar Mahasiswa 1

Tiap-tiap provinsi di Indonesia memiliki Fauna Identitas yang mencerminkan keberagaman hayati di daerahnya. Pilihan fauna-fauna tersebut berdasarkan khas daerah, serta merupakan endemik di provinsi tertentu, atau merupakan komoditi andalan provinsi tertentu.

- 5) Buatlah kelompok masing-masing beranggotakan 3 orang,
- 6) Carilah hewan yang merupakan ciri khas daerah anda,
- 7) Hasil pengamatan dicantumkan pada tabel dibawah ini,

No.	Nama hewan		Deskripsi	Gambar
	Latin	Daerah		

8) Kumpulkan semua hasil pengamatan dan dijadikan kedalam bentuk buku,

9) Laporkan ke dosen untuk dinilai.

b. Distribusi dan Kelimpahan Tumbuhan (Flora) di Indonesia

Keanekaragaman tumbuhan di Indonesia dipengaruhi oleh:

1. Indonesia terletak di kawasan tropik yang mempunyai iklim yang stabil.
2. Indonesia terletak di antara dua benua yaitu Asia dan Australia, artinya Kepulauan Indonesia dilintasi oleh dua pusat persebaran biota Asia dan Australia.
3. Luas Kepulauan Indonesia, yang memungkinkan adanya berbagai spesies hewan, dan tumbuhan yang hidup di dalamnya.

Flora sering diartikan sebagai dunia tumbuh-tumbuhan. Arti flora adalah semua tumbuh-tumbuhan yang hidup di suatu daerah pada zaman tertentu. Keanekaragaman flora Indonesia tergolong tinggi jumlahnya di dunia, jauh lebih tinggi dari flora

yang ada di Amerika dan Afrika. Demikian pula jika dibandingkan dengan daerah-daerah yang beriklim sedang dan dingin. Jenis flora yang terdapat di Indonesia secara keseluruhan kurang lebih 25.000 jenis atau lebih dari 10% dari flora dunia. Lumut dan Ganggang kurang lebih 35.000 jenis. Tidak kurang dari 40% dari jenis-jenis ini merupakan jenis endemik, atau jenis yang hanya terdapat di Indonesia. Jumlah marga endemik yang ada di Indonesia ada 202 jenis, 59 di antaranya terdapat di Kalimantan. Dari semua jenis flora yang ada suku anggrek (Orchidaceae) merupakan suku yang terbesar. Volume kayu yang bernilai niaga yang terdapat di hutan seperti Kalimantan diperkirakan sebanyak 40 - 400 m³ per hektar.

Persebaran flora (dunia tumbuhan) di Indonesia juga terbagi menjadi tiga wilayah yaitu bagian barat, timur dan tengah atau peralihan. Setiap wilayah memiliki karakteristik masing-masing yang khas dan berbeda satu sama lainnya. Keadaan flora dan fauna yang di lindungi di Indonesia saat ini jumlahnya sudah semakin menyusut karena adanya eksploitasi hutan yang dilakukan oleh manusia. Menurut ahli biologi dari belanda Van Steenis di Indonesia setidaknya terdapat kurang lebih 4000 jenis pohon, 1500 jenis tumbuhan pakis-pakistan dan terdapat 5000 jenis bunga anggrek. Bukan itu saja bahkan van steenis mengelompokkan terdapat kurang lebih 25.000 jenis tanaman

yang memiliki bunga dan kurang lebih 1,700 tumbuhan yang tidak memiliki bunga.

1. Pembagian Jenis Flora berdasarkan Geologi, Iklim dan Ketinggian

Jenis dan persebaran flora di Indonesia didasarkan atas beberapa faktor yaitu faktor geologi dan faktor iklim serta ketinggian tempat pada muka bumi.

a. Jenis Flora berdasarkan Faktor Geologi

Seperti yang telah dijelaskan di atas, secara geologis, pulau-pulau di Indonesia Barat pernah menyatu dengan benua Asia sedangkan pulau-pulau di Indonesia Timur pernah menyatu dengan benua Australia. Oleh karena itu tumbuhan di benua Asia mempunyai ciri-ciri yang mirip dengan tumbuhan di Indonesia Barat demikian pula ciri-ciri tumbuhan di Indonesia Timur mirip dengan tumbuhan di benua Australia. Berdasarkan hal tersebut, flora di Indonesia dibedakan dalam tiga wilayah, yaitu flora di dataran Sunda, di dataran Sahul dan di daerah Peralihan.

✓ *Flora di Daerah Paparan Sahul*

Flora di dataran Sahul disebut juga flora Australis karena jenis floranya mirip dengan flora di benua Australia. Dataran Sahul memiliki corak hutan Hujan Tropik tipe Australia Utara, yang ciri-cirinya sangat lebat dan selalu hijau sepanjang tahun. Di

dalamnya tumbuh beribu-ribu jenis tumbuh-tumbuhan dari yang besar dan tingginya bisa mencapai lebih dari 50 m, berdaun lebat sehingga matahari sukar menembus ke permukaan tanah dan tumbuhan kecil yang hidupnya merambat. Berbagai jenis kayu berharga tumbuh dengan baik, seperti kayu besi, cemara, eben hitam, kenari hitam, dan kayu merbau. Di daerah pantai banyak kita jumpai hutan mangrove dan pandan, sedangkan di daerah rawa terdapat sagu untuk bahan makanan. Di daerah pegunungan terdapat tumbuhan *Rhododendron* yang merupakan tumbuhan endemik daerah ini. Flora di daerah Paparan Sahul adalah flora di daerah Irian Jaya, yang terdiri atas tiga macam, sebagai berikut.

- Pohon sagu, pohon nipah, dan mangrove.

Sagu adalah tanaman asli Indonesia, dan merupakan sumber pangan yang paling tua bagi masyarakat di berbagai daerah. Sagu diduga berasal dari Maluku dan Irian, karena sagu itu mempunyai arti khusus sebagai pangan tradisional bagi penduduk setempat. Hingga saat ini belum ada data pasti yang mengungkapkan kapan awal mula sagu ini dikenal. Diduga, budidaya sagu di kawasan Asia Tenggara dan Pasifik Barat sama kunonya dengan pemanfaatan kurma di Mesopotamia. Di Kawasan Timur Indonesia, sagu sejak lama dipergunakan sebagai makanan pokok oleh sebagian penduduknya, seperti di Maluku, Papua, dan Sulawesi. Selain sebagai makanan pokok, sagu juga memiliki fungsi sosial ekonomi, bahkan memiliki

fungsi adat dan budaya bagi masyarakat setempat. Banyak dari para ahli memperkirakan bahwa pusat dan asal sagu (*Metroxylon* sp), khususnya *Metroxylon rumphii* Martius dan *Metroxylon sagus* Rottbol adalah Maluku dan Papua. Perkiraan ini berdasarkan penemuan hutan sagu yang luas di daerah tersebut, yang terdiri dari kedua spesies di atas dan jenis lain yang hampir mirip dengan spesies tersebut. Tanaman sagu di Halmahera, Seram dan Buru menyebar ke arah utara sampai ke Mindanao; kemudian ke arah timur sampai ke Pulau Vanikoro; ke selatan sampai ke Kepulauan Aru, Pulau Damer dan Pulau Timor; dan ke arah barat sampai ke Pulau Sulawesi, terutama di pesisir timur. Selanjutnya menyebar ke Kalimantan, Pulau Natuna, Kepulauan Riau, Sumatera, pulau-pulau sebelah barat Sumatera, Jawa, Malaysia dan Singapura. Negara-negara yang merupakan tempat yang baik untuk pertumbuhan tanaman sagu adalah Papua Nugini, Indonesia, Malaysia, Thailand, Filipina dan Pasifik Selatan



Gambar 19. Tumbuhan Sagu
Sumber: Tolangara, 2016

Nipah atau *Nypa fruticans* adalah salah satu pohon anggota famili Areaceae (palem) yang umumnya tumbuh di di daerah rawa yang berair payau atau daerah pasang surut di dekat pantai. Pohon nipah tumbuh di lingkungan hutan bakau. Di Indonesia pohon nipah mempunyai berbagai nama lokal seperti daon, daonan, nipah, bhunjok, lipa, buyuk (Sunda, Jawa), buyuk (Bali), bhunyok (Madura), bobo (Menado, Ternate, Tidore), boboro (Halmahera), palean, palenei, pelene, pulene, puleanu, pulenu, puleno, pureno, parinan, parenga (Maluku).

Pohon nipah (*Nypa fruticans*) merupakan tumbuhan asli pesisir Samudera Hindia bagian timur dan Samudera Pasifik bagian barat laut. Tumbuhan ini tersebar mulai Sri Lanka, Bangladesh, Brunei Darussalam, Kamboja, China (Pulau Hainan), India,

Indonesia, Jepang (Pulau Iriomote), Malaysia, Myanmar, Singapura, Thailand, dan Vietnam, Australia bagian barat laut dan timur laut, Mikronesia, Guam, Palau, Papua New Guinea, dan Kepulauan Solomon. Habitatnya adalah daerah rawa yang berair payau atau daerah pasang surut di dekat pantai.



Gambar 20. Tumbuhan Nipah
Sumber:Tolangara, 2015

Hutan mangrove di Indonesia ada di berbagai daerah tersebar mulai dari pantai bagian barat dari Pulau Sumatera, kemudian sebagian hutan bakau terdapat di pesisir utara dari Pulau Jawa, sedangkan di pulau Kalimantan mempunyai hutan bakau hampir diseluruh garis pantainya, hutan mangrove juga ada di bagian selatan pantai Sulawesi, pantai Selatan di pulau Papua, serta terdapat juga di beberapa pulau lain yang lebih kecil. Jika dijumlah maka Luas hutan mangrove yang ada di Indonesia

kurang lebih mencapai 3 juta hektar dengan sebaran mencapai panjang 95.000 km di pantai Indonesia.



Gambar 21. Tumbuhan Mangrove

Sumber: Tolangara, 2015

Tipe hutan Mangrove biasanya berada di wilayah pantai pasang surut. Ketika air mulai pasang, hutan mangrove akan tergenang air laut, tetapi ketika air mulai surut, hutan mangrove akan tidak tergenang lagi oleh air laut. Hutan mangrove bisa tumbuh dengan baik jika pantai tempat dia tumbuh terlindungi oleh gelombang laut yang besar atau membutuhkan pantai yang tenang, hutan mangrove juga terdapat di muara sungai dan laguna.

➤ Hutan hujan tropis

Hutan hujan tropis justru ditemukan di daerah sekitar ekuador (bagian bumi yang terdekat dengan matahari). Hutan ini banyak ditemukan di Indonesia, wilayah dataran rendah

Amazon (Brazil), sebagian besar Amerika Tengah, dan Afrika sekitar khatulistiwa (Kenya, Zaire, Kongo, Gabon, dan Mojer). Hutan hujan tropis yaitu bioma berupa hutan yang selalu basah atau lembab, dan yang dapat ditemui di wilayah sekitar khatulistiwa yakni kurang lebih pada lintang 0° sampai 10° ke utara dan ke selatan garis khatulistiwa. Menurut pengertian lainnya, hutan hujan tropis adalah hutan yang ada di daerah yang panas dan basah pada suhu di atas 18° C yang didalamnya terdapat pohon-pohon malar hijau berdaun lebar yang membentuk kanopi (daun pada pohon-pohon besar yang membentuk tudung). Kanopi itu terdiri dari perdu, bawah naungan, tajuk, serta lapisan timbul yang terbentuk dari pohon-pohon tersebut.



Gambar 22. Hutan Hujan Tropis

Sumber: agroteknologi.web.id, 2014

Antara tahun 1990 – 2005, Indonesia kehilangan lebih dari 28 juta hektar hutan. Dan hutan hujan tropis yang masih tersisa di

Indonesia pada saat ini adalah tidak lebih dari 10 % saja, padahal pada tahun 1960-an hutan hujan tropis di Indonesia masih berjumlah sekitar 82%. Wajar saja, hal ini mengakibatkan gelar “peringkat pertama hutan hujan tropis teluas di Asia Pasifik” sudah dicabut dan dialihkan ke negara lain. Bahkan, kini hutan hujan tropis di Indonesia termasuk salah satu hutan yang paling terancam di bumi ini. Karena rusaknya hutan Indonesia, maka Indonesia menjadi kawasan yang rentan terhadap bencana.

➤ Jenis *Pometia pinnata* (matoa)

Matoa (*Pometia pinnata*) adalah tanaman khas Papua, termasuk ke dalam famili Sapindaceae. Pohon matoa dapat tumbuh tinggi dan memiliki kayu yang cukup keras. Rasa buahnya adalah campuran antara rambutan, durian, dan kelengkeng. Buahnya berbentuk lonjong dan seukuran buah pinang (keluarga Palem), ketika muda berwarna hijau dan setelah matang berwarna hijau kekuningan atau coklat kehitaman.



Gambar 23. Tumbuhan Matoa

Sumber: rindangsekali, 2012

Di Indonesia matoa (*Pometia* spp.) tumbuh menyebar di Sumatera, Jawa, Kalimantan, Sulawesi, Sumbawa (Nusa Tenggara Barat), Maluku, dan Papua. Daerah penyebaran matoa di Papua antara lain di Dataran Sekoli (Jayapura), Wandoswaar - P. Meoswaar, Anjai - Kebar, Warmare, Armina, Bintuni, Ransiki (Manokwari), dan lain-lain. Tumbuh pada tanah yang kadang-kadang tergenang air tawar, pada tanah berpasir, berlempung, berkarang dan berbatu cadas. Keadaan lapangan yang datar, bergelombang ringan, berat dengan lereng landai sampai dengan curam pada ketinggian sampai 120 meter di atas permukaan air laut.

✓ *Flora di Daerah Peralihan*

Di Sulawesi terdapat 4.222 jenis flora yang berkerabat dekat dengan wilayah lain yang relatif kering di Filipina, Maluku, Nusa Tenggara, dan Jawa. Flora di daerah peralihan yang berada di habitat pantai, dataran rendah dan ultra basis lebih mirip dengan flora Irian dan jenis tumbuhan gunung mirip dengan yang ada di Kalimantan. Flora Sulawesi menunjukkan percampuran antara Indonesia bagian barat dengan bagian timur. Jenis flora di Sulawesi banyak yang mempunyai kesamaan dengan wilayah kering di Jawa, Maluku, dan Nusa Tenggara, sedangkan flora dataran rendah di Sulawesi banyak yang mirip dengan flora dataran rendah di Papua.

✓ *Flora di Daerah Paparan Sunda*

Flora di dataran Sunda disebut juga flora Asiatis karena cirinya mirip dengan ciri-ciri tumbuhan Asia. Contohnya yaitu: tumbuhan jenis meranti-merantian, berbagai jenis rotan dan berbagai jenis nangka. Hutan Hujan Tropis terdapat di bagian Tengah dan Barat pulau Sumatera dan sebagian besar wilayah Kalimantan. Di dataran Sunda banyak dijumpai tumbuhan endemik. Di Kalimantan 59 jenis dan di Jawa 10 jenis. Tumbuhan endemik adalah tumbuhan yang hanya terdapat pada tempat tertentu dengan batas wilayah yang relatif sempit dan tidak terdapat di wilayah lain. Misalnya bunga *Rafflesia Arnoldii* hanya terdapat di perbatasan Bengkulu, Jambi, dan Sumatera Selatan. Anggrek Tien Soeharto yang hanya tumbuh

di Tapanuli Utara, Sumatera Utara. Flora di daerah paparan Sunda adalah flora di wilayah Sumatera yang terdiri atas tiga macam, yaitu:

- Flora endemik, contoh bunga *Rafflesia Arnoldi*.
- Flora di pantai timur terdiri atas mangrove dan rawa gambut.
- Flora di pantai barat terdiri atas bermacam-macam vegetasi di antaranya meranti-merantian, kemuning, rawa gambut, hutan rawa air tawar, dan rotan. Flora di Kalimantan memiliki kesamaan dengan flora di Sumatera, yaitu hutan hujan tropik, hutan gambut, dan hutan mangrove.

Perbedaan Flora Indonesia Bagian Barat dengan Indonesia Bagian Timur

No.	Indonesia Bagian Barat (Tipe Asia)	Indonesia Bagian Timur (Tipe Australia)
1.	Sedikit jenis tumbuhan matao (<i>Pometia pinnata</i>).	Terdapat berbagai jenis tumbuhan matao (<i>Pometia pinnata</i>) khususnya di Papua.
2.	Terdapat berbagai jenis nangka (<i>Artocarpus spp</i>).	Tidak terdapat jenis-jenis nangka (<i>Artocarpus spp</i>).
3.	Tidak terdapat hutan kayu putih.	Terdapat hutan kayu putih.
4.	Sedikit jenis tumbuhan sagu.	Banyak jenis tumbuhan sagu.
5.	Jenis meranti-merantian sangat banyak (350 jenis).	Jenis meranti-merantian sedikit (25 pohon).
6.	Terdapat berbagai jenis	Tidak terdapat rotan.

b. Jenis Flora berdasarkan Iklim dan Ketinggian Tempat

Faktor iklim di dalamnya termasuk suhu udara, sinar matahari, kelembaban udara dan angin. Unsur-unsur ini sangat berpengaruh terhadap proses pertumbuhan tanaman. Ketinggian tempat adalah ketinggian dari permukaan air laut (elevasi). Ketinggian tempat mempengaruhi perubahan suhu udara. Semakin tinggi suatu tempat, misalnya pegunungan, semakin rendah suhu udaranya atau udaranya semakin dingin. Semakin rendah daerahnya semakin tinggi suhu udaranya atau udaranya semakin panas. Oleh karena itu ketinggian suatu tempat berpengaruh terhadap suhu suatu wilayah. Perubahan suhu ini tentunya mengakibatkan perbedaan jenis tumbuhan pada wilayah-wilayah tertentu sesuai dengan ketinggian tempatnya. Maka berdasarkan iklim dan ketinggian tempat, flora di Indonesia terdiri atas:

✓ *Hutan Hujan Tropik*

Indonesia berada di daerah katulistiwa, banyak mendapat sinar matahari, curah hujannya tinggi, dan suhu udaranya tinggi, menyebabkan banyak terdapat hutan hujan tropik. Ciri-ciri hutan ini adalah sangat lebat, selalu hijau sepanjang tahun, tidak mengalami musim gugur, dan jenisnya sangat heterogen. Hutan jenis ini banyak terdapat di Sumatera, Kalimantan,

Sulawesi, Jawa, dan Irian Jaya. Beberapa jenis floranya misalnya Kayu Meranti, Ulin, dan Kapur. Pada pohon-pohon ini hidup menumpang berbagai tumbuhan seperti anggrek dan tumbuhan merambat dan epifit. Tumbuhan merambat yang terkenal adalah Rotan. Hutan ini terdiri dari Hutan Hujan Tanah Kering (ketinggian 1000 - 3000 m dari muka laut) dan Hutan Hujan Tanah Rawa (ketinggian 5 - 100 m dari muka laut). Hutan rawa gambut, hutan mangrove, dan hutan rawa air tawar termasuk dalam jenis hutan hujan tanah rawa. Sedangkan hutan fegaceae, hutan campuran Dipterocarpaceae, dan hutan belukar, termasuk jenis hutan hujan tanah kering.

✓ *Hutan Musim atau Hutan Meranggas*

Hutan ini terdapat di daerah yang suhu udaranya tinggi (terletak pada ketinggian antara 800 -1200 m dari muka laut). Pohon-pohonnya jarang sehingga sinar matahari sampai ke tanah, tahan kekeringan, dan tingginya sekitar 12 - 35 m. Daunnya selalu gugur pada musim kering/kemarau dan menghijau pada musim hujan. Contohnya pohon jati, kapuk, dan angsana.



Gambar 24. Hutan Musim

Sumber: agroteknologi.web.id, 2012

✓ *Hutan Sabana*

Sabana adalah padang rumput yang disana sini ditumbuhi pepohonan yang berserakan atau bergerombol. Terdapat di daerah yang mempunyai musim kering lebih panjang dari musim penghujan, seperti di Nusa Tenggara. Terdiri dari hutan sabana dengan pohon-pohon dan palma (900 m dari muka laut) dan hutan sabana casnarina (terletak antara 1600 - 2400 m dari muka laut).



Gambar 25. Hutan Sabana
Sumber:agroteknologi.web.id, 2012

✓ *Padang rumput*

Terdapat pada daerah yang mempunyai musim kering panjang dan musim penghujan pendek, seperti di Pulau Sumba, Nusa Tenggara Timur. Padang rumput dapat terdapat di daerah dengan ketinggian antara 900 - 4000 m di atas permukaan laut, seperti misalnya padang rumput tanah, padang rumput pegunungan, komunitas rumput, dan lumut. Namun ada yang berada pada ketinggian kurang dari 100m di atas permukaan laut, yaitu Rawa gambut.



Gambar 26. Padang Rumput
Sumber:agroteknologi.web.id, 2014

c. Pembagian Jenis Flora di Dunia

✓ *Hutan Mangrove*

Hutan mangrove atau hutan pasang, hutan ini khas bagi daerah pantai tropik, ciri tumbuhan ini mempunyai akar napas yang tergantung dari batang, benih tumbuhan dapat mengapung di air laut selama beberapa bulan, sehingga masih dapat tumbuh setelah terdampar di daratan. Terdapat gejala vivipari, yaitu perkecambahan biji pada tumbuhan induk. Hutan ini banyak terdapat di pantai timur Pulau Sumatera dan daerah pantai Kalimantan Tengah, dan Papua, dan sebagian besar daerah pantai di seluruh dunia.

✓ *Hutan Lumut (Tundra)*

Hutan lumut, terdapat di pegunungan-pegunungan tinggi yang selalu tertutup kabut karena letaknya sangat tinggi dari

permukaan laut, sehingga udaranya sangat lembap dan suhunya rendah sekali. Hutan lumut terdiri atas pohon-pohonan yang ditumbuhi dengan lumut, misalnya di pegunungan tinggi di Papua, Sumatera, Kalimantan, Sulawesi, dan Jawa.



Gambar 27. Tumbuhan Lumut

Sumber: agroteknologi.web.id, 2013

✓ *Hutan Rawa*

Hutan rawa, meliputi daerah yang cukup luas di Indonesia. Hutan rawa air tawar tidak menghasilkan kayu yang baik, tetapi tanahnya dapat dimanfaatkan sebagai tanah pertanian. Hutan rawa gambut dapat menghasilkan kayu, salah satunya ialah kayu ramin. Hutan rawa gambut banyak terdapat di Kalimantan Barat dan Kalimantan Tengah.



Gambar 28. Hutan Rawa

Sumber: agroteknologi.web.id, 2015

Kegiatan Belajar Mahasiswa 2

Menjaga kerimbunan hutan adalah hal yang sangat penting. Hutan memang merupakan salah satu penghasil udara bersih dan oksigen yang terbesar di dunia. Paru-paru dunia ini harus selalu dipelihara kerimbunannya. Melalui proses fotosintesis, pohon dengan daun berwarna hijau akan menyerap karbondioksida yang dikeluarkan oleh manusia dan mengubahnya menjadi oksigen yang dibutuhkan manusia. Pembalakan liar dan alih fungsi lahan menjadi hal yang akan sangat berbahaya untuk produksi oksigen dunia.

- Carilah berita atau artikel mengenai kerusakan hutan.
- Buatlah analisis kritis dari berita atau artikel yang di dapat.

- Setiap mahasiswa kemudian mempresentasikan hasil analisis yang telah dibuat. Mahasiswa lainnya diwajibkan untuk memberi komentar ketika presentasi dilakukan.
- Hasil analisis kemudian dikumpulkan untuk dinilai oleh dosen.

12. Faktor-faktor yang mempengaruhi Distribusi dan Kelimpahan

Ilmuwan kenamaan Inggris yang bernama Alfred Russel Wallace, pada tahun 1867 melakukan penelitian tentang persebaran hewan di muka bumi. Wallace mengemukakan bahwa permukaan bumi dapat dibagi menjadi enam kawasan persebaran hewan yang masing-masing ditandai dengan spesies-spesies yang unik.

Enam kawasan tersebut adalah kawasan Neartik, Paleartik, Ethiopia, Oriental, Neotropik, dan Australia. Masing-masing daerah mempunyai ciri khas. Kekhasan ini disebabkan oleh faktor geografis, cuaca, iklim, dan lain sebagainya. Fauna yang ditemukan di daerah Paleartik dan Neartik adalah serupa, sehingga para pakar sering menyebutnya sebagai daerah Holartik. Masing-masing daerah biogeografi tersebut mencakup sebagian besar daratan benua. Antara daerah yang satu dengan daerah yang lainnya dipisahkan oleh suatu sawar atau rintangan.

Persebaran organisme di bumi dipengaruhi oleh beberapa Faktor sebagai berikut:

A. Lingkungan

Dua faktor lingkungan utama yang berpengaruh terhadap persebaran makhluk hidup adalah faktor fisik (abiotik) adalah iklim (suhu, kelembaban udara, angin), air, tanah, dan ketinggian permukaan bumi, dan yang termasuk faktor non fisik (biotik) adalah manusia, hewan, dan tumbuh-tumbuhan.

a. Faktor Abiotik

➤ Iklim

Faktor iklim termasuk di dalamnya keadaan suhu, kelembaban udara dan angin sangat besar pengaruhnya terhadap kehidupan setiap makhluk di dunia. Faktor suhu udara berpengaruh terhadap berlangsungnya proses pertumbuhan fisik tumbuhan. Sinar matahari sangat diperlukan bagi tumbuhan hijau untuk proses fotosintesa. Kelembaban udara berpengaruh pula terhadap pertumbuhan fisik tumbuhan. Sedangkan angin berguna untuk proses penyerbukan. iklim yang berbeda-beda pada suatu wilayah menyebabkan jenis tumbuhan maupun hewannya juga berbeda. Contohnya : Tanaman di daerah tropis, banyak jenisnya, subur dan selalu hijau sepanjang tahun karena bermodalkan curah hujan yang tinggi dan cukup sinar matahari. berbeda dengan tanaman yang berada di daerah tundra.

➤ Keadaan tanah

Perbedaan jenis tanah, seperti pasir, aluvial, dan kapur serta jumlah zat mineral yang terkandung dalam humus mempengaruhi jenis tanaman yang tumbuh. Keadaan tekstur tanah berpengaruh pada daya serap tanah terhadap air. Suhu tanah berpengaruh terhadap pertumbuhan akar serta kondisi air di dalam tanah. Di daerah tropis akan hidup berbagai jenis tumbuhan, sedangkan di daerah gurun atau bersalju hanya akan hidup tumbuhan tertentu. Tumbuhan kaktus salah satu tumbuhan yang mampu beradaptasi dengan kondisi iklim dan keadaan tanah di gurun pasir. Perbedaan jenis tanah menyebabkan perbedaan jenis dan keanekaragaman tumbuhan yang dapat hidup di suatu wilayah. Contohnya: di Nusa Tenggara jenis hutannya adalah Sabana karena tanahnya yang kurang subur.

➤ Air

Air mempunyai peranan yang penting bagi pertumbuhan tumbuhan karena dapat melarutkan dan membawa makanan yang diperlukan bagi tumbuhan dari dalam tanah. Adanya air tergantung dari curah hujan dan curah hujan sangat tergantung dari iklim di daerah yang bersangkutan. Keadaan tekstur tanah berpengaruh pada daya serap tanah terhadap air. Suhu tanah berpengaruh terhadap pertumbuhan akar serta kondisi air di dalam tanah. Jenis flora di suatu wilayah sangat berpengaruh pada banyaknya curah hujan di wilayah tersebut. Flora di

daerah yang kurang curah hujannya keanekaragaman tumbuhannya kurang dibandingkan dengan flora di daerah yang banyak curah hujannya. Contohnya: di daerah gurun, hanya sedikit tumbuhan yang dapat hidup, contohnya adalah pohon Kaktus dan tanaman semak berdaun keras. Di daerah tropis banyak hutan lebat, pohonnya tinggi-tinggi dan daunnya selalu hijau.

➤ Tinggi Rendah Permukaan Bumi

Permukaan bumi terdiri dari berbagai macam relief, seperti pegunungan, dataran rendah, perbukitan dan daerah pantai. Perbedaan tinggi-rendah permukaan bumi mengakibatkan variasi suhu udara. Variasi suhu udara mempengaruhi keanekaragaman tumbuhan. Hutan yang terdapat di daerah pegunungan banyak dipengaruhi oleh ketinggian tempat. Faktor ketinggian permukaan bumi umumnya dilihat dari ketinggiannya dari permukaan laut . Semakin tinggi suatu daerah semakin dingin suhu di daerah tersebut. Demikian juga sebaliknya bila lebih rendah berarti suhu udara di daerah tersebut lebih panas. Oleh sebab itu ketinggian permukaan bumi besar pengaruhnya terhadap jenis dan persebaran tumbuhan. Daerah yang suhu udaranya lembab, basah di daerah tropis, tanamannya lebih subur dari pada daerah yang suhunya panas dan kering.

b. Faktor Biotik (Makhluk Hidup)

Makhluk hidup seperti manusia, hewan dan tumbuhan memiliki pengaruh yang cukup besar dalam persebaran tumbuhan. Terutama manusia dengan ilmu dan teknologi yang dimilikinya dapat melakukan persebaran tumbuhan dengan cepat dan mudah. Hutan kota merupakan jenis hutan yang lebih banyak dipengaruhi oleh faktor biotik, terutama manusia. Manusia juga mampu mempengaruhi kehidupan fauna di suatu tempat dengan melakukan perlindungan atau perburuan binatang. Hal ini menunjukkan bahwa faktor manusia berpengaruh terhadap kehidupan flora dan fauna di dunia ini. Contohnya: daerah hutan diubah menjadi daerah pertanian, perkebunan atau perumahan dengan melakukan penebangan, reboisasi, atau pemupukan.

Selain itu faktor hewan juga memiliki peranan terhadap penyebaran tumbuhan flora. Peranan faktor tumbuh-tumbuhan adalah untuk menyuburkan tanah. Tanah yang subur memungkinkan terjadi perkembangan kehidupan tumbuh-tumbuhan dan juga mempengaruhi kehidupan faunanya. Hewan juga memiliki peranan terhadap penyebaran tumbuhan flora. contohnya: serangga dalam proses penyerbukan, kelelawar, burung, tupai membantu dalam penyebaran biji tumbuhan. Peranan faktor tumbuh-tumbuhan adalah untuk menyuburkan tanah. Tanah yang subur memungkinkan terjadi

perkembangan kehidupan tumbuh-tumbuhan dan juga mempengaruhi kehidupan faunanya.

B. Sejarah Geologi

Kira-kira 200 juta tahun yang lalu, yaitu pada periode jurasik awal, benua-benua utama bersatu dalam superbenua (supercontinent) yang disebut Pangaea. Hipotesis ini disampaikan seorang ilmuwan Jerman. Alfred Wegener pada tahun 1915. hipotesis ini disampaikan lewat bukunya yang berjudul Asal-usul Benua-benua dan Lautan.

Pada awal tahun 1960-an, bukti-bukti mengenai pergerakan/pergeseran benua (continental drift) berhasil ditemukan. Benua-benua yang tergabung dalam Pangea mulai memisah secara bertahap. Terbukanya laut Atlantik Selatan dimulai kira-kira 125-130 juta tahun lalu, sehingga Afrika dan Amerika Selatan bersatu secara langsung. Namun, Amerika Selatan juga telah bergerak perlahan ke Amerika Barat dan keduanya dihubungkan tanah genting Panama. Ini terjadi kira-kira 3,6 juta tahun yang lalu. Saat "jembatan" Panama terbentuk secara sempurna, beberapa hewan dan tumbuhan dari Amerika Selatan termasuk Oposum dan Armadillo bermigrasi ke Amerika Barat. Pada saat yang bersamaan beberapa hewan dan tumbuhan dari Amerika Barat seperti oak, hewan rusa, dan beruang bermigrasi ke Amerika Selatan. Jadi perubahan posisi baik dalam skala besar maupun kecil berpengaruh besar dalam

pola distribusi organisme, seperti yang kita saksikan saat ini. Contoh lain adalah burung-burung yang tidak dapat terbang, misalnya ostriks, rhea, emu, kasuari dan kiwi terlihat memiliki divergensi percabangan sangat awal dalam perjalanan evolusi dari semua kelompok burung lainnya. Akibatnya terjadilah subspecies tadi.

Australia adalah contoh yang sesuai untuk mengetahui bagaimana gerakan benua-benua memengaruhi sifat dan distribusi organisme. Sampai kira-kira 53 juta tahun lalu, Australia dihubungkan dengan Antartika. Hewan khas Australi, yaitu mamalia berkantung (marsupialia), yang ada pula meski sedikit di Amerika Selatan, secara nyata terlihat sudah bergerak di antara kedua benua ini lewat Antartika.

C. Penghambat Fisik

Faktor penghambat fisik disebut juga penghalang geografi atau barrier (isolasi geografi) seperti daratan (land barrier), perairan (water barrier), dan penggentingan daratan (isthmus). Contohnya adalah: gunung yang tinggi, padang pasir, sungai atau lautan membatasi penyebaran dan kompetisi dari suatu spesies. Contoh kasusnya adalah terjadinya subspecies burung finch di kepulauan Galapagos akibat isolasi geografis. Di kepulauan tersebut, Charles Darwin menemukan 14 spesies burung finch yang diduga berasal dari satu jenis burung finch dari Amerika Selatan. Perbedaan burung finch tersebut akibat

keadaan lingkungan yang berbeda. Perbedaannya terletak pada ukuran dan bentuk paruhnya. Perbedaan ini ada hubungannya dengan jenis makanan.

Kita mengetahui bahwa makhluk hidup itu berkembangbiak, misalnya bagi makhluk yang hidup di daratan, air merupakan hambatan (water barrier) sedangkan sebaliknya bagi makhluk air, daratan merupakan hambatan (land barrier). Daratan yang sempit juga dapat menjadi hambatan, misalnya Costarica di Amerika Tengah merupakan hambatan berupa filter atau saringan Persebaran makhluk daratan Amerika Utara dan Amerika Selatan. Selat Panama merupakan filter makhluk hidup di Samudra Atlantik dan Pasifik. Sebaliknya, kepulauan dapat menjadi jembatan penyebrangan antara Eurasia dan Australia.

Penyebaran hewan dari protozoa sampai mamalia sebagian terjadi secara dinamis. Penyebaran secara dinamis artinya hewan melakukan penyebaran oleh dirinya sendiri. Faktor luar yang mempengaruhi penyebaran hewan maupun tumbuhan dan biasanya menghambat dinamakan "barier" atau "sawar". Sawar ini dapat dibedakan menjadi sawar fisik, sawar iklim, dan sawar biologis.

Sawar fisik air menjadi penghambat penyebaran hewan darat dan sebaliknya sawar fisik darat menjadi penghambat penyebaran hewan air. Misalnya katak tidak dapat hidup pada air asin. Jadi salinitas merupakan penghambat bagi penyebaran

hewan katak. Adapun luas benua menjadi hambatan bagi penyebaran hewan air.

Sawar iklim seperti temperatur rata-rata, musim, kelembapan, kuat lemahnya penyinaran serta lamanya penyinaran sinar matahari. Sedangkan sawar biologis adalah tidak adanya makanan, adanya predator, competitor, pesaing atau adanya penyakit. Penyebaran suatu jenis serangga dibatasi penyebarannya oleh jenis tanaman sebagai makanan, tempat berlindung, dan tempat untuk reproduksi. Pada kenyataannya, ketiga jenis sawar tersebut bekerja secara terpadu untuk mempengaruhi atau menghambat penyebaran suatu biota. Hal lain yang dapat menghambat penyebaran biota adalah rendahnya toleransi terhadap kondisi faktor lingkungan yang maksimum atau minimum. Hukum toleransi minimum Liebig yang menyatakan bahwa ketahanan makhluk hidup disebabkan oleh adanya faktor esensial tetapi berada dalam kondisi yang minimum dan individu tersebut memiliki daya toleransi yang rendah untuk dapat beradaptasi. Bintang laut hidup pada berbagai kadar garam tetapi bintang laut hanya dapat berkembangbiak pada air yang kadar garamnya sangat rendah.

Kegiatan Belajar Mahasiswa 3

Suhu adalah kemampuan benda memberi dan menerima panas. Suhu diartikan sebagai energi kinetis rata-rata suhu benda yang dinyatakan dalam derajat suhu. Alat yang digunakan untuk mengukur suhu adalah Termometer. Ada beberapa jenis

termometer sesuai dengan kegunaannya, ada tiga macam jenis thermometer, yaitu thermometer biasa, thermometer maksimum, dan thermometer minimum. Thermometer biasa digunakan untuk mengukur suhu udara dan suhu tanah sesuai dengan turun naiknya cairan atau perubahan sensor logam yang dapat di baca. Thermometer maksimum bekerja berdasarkan prinsip pemuaian zat-zat seperti thermometer biasa. Thermometer minimum biasanya menggunakan alkohol.

1. Ambillah thermometer dan tempatkan pada titik pengamatan yang diinginkan;
2. Tempat yang di ukur adalah dipermukaan lapangan berumput, dan di bawah pohon rindang;
3. Titik titik ketinggian pengamatan adalah 20 cm, 120 cm, dan 200 cm dari permukaan tanah;
4. Pengamatan dilakukan dengan membiarkan thermometer ditempat titik pengamatan sekitar 2 menit. Alat tidak boleh kena radiasi langsung (terutama bagian sensor) maupun perambatan panas dari bahan pengamatan;
5. Membahas apakah terdapat perbedaan setiap tempat dan titik pengukuran.
6. Laporkan hasil kegiatan anda pada dosen.

13. Pengukuran Distribusi dan Kelimpahan Pola Penyebaran Individu Dalam Populasi

A. Dasar Teori

Keberadaan organisme pada suatu habitat berkaitan erat dengan kondisi dan sumber dayalingkungan serta interaksi biologisnya. Individu-individu dalam suatu populasi umumnya memiliki persyaratan ekologis yang hampir serupa. Akibatnya individu-individu tersebut akan memanfaatkan kondisi dan sumber daya lingkungan yang juga hampir serupa sehingga terjadilah keselingkupan. Sehubungan dengan hal tersebut terjadi penjarakan di antara individu melalui beroperasinya mekanisme perilaku. Mekanisme yang paling sederhana ialah dengan menjagajarak tertentu dan tidak mentorerir individu lain untuk tidak terlalu dekat atau menghindari individu lain. Namun terjadi kecenderungan lain di mana individu-individu menjadi berkelompok karena daya tarik di antara sesamanya. Menurut Odum (1983) secara umum terdapat tiga pola umum distribusi individu dalam populasi yaitu pola acak, berkelompok atau teratur.

1. Pola acak, jika dalam satu situs probabilitas suatu individu dalam area tidak menentu,
2. Pola berkelompok, jika individu-individu dalam suatu populasi menempati situs secara Berkelompok,

3. Pola teratur/merata, jika terjadi penjarakan yang kurang lebih merata antara individu yang satu dengan lainnya menempati suatu situs/area,

B. Tujuan

Mengetahui pola penyebaran organisme dalam populasi hewan dan tumbuhan dikaitkan dengan kondisi lingkungan yang menjadi habitatnya.

C. Alat dan Bahan

1. Kuadrat ukuran 1m x 1m
2. Kantung plastik
3. Thermometer tanah
4. Aquades
5. pH Indikator
6. Spiritus
7. Lampu spiritus
8. Porselen bakar/tahan api

D. Cara Kerja

1. Memilih lokasi yang akan di analisis pola penyebaran individunya.
2. Plot berukuran 1 x 1 m dilemparkan secara acak ke depan, ke belakang atau ke samping.
3. Kemudian hewan dan tumbuhan yang berada di dalam areal plot diamati dan dicatat jumlahnya berdasarkan jenis yang ada dalam petak sampel.

4. Pelemparan dilakukan sebanyak 10 kali dimana pada tiap pelemparan hewan dantumbuhan di dalam plot dihitung.

5. Data yang diperoleh kemudian dihitung untuk dianalisis.

6. Pengukuran suhu tanah

Suhu tanah diukur untuk setiap titik pengamatan dengan cara menancapkan thermometer ditengah kedalaman tanah sebelum digali.

7. Pengukuran pH tanah

Dilakukan dengan mengambil 5 gr sampel tanah dan menyimpannya dalam wadah kemudian encerkan dengan aquades sebanyak 12.5 ml. Saring hasil pengenceran tersebut dengan kertas saring dantempatkan dalam lempeng porselen. Selanjutnya uji pH menggunakan pH indikator.

8. Pengukuran kandungan air

Pengukuran kandungan air dalam tanah dilakukan dengan mengambil tanah sampel sebesar ibu jaritangan kemudian timbang dan catat. Hasil penimbangan tersebut kemudian dijemur di terik matahari hingga menunjukkan tanda-tanda kering sempurna. Timbang kembali hasil penjemuran dan catat. Kandungan air dalam tanah ialah selisih berat antara sebelum (a) dan setelah (b) tanah dijemur dibagi berat sebelum dijemur kemudian hasilnya dikalikan dengan 100%.

9. Pengukuran kandungan serasah

Serasah di ambil pada permukaan tanah di dalam kuadrat dimasukkan ke dalam kantong dan ditimbang.

E. Pengolahan Data

1. Faktor lingkungan

Pengolahan data pendukung yang meliputi data faktor biotik dan abiotik akan lebih baik jika ditampilkan dalam bentuk grafik dan atau tabel.

2. Distribusi hewan

Analisis data pola penyebaran individu dalam populasi ditentukan dengan Indeks Morishita dengan rumus sebagai berikut:

$$Id = n \frac{\sum x^2 - \sum x}{(\sum x)^2 - \sum x}$$

Keterangan:

id = Indeks penyebaran Morosita

n = Jumlah petak ukur

$\sum x$ = jumlah individu suatu spesis setiap petak ukur

$\sum x^2$ = Jumlah kuadrat individu suatu spesis setiap petak ukur

Id < 1,0 = Distribusi acak

Id = 0 = Distribusi seragam

Id > 1,0 = Distribusi kelompok

F. Hasil Pengamatan

Tabel pengamatan hewan

No. Plot	Spesies								Jumlah
	A	B	C	D	E	F	G	H	
1.									
2.									
3.									
4.									
5.									
Jumlah									

Tabel Pengamatan Tumbuhan

No. Plot	Spesies								Jumlah
	A	B	C	D	E	F	G	H	
1.									
2.									
3.									
4.									
5.									
Jumlah									

D. Latihan

1. Pulau-pulau di Indonesia Barat pernah menyatu dengan benua a) dan Indonesia bagian Timur menyatu dengan benua b)
2. Disebelah Timur flora Asia dibatasi oleh garis a)dan disebelah Barat flora Australia dibatasi oleh garis b)
3. Disebut daerah peralihan karena
4. Faktor-faktor yang berpengaruh terhadap persebaran flora dan fauna adalah faktor a) ..., b), c), d)dan e)
5. Perbedaan flora dan fauna di daerah tropis dengan di daerah dingin disebabkan karena faktor-faktor,,,, disebut juga faktor biotik.
6. Dibaginya flora Indonesia menjadi 3 wilayah berdasarkan atas adanya kesamaan pada tumbuhan di Indonesia Barat dengan tumbuhan di a)dan tumbuhan di Indonesia Timur dengan tumbuhan di b)
7. Flora di Dataran Sunda disebut juga flora a)karena mempunyai ciri-ciri yang mirip dengan flora di benua Asia, sedangkan flora Dataran Sahul disebut juga flora b) karena ciri-cirinya yang mirip dengan flora di benua Australia.

8. Flora Endemik di Dataran Sunda yang terkenal adalah bunga yang terdapat di daerah Bengkulu dan Sumatera Selatan.
9. Padang rumput yang ditumbuhi oleh pohon dan tanaman bergerombol dinamakan a) di Indonesia terdapat di b) dan di luar negeri di c)
10. Hutan di Indonesia kebanyakan adalah hutan a), yang ciri-cirinya lebat, pohonnya tinggi, selalu hijau dan banyak terdapat tumbuhan Epiphyta, contohnya tanaman b)
11. Hutan yang tumbuh di daerah yang bersuhu tinggi , tahan dengan kekeringan (kemarau) dan daunnya selalu gugur pada musim kering adalah hutan a), contohnya tanaman b).....
12. Flora yang dapat tumbuh di air tawar maupun asin adalah tanaman

E. Penugasan

1. Apa yang dimaksud dengan penyebaran makhluk hidup?
2. Jelaskan bagaimana penyebaran Hewan di bawah ini!



3. Sebutkan faktor nonfisik (biotik) yang mempengaruhi persebaran flora & fauna di permukaan bumi?
4. Suhu udara di suatu tempat, dipengaruhi oleh faktor-faktor apa saja?
5. Jelaskan proses terbentuknya ekosistem di bawah ini!



a.



b.

F. Daftar Pustaka

[Adiwidia.2009. Biosferdan Persebaran Tumbuhan Hewan.](#)
Diakses 25 November 2016

[Agroteknologi.Pengertian dan Definisi Hutan Mangrove.web.id.](#)*Diakses 27 November 2016*

Alikodra H.S. Populasi dan Perilaku Bekantan (*Nasalis larvatus*) di Samboja Koala, Kalimantan Timur. Fakultas Kehutanan, Institut Pertanian Bogor.

Carlz. 2013. Penyebaran Makhluk Hidup. *Diakses 25 November 2016*

Christanto Indrayanti. Flora dan Fauna. *Diakses 27 November 2016*

Elga Putra. Studi populasi Elang Jawa (*Spizaetus bartelsi*) di Jawa Tengah. *Diakses 27 November 2016*

[Getborneo. 2015. DepanBeruangMaduKalimantan.](#)*Diakses 27 November 2016*

[Getborneo.IkanPesutLumba-LumbaAirTawarIndonesia.](#)
Diakses 27 November 2016

[Inddit.MacanTutul Jawa Panthera Pardus Melas Satwa Khas Pulau Jawa Terancam Punah.](#) *Diakses 27 November 2016*

[NationalGeographic.2014. Setahun Terakhir Populasi Banteng Jawa Baluran Bertambah.](#) *Diakses 25 November 2016*

[Leni. 2014. SiamangKeraHitamYangTerancamPunah.](#) *Diakses 27 November 2016*

Noor I.Y. 2013. Kelimpahan dan Sebaran Populasi Pesut Mahakam (*Orcaella brevirostris* Gray, 1866) di Sungai Mahakam Kalimantan Timur (*Abundance and Distribution of Mahakam Irrawaddy Dolphin (Orcaella brevirostris* Gray,

1866) *in Mahakam River, East Kalimantan*). Direktorat Kawasan Konservasi dan Bina Hutan Lindung.

[Simomot. 2014. MitosMacanTutulMenjelangPilpres.](#) Diakses 25 November 2016

Tim Dosen Mata Kuliah. 2016. Penuntun Praktikum. Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Alauddin Makassar.

Tolangara, A.R. 2015. Kumpulan Tulisan Tumbuhan Mangrove di Maluku Utara. (tidak dipublikasikan)

BAB 6

INTERAKSI HEWAN, TUMBUHAN DAN MANUSIA, ENDEMIK SPESIES DAN FAKTOR-FAKTOR YANG MEMPENGARUHINYA SERTA KEUNIKAN BUDAYA MASYARAKAT KEPULAUAN

Dalam suatu kawasan misalnya hutan, kolam, danau dan lain-lain terjadi interaksi antarkomponen abiotik dan komponen biotik. Tumbuhan memerlukan komponen-komponen hara dari tanah, air, cahaya untuk tumbuh. Tumbuhan tersebut kemudian menjadi sumber makanan bagi hewan pemakan tumbuhan atau konsumen, demikian seterusnya. Peristiwa tersebut merupakan suatu sistem ekologi yang terbentuk oleh hubungan timbal balik antara makhluk hidup dengan lingkungannya atau dikenal pula sebagai ekosistem. Sistem terdiri atas komponen-komponen yang bekerja secara teratur sebagai satu kesatuan, sedangkan ekologi adalah ilmu yang mengkaji hubungan timbal balik antara organisme dengan habitatnya.

Kualitas lingkungan hidup pada lingkungan alamiah akan terjadi keseimbangan ekosistem jika tidak diganggu proses konversi energinya. Suatu ekosistem memiliki kemampuan untuk mempertahankan kondisi seimbang seperti semula, bila tidak memperoleh gangguan dari luar. Kemampuan untuk tetap stabil disebut stabilitas. Pada ekosistem yang terbuka, materi

dan energi akan terus mengalami proses konversi dan transformasi namun tetap dapat menjaga keseimbangannya. Lingkungan yang mampu menjaga keseimbangannya sendiri disebut lingkungan yang memiliki keseimbangan dinamis.

Interaksi hewan dan tumbuhan

Suatu ekosistem selalu menunjukkan interaksi antara komunitasnya. Interaksi yang terjadi selalu memberikan pengaruh satu sama lain. Pada konteks interaksi antara hewan dengan tumbuhan berbagai pengaruh, baik positif maupun negatif, ditimbulkan oleh keduanya (hewan dan tumbuhan). Interaksi yang dapat terjadi antara hewan dengan tumbuhan meliputi herbivori, insektifori, polinatori, serta koevolusi.

A. Capaian Pembelajaran

- 1) Menguasai konsep interaksi antara hewan, tumbuhan manusia di suatu pulau serta memberikan contoh dari masing-masing proses interaksinya
- 2) Memiliki kemampuan untuk memberikan contoh spesies endemik secara umum di Indonesia dan secara khusus di Maluku Utara
- 3) Mampu menyebutkan faktor-faktor yang mempengaruhi endemik spesies
- 4) Mampu memberikan contoh keunikan budaya masyarakat pada tiap wilayah kepulauan di Maluku Utara contohnya kebudayaan di Kota Ternate, Kota

Tidore Kepulauan, Kabupaten Halmahera Barat dan lainnya

B. Kemampuan Akhir Pembelajaran

Setelah mempelajari BAB V di atas, mahasiswa diharapkan memiliki kemampuan akhir sebagai berikut:

1. Mampu memahami konsep interaksi hewan, tumbuhan dan manusia di suatu pulau,
2. Mampu memahami konsep spesies endemik di suatu pulau (khususnya di Maluku Utara),
3. Mengetahui faktor-faktor yang mempengaruhi endemik spesies,
4. Mengetahui keunikan budaya masyarakat pada tiap wilayah kepulauan di Maluku Utara.

1. Herbivori

Herbivori merupakan pola interaksi antara hewan pemakan vegetasi dengan tumbuhan dimana interaksi yang paling sering terjadi adalah grazing dan browsing. Grazing adalah interaksi yang melibatkan hewan pemakan rumput-rumputan seperti sapi, kuda, dan kambing. Sedangkan browsing merupakan interaksi yang melibatkan hewan pemakan pucuk atau bagian tanaman lainnya. Browsing kerap kali terjadi misalnya antara jerapa atau gajah dengan tanaman *Accacia auriculiformis* atau biji tanaman yang dikonsumsi oleh burung. Pengaruh yang disebabkan oleh interaksi tersebut meliputi :

a. Bagi Tumbuhan

- Kotoran hewan dapat membantu menyuburkan tanah sehingga pertumbuhan dan perkembangan tanaman tidak terhambat
- Perumputan oleh herbivora mempengaruhi ketinggian dan kerapatan vegetasi serta kelembaban relatif mikrohabitat. Pada area yang dikelola dengan baik masih banyak tersedia ruang untuk herbivora sehingga tidak terjadi konsentrasi mamalia, tetapi pada lahan pertanian dimana lanskap mengalami fragmentasi ke dalam beberapa padang rumput, akan terjadi pengelompokan mamalia herbivora yang tidak hanya meningkatkan konsentrasi kotoran tetapi juga meningkatkan peluang rusaknya kotoran dan vegetasi yang ada
- Adanya hewan pemakan biji menjadi salah satu cara tumbuhan untuk menyebarkan bijinya sehingga tumbuhan tersebut dapat memperbanyak keturunannya di wilayah lain. Namun, Biji suatu jenis tanaman yang terbawa oleh hewan bisa saja terjatuh atau ditempatkan pada lahan atau wilayah yang tidak kondusif seperti laut atau rawa-rawa sehingga penyebaran biji tidak berhasil dan eksistensi tanaman tersebut berkurang.
- Hewan pemakan pucuk kerap kali merobohkan tumbuhan, terutama tumbuhan dengan habitus pohon. Perobohan tersebut dapat mengurangi dominansinya

terhadap tumbuhan kecil atau semak. Semakin banyak perobohan tumbuhan berhabitus pohon oleh hewan maka semakin besar kemungkinan tumbuhan tersebut menjadi langka hingga akhirnya mengalami kepunahan.

b. Bagi Hewan

- Karena tumbuhan merupakan produsen primer maka interaksi ini jelas sangat menguntungkan hewan terutama dalam hal pemenuhan nutrisi/sumber makanan
- Bagi sebagian besar hewan, tumbuhan menjadi habitat (rumah) serta tempat berlindung dari predator

2. Insektifori

Interaksi berikutnya adalah insektifori yaitu interaksi yang melibatkan jenis tumbuhan pemakan hewan yang dalam hal ini adalah serangga. Jenis tumbuhan ini biasanya terdapat pada wilayah yang kekurangan unsur N (nitrogen) sehingga untuk mendapatkan asupan unsur tersebut jenis tumbuhan tertentu mengambil unsur N dari serangga. Contohnya adalah Kantung semar dan sebagian besar jenis dari famili *Nepenthaceae*, serta tumbuhan Venus dimana daunnya terdiferensiasi menjadi semacam alat gerak untuk menangkap serangga. Interaksi ini dapat menyebabkan kelangkaan beberapa jenis serangga, termasuk serangga-serangga yang berperan dalam peristiwa polinasi, sehingga akan berdampak

buruk bagi spesies tanaman lain yang penyerbukannya bergantung pada serangga tersebut.

3. Polinatori

Polinatori merupakan interaksi antara tumbuhan dengan hewan yang sebenarnya bersifat kebetulan karena sebenarnya "kunjungan" suatu hewan pada tumbuhan, khususnya bunga, bertujuan untuk mencari makan. Karena itulah dalam proses penyerbukan harus terjalin hubungan timbal balik antara tanaman berbunga dengan polinatornya. Interaksi ini akan terbentuk jika tanaman berbunga dapat menyediakan apa yang dibutuhkan oleh polinator untuk kelangsungan hidupnya. Ketika polinator memperoleh banyak manfaat dari kontakannya dengan bunga, yang dapat berupa makanan, tempat berlindung dan membangun sarang atau tempat melakukan perkawinan maka kontak tersebut dapat menjadi bagian yang tetap dalam hidupnya sehingga akan terbentuk interaksi yang konstan dengan tanaman tersebut. (Griffin dan Sedgley, 1989). Oleh karena itu tanaman berbunga harus mampu menarik polinatornya sehingga mendapatkan kunjungan polinator secara kontinu. Dengan demikian terdapat jaminan terjadinya transfer tepung sari yang mendukung pembuahan (Pacini, 2000).

4.Koevolusi

Koevolusi merupakan interaksi yang melibatkan adaptasi evolusioner yang bersifat resiprok pada dua spesies. Akan tetapi, dasar genetik pada sebagian besar kasus masih belum dapat ditentukan dan seringkali sangat sulit untuk menentukan bahwa suatu perubahan evolusioner dalam satu spesies merupakan suatu kekuatan selektif yang menginduksi perubahan evolusioner pada spesies yang lain. Interaksi ini misalnya terjadi pada *Passionflower vine* dengan larva kupu-kupu dari genus *Heliconius*. *Passionflower vine* menghasilkan zat kimia beracun yang membantu melindungi daunnya dari serangga herbivora. Suatu kontraadaptasi berkembang pada *Heliconius* dimana ia mampu mencerna daun *Passionflower vine* yang beracun tersebut dengan suatu enzim pencernaan khusus. Resistensi larva *Heliconius* ini merupakan suatu kekuatan selektif yang mengarah pada terjadinya evolusi pertahanan yang dilakukan oleh tumbuhan tersebut. Caranya adalah beberapa daun *Passionflower vine* kerap terlihat memiliki bintik-bintik kuning dimana bintik-bintik kuning ini merupakan "senjata" untuk melawan larva *Heliconius*. Larva *Heliconius* mengira bintik-bintik kuning tersebut adalah telur dari individu *Heliconius* yang lain sehingga *Heliconius* pertama tidak akan meletakkan telurnya pada daun tersebut untuk menghindari adanya kompetisi sehingga kerusakan daun *Passionflower vine* dapat berkurang (Campbell, 2004).

5. Interaksi tumbuhan dengan manusia

Orang yang sedang berteduh di bawah pohon pada siang hari yang dapat merasakan kesejukan dan kesegaran udara di sekitarnya. Udara di sekitarnya terasa sejuk karena banyak oksigen murni yang berasal dari hasil fotosintesis yang terjadi pada daun tumbuhan, demikian pula tumbuh-tumbuhan yang memerlukan CO_2 (karbon dioksida) yang berasal dari udara bebas dan pernapasan manusia untuk fotosintesis.

Fotosintesis sebenarnya merupakan suatu proses pembentukan senyawa kimia kompleks dari senyawa-senyawa yang lebih sederhana dengan bantuan sinar matahari. Hasil akhir dari fotosintesis berupa karbohidrat yang akan digunakan sebagai sumber makanan dan oksigen yang terlepas ke udara bebas sehingga orang yang berada di sekitarnya dapat menghirup udara segar.

Oksigen yang dihasilkan tumbuhan diperlukan manusia dan hewan untuk bernapas. Pernapasan atau respirasi sebenarnya merupakan proses penguraian ikatan kimia molekul kompleks menjadi molekul sederhana yang terjadi dalam sel tubuh. Tumbuhan merupakan makhluk hidup yang *autotrof*, yaitu makhluk hidup yang mampu menghasilkan makanannya sendiri. Makanannya itu dalam bentuk senyawa kimia, yang diperoleh melalui proses fotosintesis dalam daun.

Fotosintesis merupakan suatu peristiwa penggabungan zat anorganik (seperti unsur C, H, dan O) menjadi zat organik berupa senyawa glukosa (karbohidrat), dengan menggunakan energi matahari. Peristiwa fotosintesis hanya terjadi dan berlangsung jika terdapat klorofil dan sinar matahari. Klorofil merupakan pigmen hijau berbentuk butiran-butiran, terletak di dalam kloroplas yang terdapat di daun. Klorofil memiliki sifat mampu menangkap dan memantulkan sinar dalam gelombang yang berbeda (*fluoresen*). Klorofil kadang-kadang dapat juga dijumpai pada batang tumbuhan, karena daunnya telah mengalami modifikasi bentuk dan fungsi dari daun ke batang, contohnya tanaman kaktus.

Manusia hidup selalu membutuhkan energi. Makan dan bernapas (respirasi) merupakan cara yang dilakukan manusia untuk memperoleh energi. Respirasi merupakan suatu proses menghasilkan energi yang diperlukan untuk memecah molekul kompleks menjadi molekul yang lebih sederhana, utamanya molekul gula sederhana menjadi karbondioksida dan uap air serta energi. Oleh karena itu manusia dan tumbuhan tak dapat terpisahkan.

Keanekaragaman hayati atau *biodiversity* merupakan ungkapan pernyataan terdapatnya berbagai macam variasi bentuk, penampilan, jumlah dan sifat yang terlihat pada berbagai tingkatan persekutuan makhluk, yaitu tingkatan

ekosistem, tingkatan jenis dan tingkatan genetika. Pada dasarnya keragaman ekosistem di alam terbagi dalam beberapa tipe, yaitu ekosistem padang rumput, ekosistem hutan, ekosistem lahan basah dan ekosistem laut. Keanekaragaman tipe-tipe ekosistem tersebut pada umumnya dikenali dari ciri-ciri komunitasnya yang paling menonjol, dimana untuk ekosistem daratan digunakan ciri komunitas tumbuhan atau vegetasinya karena wujud vegetasi merupakan pencerminan fisiognomi atau penampakan luar interaksi antara tumbuhan, hewan dan lingkungannya.

Dalam menilai potensi keanekaragaman hayati, seringkali yang lebih banyak menjadi pusat perhatian adalah keanekaragaman jenis, karena paling mudah teramati. Sementara keragaman genetik yang merupakan penyusunan jenis-jenis tersebut secara umum lebih sulit dikenali. Sekitar 10 % dari semua jenis makhluk hidup yang pada saat ini hidup dan menghuni bumi ini terkandung pada kawasan negara Indonesia, yang luas daratannya tidak sampai sepertujuh-puluhlima dari luas daratan muka bumi. Secara rinci dapat diuraikan bahwa Indonesia dengan 17.058 pulau-pulainya mengandung 10 % dari total jenis tumbuhan berbunga di dunia, 12 % dari total mamalia di dunia, 16 % dari total reptil dan amfibia di dunia, 17 % dari total jenis burung di dunia dan 25 % atau lebih dari total jenis ikan di dunia.

Dokumen *Biodiversity Action Plan for Indonesia* (Bappenas, 1991) menuliskan bahwa, hutan tropika Indonesia adalah merupakan sumber terbesar keanekaragaman jenis-jenis palm, mengandung lebih dari 400 species meranti-merantian dari Famili *Dipterocarpaceae* (yang merupakan jenis kayu pertukangan paling komersil di Asia Tenggara); dan diperkirakan menyimpan 25.000 species tumbuhan berbunga. Tingkatan Indonesia untuk keragaman jenis mamalia adalah tertinggi di dunia (515 species, di antaranya 36 species endemis), terkaya untuk keragaman jenis kupu-kupu ekor walet dari famili *Papilionidae* (121 species, 44 % endemis), terbesar ketiga untuk keragaman jenis reptilia (lebih dari 600 species), terbesar keempat untuk jenis burung (1519 species, 28 % endemis), terbesar kelima untuk jenis amphihi (270 species) dan ke tujuh di dunia untuk tumbuhan berbunga. Selain itu luasnya kawasan perairan teritorial Indonesia yang merupakan kawasan laut terkaya di wilayah Indo-Pasifik juga mendukung kekayaan habitat laut dan terumbu karang. Kawasan terumbu karang di Sulawesi dan Maluku adalah salah satu bagian dari sistem terumbu dunia yang kaya akan species karang, ikan dan organisme karang lainnya.

Negara Indonesia sebagai salah satu pusat *biodiversity* dunia menyimpan potensi keanekaragaman hayati yang tidak ternilai harganya. Selama ini lebih dari 6000 spesies tanaman dan binatang telah dimanfaatkan untuk kebutuhan hidup

sehati-hari masyarakat, dan lebih dari 7000 jenis ikan laut dan tawar selama ini mendukung kebutuhan masyarakat.

Konservasi keanekaragaman hayati diperlukan karena pemanfaatan sumber daya hayati untuk berbagai keperluan secara tidak seimbang akan menyebabkan makin langkanya beberapa jenis flora dan fauna karena kehilangan habitatnya, kerusakan ekosistem dan menipisnya plasma nutfah. Hal ini harus dicegah agar kekayaan hayati di Indonesia masih dapat menopang kehidupan.

6. Kategori IUCN untuk Spesies-spesies Yang Terancam Kepunahan

Saat menerbitkan edisi pertama Red Data Booksnya, IUCN telah memperkenalkan pengkatagorian spesies yang terancam kepunahan berdasarkan status ekologis dan besarnya ancaman yang diterima spesies tersebut. Pengkatagorian tersebut kemudian dikritik Georgina Mace dan Russel Lande, dua peneliti yang tergabung dalam Panitia Pengarah IUCN/SSC karena dinilai amat subyektif sifatnya. Kedua peneliti tersebut mengajukan usulan untuk memperbaiki pengkatagorian dan mendefinisikan ulang katagori-katagori tertentu agar lebih obyektif dan kuantitatif. Hingga sekarang, usulan Mace dan Lande itu masih dalam tahap pembahasan dan penilaian kemungkinan penerapannya, karena penggunaan

sistem katagori baru secara meluas sudah tentu akan menyangkut berbagai level sumberdaya yang tersedia.

Kategori yang lama adalah:

- a. *Extinct* (Punah), yakni apabila selama 50 tahun terakhir tidak ada lagi data yang menunjukkan secara jelas keberadaan spesies tersebut (kriteria menurut CITES),
- b. *Endangered* (Terbahayakan), yakni spesies yang berada dalam bahaya kepunahan dan tidak mungkin bertahan lestari tanpa menghentikan sumber-sumber penyebab kepunahannya. Termasuk ke dalam katagori ini spesies-spesies yang populasinya di alam terus menurun menuju titik kritis, atau yang habitatnya menyusut drastis hingga membahayakan kelestariannya. Juga spesies yang diperkirakan punah, namun dalam jangka 50 tahun terakhir keberadaannya sempat tercatat secara akurat,
- c. *Vulnerable* (Rawan), yakni spesies-spesies yang diperkirakan tengah menuju ke dalam katagori 'terbahayakan' di saat-saat mendatang, apabila sumber-sumber yang mengancamnya tidak dihentikan atau ditanggulangi. Termasuk ke dalamnya adalah spesies-spesies yang sebagian besar atau seluruh populasinya tengah menyusut karena permanenan yang berlebihan (overeksploitasi), kerusakan habitat yang meluas ataupun gangguan lingkungan yang lain; spesies-spesies

yang populasinya menyusut dengan gawat, sementara upaya pengamanan yang (tengah) dilakukan tidak dapat mengantisipasinya; dan spesies-spesies yang walaupun masih terdapat dalam jumlah yang cukup, namun terancam oleh faktor-faktor yang dapat merugikannya yang berada di lingkungannya,

- d. *Rare* (Langka), yakni spesies-spesies yang total populasinya kecil, yang walaupun tidak termasuk ke dalam katagori-katagori di atas namun berada pada kondisi yang riskan. Mungkin penyebarannya terbatas secara geografis atau pada habitat-habitat tertentu; atau menyebar luas namun dalam populasi-populasi yang kecil saja,
- e. *Indeterminate*, spesies-spesies yang diketahui 'terbahayakan', 'rawan' atau 'langka', namun tidak cukup informasi untuk menyatakan secara tepat termasuk jyang mana dari tiga katagori tersebut.
- f. *Insufficiently Known*, ialah spesies-spesies yang disangka kuat namun belum dapat secara tegas masuk ke dalam katagori-katagori di atas karena informasinya masih kurang.

Di samping itu masih ada katagori tambahan, yakni 'terancam komersial' yang menunjukkan bahwa spesies-spesies tersebut belum terancam kepunahan, namun sebagian besar

atau keseluruhan populasinya tak 'kan dapat bertahan sebagai sumberdaya komersial yang berkelanjutan tanpa adanya pengaturan terhadap eksploitasinya. Umumnya katagori terakhir ini diterapkan pada spesies-spesies yang memiliki ukuran populasi yang besar, seperti halnya spesies-spesies ikan komersial di laut.

7. Spesies terancam menurut Daftar Merah

Suatu spesies dikatakan terancam jika diperkirakan mengalami kepunahan dalam masa yang tak lama lagi. Persatuan Konservasi Dunia (*The World Conservation Union*, IUCN) menerbitkan sebuah buku dengan nama Darta Merah ini terancam satu demi satu. Daftar Merah ini direvisi setiap 2 tahun sejak 1986 oleh Pusat Monitor Konservasi Dunia (*World Conservation Monitoring Centre*), bersama jaringan kelompok khusus dari Komisi Ketahanan Spesies (*Species Survival Commission Special Groups*) IUCN.

Menurut Daftar Merah IUCN edisi 1990, terdapat 4.452 spesies satwa yang terancam punah. Kelas satwa dengan jumlah spesies terbesar yang terancam adalah serangga (1.083 spesies) dan burung (1.029). disusul ikan (713), mamalia (507), kerang-kerangan (409), reptillia (169), karang (154), cacing anelida (139), *crustacea* (126), dan amfibia (57).

Demikian juga dengan tumbuhan, kondisinya tak kalah memprihatinkan. Tumbuhan yang terancam di Asia mencapai

6.608 spesies, eropa tanpa Jerman 2.677, Amerika Tengah dan utara 5.747, Amerika Selatan 2.061, Oceania 2.673 dan Afrika 3.308. jumlah yang sebenarnya di lapangan bahkan bisa lebih banyak dari itu. Selanjutnya setiap spesies di dalam Daftar Merah tersebut dikategorikan terancam dengan melihat berbagai faktor yang mempengaruhinya sebagaimana tingkatan/status yang telah diungkapkan di atas.

Pada waktu selanjutnya, IUCN melakukan revisi dalam pengkategorisasian spesies terancam punah ke dalam berbagai kategori sebagai berikut :

- a. Punah atau *Extinc* (EX) Suatu taxon dikatakan punah jika tidak ada keraguan lagi bahwa individu terakhir telah mati,
- b. Punah di alam atau *Extinct in the wild* (EW) Suatu taxon dikatakan punah di alam jika dengan pasti diketahui bahwa taxon tersebut hanya hidup di penangkaran, atau hidup di alam sebagai hasil pelepasan kembali di luar daerah sebaran aslinya. Suatu taxon dianggap punah di alam jika telah dilakukan survai menyeluruh di daerah sebarannya atau di daerah yang memiliki potensi sebagai daerah sebarannya di alam, survai dilakukan pada waktu yang tepat, dan survai tersebut gagal menemukan individu taxon tersebut. Survai harus dilakukan sepanjang siklus hidup taxon tersebut,

- c. Kritis atau *Critically Endangered* (CR) Suatu taxon dikatakan kritis jika taxon tersebut menghadapi resiko kepunahan sangat tinggi di alam,
- d. Gending *Endangered* (EN) Suatu taxon dikatakan genting jika taxon tersebut tidak termasuk kategori kritis saat menghadapi resiko kepunahan sangat tinggi di alam dalam waktu dekat,
- e. Rentan atau *Vulnerable* (VU) Suatu taxon dikatakan rentan jika taxon tersebut tidak termasuk kategori kritis atau genting tetapi menghadapi resiko kepunahan tinggi di alam,
- f. Keberadaannya tergantung aksi konservasi atau *Conservation Dependent*(CD) Untuk dianggap sebagai CD suatu taxon harus merupakan fokus dari program konservasi jenis atau habitat yang secara langsung mempengaruhi taxon dimaksud,
- g. Resiko rendah atau *Low Risk* (LR) Suatu taxon dikatakan beresiko rendah jika setelah dievaluasi ternyata taxon tersebut tidak layak dikategorikan dalam kritis, genting, rentan, *Conservation Dependent* atau *Data Deficient*. Kategori ini masih dapat di bagi lagi menjadi tiga, yaitu: (i) taxon yang nyaris memenuhi syarat untuk dikatakan terancam punah (*Near-Threatened*), (ii) taxon yang tidak begitu menjadi perhatian, (iii) taxon yang saat ini

jumlahnya besar tetapi memiliki peluang yang sangat kecil untuk punah di masa depan.

8. Interaksi hewan, tumbuhan dan manusia di suatu pulau

Manusia tinggal dan hidup dalam lingkungannya. Mereka berinteraksi dengan komponen lingkungan fisik, baik biotik (hewan dan tumbuhan) maupun dengan komponen abiotik (tanah, air, batuan dan lain-lain). Manusia juga melakukan interaksi dengan sesamanya atau lingkungan sosialnya dan mengembangkan nilai dan norma untuk mengatur interaksi tersebut. Dari interaksi tersebut, manusia menghasilkan kebudayaan dalam berbagai bentuk seperti bahasa, teknologi dan lain-lain.

Pada awalnya, ketika manusia belum mengenal teknologi, hubungan manusia dengan komponen lingkungan lainnya masih berjalan secara harmonis. Selain jumlahnya masih sedikit, mereka juga tidak berlebihan dalam mengambil sumber daya alam, sehingga tidak menimbulkan kerusakan yang berarti. Namun seiring dengan berkembangnya teknologi, dan meningkatnya jumlah serta kebutuhan manusia, mereka cenderung eksploitatif atau mengambil sumberdaya alam secara berlebihan. Akibat dari perilaku tersebut, lingkungan mengalami perubahan. Bahan-bahan pencemar sisa aktivitas manusia mencemari lingkungan perairan, udara dan daratan.

Kerusakan tersebut pada akhirnya berdampak buruk pada manusia, diantaranya adalah berkembangnya penyakit, bencana alam dan lain-lain.

a. Manusia sebagai makhluk sosial

Manusia tidak dapat hidup sendiri. Dalam kehidupannya dia membutuhkan orang lain untuk berkomunikasi dan berinteraksi. Manusia secara alamiah merupakan makhluk sosial. Artinya manusia memiliki kebutuhan, kemampuan dan kebiasaan untuk berkomunikasi dan berinteraksi dengan manusia lainnya. Dalam dirinya selalu ada dorongan kebutuhan untuk berinteraksi dengan manusia lainnya. Dari interaksi tersebut kemudian manusia membentuk kelompok-kelompok berdasarkan pada kesamaan lokasi, kepentingan, jenis kelamin dan lain-lain. Berdasarkan hal tersebut, berkelompok dalam kehidupan manusia merupakan suatu kebutuhan yang harus dipenuhi. Melalui kehidupan berkelompok manusia dapat memenuhi kebutuhan berupa komunikasi, keamanan, ketertiban, keadilan, kerjasama, dan untuk mendapatkan kesejahteraan.

Melalui komunikasi manusia dapat menyampaikan ide atau gagasannya kepada orang lain. Mereka juga dapat menumpahkan perasaannya melalui komunikasi. Untuk berkomunikasi manusia mengembangkan bahasa. Selain komunikasi, manusia juga membutuhkan keamanan dengan berkelompok. Andai mereka hidup sendiri-sendiri, tentu akan

rentan dari gangguan keamanan atau tindak kejahatan. Karena itu di lingkungan permukiman, manusia membentuk sistem keamanan dengan melakukan giliran siskamling (sistem keamanan lingkungan) atau dikenal dengan ronda.

Ketertiban juga akan terjaga karena manusia berkelompok dan tiap anggota kelompok harus taat terhadap aturan yang dibuat kelompok. Dalam kelompok juga dimungkinkan terjadinya kerjasama antar anggotanya, sehingga juga memungkinkan manusia bisa hidup sejahtera. Selain karena kebutuhan, sifat berkelompok pada manusia didasari oleh adanya kemampuan berkomunikasi, mengungkapkan rasa dan kemampuan untuk saling bekerjasama. Berbagai kemampuan tersebut ditunjang oleh media berupa bahasa. Dengan bahasa manusia juga dapat saling bertukar informasi dan budaya dengan kelompok manusia lainnya. Dalam hidup berkelompok dan bermasyarakat manusia mengembangkan nilai-nilai tertentu. Tujuannya adalah agar kehidupan berkelompok tersebut dapat berjalan dengan baik atau harmonis.

Tanah, air, udara dan tumbuhan serta hewan mempengaruhi kehidupan kita dan kita pun mempengaruhi proses-proses yang terjadi dalam lingkungan fisik kita. Petani yang bercocok tanam di wilayah yang tanahnya subur, akan banyak memperoleh hasil ketimbang di daerah yang tidak subur. Di wilayah yang banyak sumber airnya, penduduk

biasanya membuat kolam-kolam ikan. Selain dipengaruhi, manusia juga mempengaruhi lingkungannya. Pembukaan hutan untuk dijadikan lahan pertanian akan memperbesar tingkat pengikisan atau erosi. Selain itu, jumlah dan kualitas air juga berkurang karena rusaknya hutan.

Jadi, lingkungan biofisik adalah segala sesuatu yang bersifat fisik di lingkungan kita yang dapat mempengaruhi kehidupan kita. Secara garis besar lingkungan biofisik tersebut adalah tanah, air, udara, batuan dan tumbuhan serta hewan.

b. Tanah

Tanah (soil) adalah suatu tubuh alam yang berbentuk campuran hasil pelapukan batuan (anorganik), bahan-bahan organik, air dan udara yang menempati bagian paling atas dari litosfer. Tubuh tanah terdiri atas batuan yang telah mengalami pelapukan, kemudian bercampur dengan sisa bahan organik, air, udara, dan mengalami proses fisika dan kimia membentuk lapisan tanah. Tanah merupakan sumber kehidupan bagi manusia dan makhluk hidup lainnya. Berbagai jenis tumbuhan sangat tergantung pada tanah, sehingga pertumbuhannya akan banyak ditentukan oleh kondisi tanah. Tumbuhan tersebut pada gilirannya menjadi bahan makanan bagi manusia dan hewan, sehingga pada dasarnya semua makhluk hidup tergantung pada keberadaan tanah.

Tanah juga menjadi sumberdaya alam yang tak ternilai harganya. Tanah yang subur bisa mendatangkan kemakmuran bagi penduduk suatu bangsa. Karena itu, sering kali peradaban mulai berkembang di wilayah yang tanahnya subur seperti di lembah sungai Tigris dan Eufrat. Sampai sekarang sebaran manusia dan pemukimannya cenderung terkonsentrasi pada tanah-tanah yang subur.

Walaupun tanah memiliki manfaat yang sangat besar, seringkali manusia kurang berupaya untuk memelihara dan menjaganya dari kerusakan. Akibatnya tanah-tanah yang tadinya subur berubah menjadi kurang subur, bahkan rusak dan ditinggalkan begitu saja. Dampaknya tentu saja sangat merugikan manusia itu sendiri karena harus kehilangan sumberdaya yang amat berharga.

Sebagian besar tanah di Indonesia merupakan tanah vulkanis. Walau demikian, terdapat pula beragam jenis tanah lainnya, antara lain tanah gambut atau tanah organik, tanah aluvial, tanah regosol, tanah litosol, tanah latosol, tanah grumosol, tanah mediteran merah-kuning, dan tanah hidromorf kelabu.

Di Jawa Barat terdapat berbagai jenis tanah yaitu tanah latosol, podsolik merah kuning, aluvial, andosol, regosol, glei, grumosol, mediteran dan organosol. Tanah aluvial tersebar disebagian besar dataran rendah pantai utara Jawa Barat seperti Karawang, Pamanukan, Indramayu dan Cirebon. Tanah regosol

dan andosol banyak terdapat disebagian besar wilayah tengah dan selatan yang merupakan wilayah deretan pegunungan. Tanah latosol banyak tersebar di wilayah Bogor dan sebagian wilayah sukabumi. Perbedaan jenis tanah tersebut akan sangat berpengaruh terhadap jenis usaha tani yang dilaksanakan pada tanah tersebut.

c.Air

Air merupakan salah komponen lingkungan biofisik yang keberadaannya menutupi hampir 71% permukaan bumi. Kurang lebih terdapat 1,4 triliun kilometer kubik air (330 Juta mil³) di bumi. Air sebagian besar terdapat di laut (air asin) dan pada lapisan-lapisan es (di kutub dan puncak-puncak gunung) serta dalam bentuk awan, hujan, sungai, danau, uap air dan lautan es.

Keberadaan air tersebut sangat vital dalam menyokong kehidupan di dalamnya. Tanpa adanya air, maka makhluk hidup tidak mungkin hidup dan berkembangbiak. Itulah sebabnya sampai saat ini, bumi merupakan satu-satunya planet yang dapat ditempati oleh manusia dan makhluk hidup lainnya. Semua keperluan hidup manusia, terutama air, disediakan untuk memenuhi kebutuhan manusia.

Air di bumi bergerak mengikuti suatu daur atau siklus air, yaitu : melalui penguapan, hujan, dan aliran air di atas permukaan tanah (runoff, meliputi mata air, sungai, muara)

menuju laut. Air dapat berwujud padatan (es), cairan (air) dan gas (uap air). Air merupakan satu-satunya zat yang secara alami terdapat di permukaan bumi dalam ketiga wujudnya tersebut.

Sebagian besar atau tepatnya lebih dari 98% air yang ada di daratan tersimpan sebagai air tanah, dan sekitar 2% lagi berupa air permukaan seperti di sungai, danau serta reservoir. Menurut Sutikno (2001), sumberdaya air bila diklasifikasikan sebagai berikut :

a.1 Air tanah

Air hujan yang meresap ke dalam tanah, pada gilirannya akan menjadi air tanah. Air tanah adalah bagian dari air yang berada di bawah permukaan tanah yang mengisi secara penuh ruang antar butir tanah atau pada lapisan jenuh (*saturated zone*). Hasil resapan tersebut mengisi pori-pori atau rongga antar partikel tanah. Jika infiltrasi atau air yang masuk ke dalam tanah terus berlangsung, maka air yang berada di antara partikel tanah tersebut bergerak terus ke bawah karena beratnya sendiri mengisi lapisan tanah paling bawah dan akhirnya terbentuklah air tanah (*groundwater*). Pada lapisan ini, air mengisi secara penuh rongga diantara partikel tanah.

Pada lapisan tanah, air terdapat pada zona aerasi dan zona jenuh air tanah atau zona saturasi. Zona aerasi merupakan zona yang di dalamnya masih mengandung udara yang bebas bergerak melalui pori-pori tanah. Sementara itu, zona jenuh

(*saturated zones*) merupakan zona yang terisi penuh oleh air di antara ruang antar butir tanahnya. Air tersebut akan tampak jika menggali sumur sampai pada zona ini. Wilayah inilah yang sebenarnya disebut zona air tanah (*groundwater*). Air tanah adalah air yang bergerak dalam tanah yang terdapat di dalam ruang-ruang antara butir-butir tanah yang membentuk itu dan di dalam retak-retak dari batuan.

a.2. Air Permukaan

Tidak semua hujan akan menyerap ke dalam tanah, melainkan sebagian lainnya akan menjadi air limpasan. Air limpasan ini akan mengisi sungai, danau dan sebagainya sebelum akhirnya sampai ke laut. Semua air yang tidak menyerap dan menguap tadi termasuk air permukaan. Jadi yang dimaksud dengan air permukaan adalah bagian dari air hujan yang tidak meresap ke dalam tanah yang mengalir di atas permukaan tanah dalam bentuk air limpasan (*run off*) dan mengisi cadangan permukaan (*surface storage*) berupa danau, kolam, dan lain-lain serta akhirnya mengisi saluran sungai.

Tidak menyerapnya seluruh air hujan ke dalam tanah terjadi karena tanah telah jenuh dengan air atau karena intensitas curah hujan melebihi laju penyerapan/infiltrasi. Tanah yang terlalu padat bisa menyebabkan lambatnya laju infiltrasi. Lama kelamaan air hujan yang ditolak masuk ke dalam tanah akan menjadi lapis tipis air di atas permukaan tanah. Lapis air tersebut lama kelamaan semakin besar dan

mengalir di atas permukaan sebagai air limpasan. Air limpasan permukaan pada akhirnya akan berkumpul pada cadangan atau penyimpanan permukaan (danau, kolam dan sebagainya) dan pada saluran penyimpanan berupa air sungai.

d.Udara

Di lingkungan sekitar kita terdapat udara yang terus menerus kita hirup. Manusia sangat tergantung pada udara. Andai saja udara yang kita hirup adalah udara yang telah tercemar, maka kesehatan kita akan terganggu. Udara bumi yang kering mengandung 78% nitrogen, 21% oksigen, dan 1% uap air, karbon dioksida, dan gas-gas lain. Kandungan (unsur senyawa gas dan partikel) dalam udara akan berubah-ubah seiring dengan perubahan ketinggian dari permukaan tanah. Demikian juga massanya, akan berkurang seiring ketinggian, semakin dekat dengan lapisan troposfer, maka udara semakin tipis, sehingga melewati batas gravitasi bumi, maka udara akan hampa sama sekali.

Oksigen sangat penting untuk mendukung kehidupan makhluk dan terjadinya proses pembakaran. Nitrogen merupakan penyubur tanaman. Bakteri menggunakan nitrogen dari udara untuk menyuburkan tanah. Udara juga melindungi bumi dari radiasi berbahaya yang berasal dari ruang angkasa. Udara disebut berkualitas buruk bila sifat unsur-unsur pembentuknya membahayakan atau merusak. Udara kotor

mengandung debu, pasir, jelaga, dan gas berbahaya. Kota kecil dapat menghasilkan lebih dari 5000 kg polusi udara dalam sehari.

Sebenarnya lingkungan hidup terdiri atas tiga komponen utama yaitu lingkungan hidup alam, lingkungan hidup sosial dan lingkungan hidup buatan atau binaan. Lingkungan hidup alam terdiri atas flora dan fauna serta lingkungan fisik seperti tanah, udara, dan air. Lingkungan sosial terdiri atas manusia dan interaksi sosialnya. Lingkungan buatan merupakan hasil budaya manusia dengan mengubah lingkungan alam menjadi lingkungan buatan seperti pertanian, pemukiman, jalan dan lain-lain.

Diantara lingkungan tersebut terjadi interaksi saling ketergantungan antara satu dengan lainnya. Lingkungan alam akan membentuk lingkungan sosial. Sebagai contoh pada suatu daerah yang lingkungan alamnya berupa pantai akan membentuk lingkungan sosial tertentu berupa kehidupan nelayan. Hal tersebut akan berbeda jika lingkungan alamnya berupa pegunungan. Lingkungan sosial yang terbentuk biasanya adalah lingkungan sosial petani.

Sebaliknya lingkungan sosial mempengaruhi lingkungan alamnya. Semakin maju masyarakat semakin banyak dan beragam kebutuhannya, sehingga membutuhkan sumberdaya alam yang semakin banyak dan beragam. Kemampuan

teknologinya juga sangat tinggi, sehingga mampu mengubah lingkungan dalam waktu singkat.

Lingkungan hidup sosial juga akan mempengaruhi lingkungan hidup buatan. Semakin tinggi penguasaan ilmu pengetahuan dan teknologi, semakin tinggi pula keragaman lingkungan buatan yang diciptakan. Karena itu, lingkungan buatan yang diciptakan oleh suatu masyarakat pada suatu wilayah merupakan gambaran dari kondisi sosial masyarakatnya. Sebagai contoh, lingkungan perkotaan yang terdiri atas berbagai fasilitas seperti kantor, pabrik dan lain-lain memberikan gambaran tentang masyarakat kota yang membangunnya. Mereka tentu menguasai ilmu dan teknologi untuk membangun fasilitas perkotaan. Sebaliknya, di daerah pedesaan yang kondisi lingkungan buatanya masih sederhana menggambarkan bahwa masyarakatnya juga masih sederhana.

Lingkungan buatan akan tergantung pada kondisi lingkungan alamnya. Sebagai contoh, pembangunan fasilitas perkotaan akan dipengaruhi oleh letak dan kondisi fisik lahan seperti kemiringan lereng, kondisi tanah dan batuan, ketersediaan air dan lain-lain. Untuk membangun fasilitas pemukiman, maka lahan yang dipilih adalah yang datar, tanahnya subur dan air tersedia secara memadai.

Dalam interaksi dengan lingkungan alamnya, manusia menempati posisi yang dominan. Manusia mempengaruhi lingkungan dengan cara mengatur lingkungan dan mengambil

sumberdaya yang ada di lingkungan. Manusia membangun jembatan, jalan, sawah, pemukiman dan lain-lain. Manusia juga mengembangkan nilai dan norma kaitannya dengan lingkungan. Sebaliknya lingkungan juga mempengaruhi perilaku manusia. Dalam lingkungan alam sendiri terdapat saling ketergantungan antara komponen fisik/abiotik dan komponen biotik. Saling ketergantungan tersebut tampak dalam suatu ekosistem.

Ekosistem akan berfungsi jika terjadi aliran materi dan energi dalam bentuk rantai makanan. Produsen akan menjadi makanan bagi konsumen dan bersama dengan pengurai terbentuklah daur materi. Karena itu, jika terjadi gangguan pada aliran energi dan daur materi, maka ekosistem tersebut akan mengalami kerusakan. Sebagai contoh, jika binatang buas seperti harimau terus diburu, sehingga punah, maka salah satu komponen dalam rantai makanan hilang. Akibatnya binatang yang biasanya menjadi mangsa harimau tersebut akan mengalami ledakan populasi (*blooming*) karena tidak adanya pemangsa. Dengan demikian, keseimbangan ekosistem secara keseluruhan akan terganggu.

Kegiatan Belajar Mahasiswa 1

Jika anda berada di suatu pulau, pasti anda akan melihat beberapa aktivitas makhluk hidup di pulau tersebut seperti hewan yang memakan rumput, manusia yang memberi makan

hewan peliharaan atau lebah yang hinggap di mahkota bunga. Aktivitas tersebut merupakan contoh interaksi antar makhluk hidup. Agar anda lebih memahami konsep interaksi antar makhluk hidup seperti yang dicontohkan di atas, anda akan diarahkan membentuk kelompok beranggotakan 5 orang yang disebar di beberapa tempat misalnya hutan, sungai atau pesisir pantai untuk melakukan pengamatan tentang tumbuhan dan hewan apa saja yang anda temukan di hutan, sungai atau pesisir pantai? Tuliskan hasil pengamatan anda pada tabel di bawah ini :

Tanggal dan waktu pengamatan	Lokasi pengamatan	Hewan yang ditemukan (lampirkan foto)		Tumbuhan yang ditemukan (lampirkan foto)	
		Nama Hewan	Jumlah	Nama Tumbuhan	Jumlah

Setelah data diperoleh, mahasiswa diminta membuat laporan hasil pengamatan secara individu dengan sistematika laporan meliputi beberapa aspek, antara lain :

- a. Pendahuluan

Berisi dasar teori yang relevan dengan topik tetapi dipaparkan secara garis besar

b. Tujuan pengamatan

c. Hasil

Berisi tabel hasil pengamatan

d. Pembahasan

Berisi argumentasi pengamat dan teori penunjang yang relevan dengan hasil pengamatan

e. Kesimpulan

f. Daftar pustaka

9. Spesies Endemik pada Suatu Pulau

Kawasan Wallacea yang terdiri dari ribuan pulau termasuk wilayah Maluku Utara memiliki keanekaragaman hayati yang mengagumkan. Keragaman ini dicirikan oleh tingkat endemisitas spesies yang begitu tinggi terutama pada jenis burung (avifauna). Avifauna kawasan Wallacea sangat kaya, paling sedikit ada 249 jenis yang terdapat di kawasan ini, yang merupakan 36 % dari 698 jenis yang tercatat di kawasan ini, selain itu terdapat 27 jenis endemik Indonesia (Coates *et al*, 2000).

Sebagai bagian dari wilayah paling timur garis Wallace, Kepulauan Maluku khususnya Maluku Utara menjadi tempat hidup berbagai satwa campuran Oriental dan Australia serta

menjadi arena evolusi berbagai jenis burung endemik. Kekayaan jenis fauna endemik Maluku Utara dan pulaupulau lainnya di Indonesia merupakan sebuah kebanggaan tersendiri, namun di sisi lain menjadi sebuah amanah besar untuk dikelola dengan baik agar dapat dinikmati oleh generasi yang akan datang.

Sebagai bagian dari upaya melestarikan kekayaan burung-burung endemik khususnya burung paruh bengkok (*Psittacidae*) dan habitatnya di Maluku Utara, Pemerintah telah menetapkan hutan Aketajawe-Lolobata sebagai kawasan Taman Nasional berdasarkan Keputusan Menteri Kehutanan Nomor : 397/Kpts-II/2004 tanggal 18 Oktober 2004. Taman Nasional Aketajawe-Lolobata (TNAL) merupakan kawasan konservasi di Indonesia yang mewakili keanekaragaman hayati Bioregion Wallacea bagian timur. Kawasan ini menyimpan variasi kekayaan fauna yang sangat beragam dan potensial, namun hingga kini belum banyak informasi dan publikasi terkait potensi hayati utamanya penyebaran jenis-jenis burung endemik di kawasan ini. Daerah Burung Endemik (DBE) di Maluku Utara terdapat pada jajaran pulau-pulau bergunung api yang berada di sepanjang utara, selatan dan sebelah barat Pulau Halmahera, termasuk Pulau di sekitarnya seperti Pulau Tidore, Ternate, Moti dan Kayoa serta beberapa pulau kecil lainnya, yang secara administratif masuk wilayah Provinsi Maluku Utara. Daerah Burung Endemik (DBE) sebagian besar di

temukan di Pulau Halmahera, pulau terbesar di bagian Utara Maluku (David,1997).

10.Keragaman Jenis Burung Hutan Kobe Kawasan TN Aketajawe-Lolobata

Hasil penelitian para ahli ornithologi terhadap kelompok avifauna menyimpulkan bahwa sebanyak 213 jenis burung yang tercatat di Halmahera, 126 jenis diantaranya merupakan burung penetap. Burung penetap dianggap penting bagi konservasi dan saat ini diperkirakan terancam punah secara global (Poulsen *et al*, 1999).

Pulau Halmahera adalah pulau terbesar kedua di Maluku setelah Seram dan merupakan miniatur yang secara fisik paling mirip dengan Sulawesi. Kemiripan tidak saja dalam hal sejarah terbentuknya kedua pulau yang notabene sebuah busur pulau, tetapi fisiografi dan bentuknya juga sangat mirip. Walaupun kekayaan jenisnya tidak setinggi di sub kawasan Sulawesi, namun Kepulauan Maluku mendukung enam marga endemik dan 64 jenis endemik (Coates & Bishop, 2000).

Hasil eksplorasi jenis avifauna dan mamalia pada hutan kawasan Taman Nasional Aketajawe-Lolobata menemukan sebanyak 39 jenis burung yang dijumpai melalui perjumpaan secara langsung. Dari semua jenis tersebut dikelompokkan ke dalam 22 famili, sebanyak 17 jenis merupakan burung endemik, 20 jenis burung penetap dan dua jenis burung pengunjung. Perjumpaan didominasi oleh kelompok julang irian (*Rhyticeros*

plicatus) dan dua jenis burung paruh bengkok yaitu nuri pipi merah (*Geoffroyusgeoffroyi*) serta nuri bayan (*Eclactus roratus*) dengan frekuensi perjumpaan rata-rata 5-10 menit per hari.

Columbidae merupakan marga dengan jenis yang paling banyak ditemukan, sebanyak tujuh spesies dijumpai dan tiga diantaranya adalah endemik Maluku Utara yaitu walik dada merah (*Ptilinopus bernsteini*), walik kepala kelabu (*Ptilinopus hyogaster*) dan pergam boke (*Ducula basilica*). Sedangkan empat jenis lainnya bersifat umum antara lain pergam mata putih (*Ducula perspicillata*), uncal ambon (*Macropygia amboinensisamboinensis*), pergam laut (*Ducula bicolor*) dan tekukur biasa (*Streptopeliachinensis*).

Dari keluarga *Psittacidae* sebanyak enam jenis terdiri atas nuri Kalung ungu (*Eos squamata*), nuri pipi merah (*Geoffroyus geoffroyi*), nuri bayan (*Eclactus roratus*) dan kakatua putih (*Cacatua alba*) yang sesekali terlihat melintas di lokasi pengamatan. Perjumpaan dengan *Cacatua alba* pada lokasi penelitian di hutan Kobe, agak berbeda karena hanya terlihat beberapa kali saja, berbeda dengan dua tempat penelitian sebelumnya yaitu Kawasan Tayawi dan hutan di sekitar sungai Yomoyomoto dimana intensitas pertemuan dengan jenis endemik ini sangat tinggi. Lokasi penelitian yang masih dekat dengan wilayah pantai menjadi alasan mengapa jenis burung *Cacatua alba* jarang ditemukan pada kawasan ini. Marga *Psittacidae* merupakan penciri khusus dari avifauna kawasan timur Indonesia, marga

ini juga dikenal sebagai keluarga burung paruh bengkok dan merupakan ekosistem asli Taman Nasional Aketajawe Lolobata. Jenis endemik lain dari marga *Psittacidae* yaitu kasturiterate (*Lorius garulus*), ciri khusus sebagai indikator untuk mengenali jenis ini adalah bulu dominan merah dan sayap berwarna hijau.

Dari famili *Campephagidae* juga ditemukan sebanyak tiga jenis, dimana satu jenis adalah endemik yaitu kapasan halmahera (*Lalage aurea*) dan dua lainnya terdiri atas Kepudang Sungu Kartula (*Coracina papuensis*) dan kepudang sungu miniak (*Coracina tenuirostris*).

Jenis-jenis burung endemik lainnya yang dijumpai pada lokasi pengamatan antara lain cikuakua halmahera (*Melitograis gilolensis*), brinji emas (*Ixos affinis*), bubut goliath (*Centropus goliath*), elang alap halmahera (*Accipiter henicogrammus*), cendrawasih halmahera (*Lycocoraxpyrrhopterus*), bubut kai (*Centropus spilopterus*), cikuakua hitam (*Philemonfuscicapillus*), cikuakua halmahera (*Melitograis gilolensis*), kepudang halmahera (*Oriolus phaeochromus*) dan paok halmahera (*Pitta maxima*).

Berdasarkan hasil wawancara dengan masyarakat sekitar, beberapajenis burung maupun satwa terrestrial tertentu diburu untuk keperluankonsumsi atau diperjual belikan, terutama yang mudah ditangkap denganjerat. Jenis burung berukuran besar seperti pergam (*Ducula* sp) dan julangirian (*Aceros plicatus*) jarang diburu karena sebagian besar masyarakat tidakmemiliki senapan angin sedangkan perburuan burung-

burung kecil biasanya menggunakan lem perekat atau jaring perangkap. Masalah yang kini menjadi kekhawatiran adalah meningkatnya penggunaan pestisida komersial untuk meracuni ikan pada sungai-sungai yang notabene sebagai tempat dimana satwa mencari air. Fakta yang cukup mengejutkan lagi adalah jenis burung paruh bengkok terutama kasturi ternate (*Loriusgarulus*), kakatua putih (*Cacatua alba*), nuri bayan (*Eclectus roratus*) dan nuri kalung ungu (*Eos squamata*) banyak ditangkap oleh Suku Togutil untuk dijual kepada para penambang emas.



Gambar 1. *Rhyticeros plicatus* (kiri) dan *Geoffroyus geoffroyi* (kanan), spesies yang ditemukan di Taman Nasional Aketajawe-Lolobata

(Sumber : Taman Nasional Aketajawe Lolobata, 2007)

11. Keragaman Jenis Burung pada Sub DAS Tayawi

Taman Nasional Aketajawe-Lolobata memiliki bentang lanskap yang luar biasa sehingga mampu menarik wisatawan

untuk berkunjung melalui sajian keindahan alam seperti panorama alam, air terjun, atraksi kehidupan berbagai burung di habitat aslinya, serta budaya tradisional masyarakat Togutil. Bagi para pecinta burung, kawasan ini merupakan surga burung dimana terdapat empat dari lima jenis burung endemik yang secara global hampir punah, serta tempat jenis burung bernilai ekonomi cukup tinggi, seperti bidadari halmahera (*Semioptera wallaci*) dan kakatua putih (*Cacatua alba*). Eksplorasi yang dilakukan di DAS Tayawi dan sekitarnya berhasil menjumpai sebanyak 55 jenis burung yang dapat dikelompokkan ke dalam 25 famili. Jenis burung yang paling banyak dijumpai adalah famili Columbidae atau jenis merpati sebanyak 12 jenis diantaranya delimukan zamrud (*Chalcophaps indica*), pergam boke (*Duculabasilica*), walik dada merah (*Ptilinopus bernsteinii*), walik topi biru (*Ptilinopus monacha*), walik kepala kelabu (*Ptilinopus hyogaster*).

Famili Psittacidae sebanyak 9 jenis diantaranya kasturi ternate (*Loriusgarrulus*), kakatua putih (*Cacatua alba*), dan serindit maluku (*Loriculus amabilis*). Kedua famili tersebut merupakan anggota jenis burung pemakan buah (*frugivorus*) seperti *Ficus* spp. dan kelompok Palmae. Jenis burung yang memiliki frekuensi perjumpaan cukup tinggi selama pengamatan diantaranya burung taun-taun (*Rhyticeros plicatus*), kakatua putih (*Cacatua alba*), kakatua jambul kuning (*Cacatua galerita*), nuri pipi-merah (*Geoffroyusgeoffroyi*), walet sapi

(*Collocalia esculenta*), layanglayang batu (*Hirundo tahitica*), uncal ambon (*Macropygia amboinensis*), dan srigunting jambulrambut (*Dicrurus hottentottus*). Jenis yang memiliki populasi cukup besar secara kualitatif diantaranya walet sapi (*Collocalia esculenta*), layang-layang batu (*Hirundo tahitica*), taun-taun (*Rhyticeros plicatus*), nuri pipi-merah (*Geoffroyus geoffroyi*) dan kakatua putih (*Cacatua alba*).

Diketahui sebanyak 17 jenis burung merupakan jenis endemik di Pulau Halmahera dan/atau Kepulauan Maluku. Jenis tersebut diantaranya berasal dari famili Columbidae yaitu jenis pergam dan walik yaitu pergam boke (*Ducula basilica*), walik dada-merah (*Ptilinopus bernsteinii*), walik topi-biru (*Ptilinopus monacha*), walik kepala-kelabu (*Ptilinopus hyogaster*), gagak halmahera (*Corvus validus*) berasal dari famili Corvidae, bidadari halmahera (*Semioptera wallacei*) merupakan anggota famili Paradisaeidae, paok halmahera (*Pitta maxima*) anggota famili Pittidae dan beberapa jenis berasal dari famili Psittacidae seperti kasturi ternate (*Lorius garrulus*) dan kakatua putih (*Cacatua alba*).

Burung paruh bengkok (famili *Psittacidae*) merupakan salah satu jenis burung yang banyak dijumpai di Kepulauan Maluku. Beberapa jenis yang dijumpai pada pengamatan yaitu nuri kalung-ungu (*Eos squamata*), nuri bayan (*Electus roratus*), nuri pipi-merah (*Geoffroyus geoffroyi*), nuri-raja ambon (*Alisterus amboinensis*), kasturi ternate (*Lorius garrulus*), perkici dagu-merah

(*Charmosynoplacentis*), serindit maluku (*Loriculus amabilis*), kakatua putih (*Cacatua alba*), kakatua koki (*Cacatuagalerita*). Jenis kakatua putih (*Cacatua alba*) merupakan salah satu jenis burung paruh bengkok banyak dikenal secara luas namun ironisnya populasinya di alam terus mengalami penurunan oleh CITES jenis ini digolongkan ke dalam Appendix II dan dalam IUCN Red List jenis ini dievaluasi dalam status rentan (*Vulnerable*). Jenis ini lebih mudah dijumpai di berbagai tempat seperti penangkaran, kebun binatang ataupun di rumah-rumah sebagai binatang peliharaan. Ciri khas dari jenis burung ini hampir semua tubuh memiliki bulu berwarna putih kecuali pada bagian tunggir berwarna putih agak kekuningan. Jenis paruh bengkok dikenal memiliki paruh yang sangat kuat. Burung jantan dan betina hampir serupa sehingga sukar untuk dibedakan. Burung ini dapat ditemukan di hutan-hutan primer di antara tajuk atas dari pepohonan. Perburuan dan hilangnya habitat yang terus berlanjut akan mengancam keberadaan jenis ini.

Soehartono dan Mardiastuti (2003) mencatat bahwa dalam perdagangan dunia internasional jenis kakatua putih merupakan jenis yang paling banyak diminati. Pada tahun 1983-1999 jumlah ekspor untuk jenis ini mencapai 4.533 ± 4.148 ekor per tahunnya. Amerika Serikat menempati persentase sebesar 75 % dari negara pembeli burung paruh bengkok jenis ini. Sedangkan burung-burung paruh bengkok lain yang ukurannya

lebih kecil seperti jenis nuri, kasturi dan perkici lebih banyak diminati oleh negara Eropa. Burung paruh bengkok telah menjadi burung yang banyak dicari sebagai burung peliharaan karena memiliki kecerdasan yang tinggi, jinak dan mudah dipelihara dan yang lebih uniknya lagi burung ini dapat meniru berbagai suara yang ternyata diperoleh selama dipelihara oleh manusia, di alam mereka hanya dapat memekik parau dan secara umum memiliki ekspresi vokal yang miskin.

Burung paruh bengkok ini dapat berumur panjang jika dipelihara dengan baik. Mereka dapat mencapai umur 30 hingga 50 tahun bahkan terdapat laporan yang mengatakan jenis burung ini dapat mencapai usia 80 tahun. Dan secara umum dapat dikatakan bahwa jenis berbadan kecil memiliki usia yang lebih pendek dan sebaliknya (Perrins dan Middleton, 1985). Jenis burung endemik lainnya yang dijumpai di lokasi pengamatan adalah bidadari halmahera (*Semioptera wallacei*) dari famili *Paradisaeidae* dan merupakan satu-satunya anggota genus *Semioptera*. Oleh masyarakat sekitar burung ini dikenal dengan nama weka-weka. Jenis ini merupakan kelompok cendrawasih sejati yang tersebar paling barat di antara jenis cendrawasih yang lainnya. Burung ini memiliki ukuran sedang yaitu sekitar 25-30 cm.

Burung jantan dan betina memiliki perbedaan warna yang sangat mudah dibedakan, burung jantan memiliki semacam mahkota berwarna ungu-pucat mengkilap

dengan warna pelindung pada dada berwarna hijau zamrud. Ciri lain yang paling khas dari burung ini adalah sepasang bulu putih panjang dan keluar menekuk dari sayapnya yang digunakan untuk menarik perhatian pasangannya pada saat musim kawin. Berbeda dengan jenis betina, memiliki warna dominan coklat dan berukuran lebih kecil dibandingkan burung jantan. Hasil evaluasi oleh IUCN Red List, jenis ini masuk ke dalam daftar jenis berisiko rendah dan oleh CITES didaftarkan dalam Appendix II.

Selain memiliki status endemik, beberapa jenis burung yang dijumpai merupakan jenis-jenis burung yang dilindungi oleh pemerintah yaitu berdasarkan Peraturan Pemerintah No. 7 Tahun 1999 tentang Pengawetan Jenis Tumbuhan dan Satwa. Suatu jenis tumbuhan dan satwa wajib ditetapkan dalam golongan dilindungi apabila memenuhi kriteria mempunyai populasi yang kecil, adanya penurunan yang tajam pada jumlah individu di alam dan memiliki daerah penyebaran yang terbatas. Penelitian berhasil mengumpulkan setidaknya 8 jenis yang merupakan jenis burung dilindungi yaitu *Haliasturindus* dan *Hieraaetus morphnoides* yang tergolong ke dalam famili *Accipitridae*, jenis taun-taun (julang) *Rhyticeros plicatus* termasuk ke dalam famili *Bucerotidae*, bidadari halmahera (*Semioptera wallacii*), gosong kelam (*Megapodius freycinet*), burung-burung

dari marga *Nectariniidae* dan Kakatujambul kuning (*Cacatua galerita*).



Gambar 2. Burung bidadari halmahera (*Semioptera wallacii*)
(Sumber : Taman Nasional Aketajawe Lolobata, 2007)

Keragaman jenis burung selama eksplorasi dikategorikan pada kondisi yang rendah, karenanya dapat menjumpai sebanyak 55 jenis. Rendahnya keragaman ini salah satunya disebabkan adanya perubahan penutupan lahan yang menjadi habitat bagi jenis burung yaitu perubahan hutan alam menjadi hutan bekas tebangan. Terbukanya lapisan tajuk (atas dan tengah) menyebabkan semakin berkurangnya keragaman jenis dan menurunnya jumlah populasi burung di kawasan ini. Kerusakan ini tentunya tidak hanya membuat keragaman rendah bagi jenis burung tetapi juga satwa liar lainnya seperti mamalia. Selain itu, burung-burung dan berbagai jenis mamalia ditengarai menjadi sasaran buru

yang dilakukan sebelum kawasan ditunjuk menjadi taman nasional.

12. Penggunaan Habitat Burung di Kawasan Taman Nasional Aketajawe-Lolobata

Penutupan vegetasi pada lokasi penelitian didominasi oleh hutan primer yang sebagian telah terfragmentasi menjadi mosaik-mosaik kecil. Fragmentasi habitat disebabkan oleh adanya pembukaan hutan menjadi jalan *logging* oleh perusahaan-perusahaan kayu yang dulunya beroperasi di sekitar kawasan Taman Nasional Aketajawe-Lolobata. Secara umum, tipe habitat di lokasi penelitian dapat dibagi ke dalam tiga kelompok yaitu habitat hutan primer, semak belukar, hutan sekunder serta pinggiran hutan. Hutan sekunder dan pinggiran hutan didefinisikan sebagai habitat yang sangat bervariasi, pada awalnya berupa lahan yang ditumbuhi semak sampai hutan-hutan berpohon tinggi, sering ditumbuhi banyak pohon tinggi yang diantaranya merupakan sisa hutan aslinya. Tipe hutan ini juga mencakup tumbuhan hasil regenerasi yang lebat di tepi hutan, seperti di sepanjang jalan, jalan setapak, jalur pembalakan, anak-anak sungai dan sungai-sungai cabang.

Hasil pengamatan menunjukkan bahwa sebagian besar burung dapat dijumpai pada bagian hutan sekunder dan pinggiran hutan dan hanya beberapa jenis saja yang dijumpai di habitat hutan primer diantaranya walik dada merah (*Ptilinopus*

bernsteinii), julang irian (*Rhyticeros plicatus*), kakatua putih (*Cacatua alba*) dan lainnya. Jenis-jenis burung paruh bengkok seperti nuri pipi merah (*Geoffroyus geoffroyi*), nuri bayan (*Eclectus roratus*) banyak menggunakan pohon-pohon tinggi terutama bagian tajuk paling atas untuk melakukan aktivitas hariannya.

Hutan Kobe kawasan TNAL juga menyimpan kekayaan satwa lain selain burung. Hasil perjumpaan menemukan sebanyak tiga jenis mamalia yang terdiri atas rusa sambar (*Cervus timorensis*), babi hutan (*Sus scrofa*) dan satu jenis kelelawar (*Fooradoxous* sp). Babi hutan (*Sus scrofa*) teramatiketika sedang mencari makan di sekitar bekas jalan sarad denganmengagali-gali tanah untuk mendapatkan larva ataupun umbi-umbian.Jumlah individu yang teramati sebanyak tiga ekor, dimana dua ekormerupakan anak dan seekor lainnya adalah induk babi. Keberadaan *Susscrofa* juga terlihat dari jejak-jejak kaki yang banyak ditemukan dalamkawasan taman nasional.

Pada pemukiman warga yang berada di sekitar Taman Nasional, beberapa masyarakat terlihat melakukan penangkapan dengan tujuan untuk memelihara satwa tersebut. Secara umum babi hutan maluku mempunyai ciri-ciri morfologi yang sama dengan *Sus celebensis* namun pada babi maluku terdapat janggut putih pada rahang. Satwa ini memiliki penciuman yang sangat tajam sehingga mampu mengidentifikasi kehadiran makhluk asing dengan cepat,

sehingga babi hutan senang hidup pada hutan-hutan primer. Mamalia ini sering kali ditangkap oleh masyarakat sekitar untuk dipelihara kemudian dikonsumsi oleh sebagian besar warga Desa Kobe yang beragama Kristen. Perburuan terhadap jenis ini akan meningkat ketika menjelang hari-hari besar keagamaan. Perburuan babi dan rusa semakin hari dirasakan semakin meningkat seiring dengan berkembangnya pasar lokal di lokasi-lokasi transmigrasi dan tempat pendulangan emas ilegal.

Mamalia lainnya yang ditemukan adalah rusa sambar (*Cervusti morensis*). Indikasi keberadaan mamalia bertanduk indah ini dilihat daribanyaknya jejak kaki yang ditemukan pada kawasan. Pengamatan dilakukan pada ketinggian tempat antara 150-380 mdpl. Rusa sambar (*Cervusti morensis*) yang merupakan jenis introduksi sama dengan babi hutan atau *Sus scrofa* (Poulsen *et al*, 1999).

Masyarakat yang tinggal di dalam dan sekitarkawasan Taman Nasional Aketajawe Lolobata, biasanya melakukan perburuan kedua jenis tersebut untuk dikonsumsi dagingnya ataupun untuk dijual. Daging rusa biasanya dijual dengan harga Rp. 15.000 per lembarnya (rata-rata 1-2 kg). Jika masih hidup harga jualnya bisa mencapai Rp. 300.000 - 600.000 per ekor. Metode perburuan terhadap jenis ini dilakukan dengan cara memasang perangkap dan kadang kala menggunakan jasa anjing sebagai pemburu. Kobe merupakan salah satu daerah di

Maluku Utara yang dikenal sebagaipemasok jenis Rusa sebagai satwa peliharaan maupun untuk kepentingansuplai daging rusa. Mamalia lainnya yang berada dalam kawasan Taman Nasional adalah kuskus beruang halmahera (*Ailurops ornatus*). Keberadaansatwa marsupialia ini diketahui berdasarkan informasi masyarakat sekitaryang sering kali menangkap satwa tersebut untuk dikonsumsi.

13. Keanekaragaman Jenis Tumbuhan di Taman Nasional Aketajawe-Lolobata

Di kawasan Tayawi, T.N. Aketajawe- Lolobata terdapat diantaranya jenis-jenis seperti kawahi/pisang hutan (*Musa lolodensis* Chessman), buro-buro (*Pandanus* sp.), goloba (*Alpinia nutans* (L.) Roscoe), dan uga-ugaka (*Costus speciosus* (J.Konig) Sm.). Masyarakat Tobelo Dalam ini juga mempunyai nama untuk mengelompokkan suatu bagian tumbuhan dalam mengenal suatu tumbuhan seperti pohon disebut dengan 'magahomu', juga rumput ('owaye'), kayu ('gota'), kulit kayu ('makai'), daun ('mahoka'), daun muda ('madubok'), akar ('mangutuku'), rimpang ('makeme'), buah ('mahohoko'), bunga ('mahore'), liana ('matahe'). Sedangkan untuk menyatakan sakit disebut dengan 'mahere' dan obat ('houru'). Dari hasil penelitian, tercatat tidak kurang dari 60 jenis dari 54 marga dan 35 suku/ famili tumbuhan yang dimanfaatkan sebagai bahan obat.

Tumbuhan yang dimanfaatkan cukup beragam dan yang banyak dimanfaatkan dari famili *Fabaceae*, *Verbenaceae* dan *Zingiberaceae* dan umumnya masih tumbuh liar. Perawakan jenis-jenis tumbuhan yang dimanfaatkan untuk bahan obat cukup beragam pula baik dari pohon, herba maupun rumput-rumputan diantaranya jenis dari anggrek (*Nervilia aragoana* Gaud.) dan begonia (*Begonia holosericea* Teijsm. & Binn.).

Cara pengolahan tumbuhan tersebut masih cukup sederhana, direbus, diremas, atau dibakar. Sedangkan cara pemanfaatan tumbuhan tersebut ada yang secara tunggal maupun ada yang diramu dari beberapa jenis tumbuhan lainnya. Masyarakat Tobelo Dalam memanfaatkan tumbuhan sebagai bahan obat ini kadang kala juga disimpan untuk sewaktu-waktu dibutuhkan, diantaranya adalah tali besi (*Agelaea trinervis* (Lanos) Merr.) yang disebut juga dengan tali Togutil karena sering dimanfaatkan. Tali besi ini kadang dicampur dengan kayu lawang. Dan mereka juga pernah mengalami adanya penyakit seperti cacar yang menyerang banyak orang yang disebut dengan 'sarampak' dan mereka memanfaatkan gorati (*Curcuma longa*). Jenis-jenis tumbuhan yang umum dimanfaatkan oleh masyarakat lainnya seperti sirih/bidoho (*Piper betle*) untuk sakit dalam, kunyit/gorati (*Curcuma longa*) untuk sakit kulit, jahe/gihoro (*Zingiber officinale*) untuk sakit kepala, badan terasa sakit, dan jambu biji /gowaya (*Psidium guajava*) untuk diare. Mereka juga

memanfaatkan bori (*Derris* sp.) dan pangaho (*Barringtonia confusa* L. & O.) untuk racun ikan. Selain itu masyarakat jugamemanfaatkan tumbuhan untuk magis.

Masyarakat dapat mengatasi beberapagejala penyakit tidak kurang dari 30 macam gejala penyakit, diantaranya luka, sakit perut, sakitkepala, sakit lutut, sesak napas, sakit kuning danpasca bersalin. Dalam kehidupan sehari-harinya, jenis-jenis tumbuhan yang dimanfaatkan sebagaibahan obat tradisional, penggunaannya secarasederhana yaitu dengan cara bagian tumbuhanyang dimanfaatkan cukup dengan cara direbus, diremas atau dibakar. Bagian tumbuhan yang dimanfaatkan yaitu daun, kulit kayu, batang, akardan buah.

Adapun cara menggunakan tumbuhan untuk bahan obat yang terdiri dari beberapatumbuhan adalah sebagai berikut, misal: jenis-jenis yang dimanfaatkan untuk 'aunu magaregarehe' yang disebut dengan sakit kuning sepertigurama, gofosa, au-au, ligua, naira, kahoka, ngodoro , masing-masing yang dimanfaatkan kulit kayunya lalu direbus setelah itu di minum. Untuk menambah nafsu makan mereka memanfaatkan behelo (*Cinnamomum macrophyllum* Miq.) dengan cara akar ataubatangnya direbus lalu diminum. Behelo ini diHalmahera juga dikenal dengan kulit lawang.



Gambar 3. Behelo (*Cinnamomum macrophyllum* Miq.), Tumbuhan yang Dimanfaatkan Sebagai Bahan Obat

Taman Nasional Aketajawe-Lolobata, blok kawasan Aketajawe, keanekaragaman hayatinya cukup tinggi, terdapat sebanyak 112 pohon yang termasuk dalam 84 marga dan 41 suku. 8 Kawasan T.N. ini terdapat jenis begonia (*Begonia holosericea*) yang merupakan salah satu tumbuhan endemik Maluku, sinonim dari *Diploclinium holosericeum* Teijsm. & Binn. *Begonia holosericea*, permukaan atas daunnya tidak berbulu, bakal buahnya berbulu merah, tebal dan tegak sedangkan tangkai perbungaannya berbulu. Hal ini berbeda dengan *Begonia sageaensis*, permukaan atas daunnya berbulu merah, bakal buahnya berbulu putih dan tangkai perbungaannya halus atau tidak berbulu.

Dari jenis-jenis yang dimanfaatkan sebagai bahan obat tersebut ada yang termasuk dalam daftar jenis tumbuhan langka

Indonesia, seperti *gogorati* (*Arcangelisia flava*) dan yangere (*Alstonia scholaris*), dan jenis *Arcangelisia flavatermasuk* rawan dan *Alstonia scholaris* termasuk jarang.¹² Dalam IUCN 2007, jenis *Alstoniascholaris* termasuk jarang. *Arcangelisia flava* penyebarannya di Hainan, Indochina, Thailand dan Malesia: Sumatera, Kalimantan, Jawa Tengah, Sulawesi Tengah dan Sulawesi Utara, Maluku Utara (Halmahera) dan Papua. Jenis ini dapat tumbuh sampai ketinggian 1000 m di atas permukaan laut. *Alstonia scholaris* penyebarannya di Pakistan, Nepal, Buthan, India, Sri Lanka, Bangladesh, China, Birma, Thailand, Cambodia, Laos, Vietnam, Australia, Kep. Solomon dan kawasan Malesia. Tumbuh di hutan primer dan sekunder dari 0 sampai 1.230 m di atas permukaan laut.

Masyarakat Makian Timur di Pulau Moti, Ternate, memanfaatkan 42 jenis tumbuhan sebagai bahan obat. Dari jenis-jenis tumbuhan tersebut, diantaranya 5 jenis tumbuhannya sama dengan yang dimanfaatkan oleh masyarakat Togutil yaitu *Costus speciosus*, *Ficus septica*, *Hibiscus tiliaceus*, *Lansium domesticum* dan *Canarium* sp. Selain jenis sama juga pemanfaatannya hampir sama.

Tumbuhan obat yang dimanfaatkan oleh masyarakat sekitar 10 jenis juga terdaftar dalam Koleksi Tanaman Obat Kebun Tanaman Obat Citeureup seperti yangere (*Alstonia scholaris* R.Br.), tatabako (*Blumea balsamifera* (L.) DC.), roringuana (*Justisia gendarussa* L.), dan digo (*Sida rhombifolia* L.). Kulit batang

yangere (*Alstonia scholaris*R.Br.), kalau di tempat lain dikenal dengan lame(Sunda), rita (Makasar), rite (Ambon), tewer(Banda) dan yang umum dengan nama pulemengandung saponin, flavonoida dan polifenol.Pohon baru (*Hibiscus tiliaceus* L.) yang dikenaljuga dengan waru, dan dimanfaatkan untuk pascabersalin dan luka ini juga di Papua New Guineadimanfaatkan untuk luka, TBC dan batuk.Tanaman ini di Seram dikenal dengan papatale,Ambon: halu, berkhasiat sebagai obat demam,obat bisul dan untuk amandel.

Daun dan akarmengandung saponin dan flavonoida, disampingitu daun juga mengandung polifenol dan akarmengandung tanin.Gurama (*Inocarpus fagiferus* (Park.)Fosb.), dengan sinonim *Inocarpus edulis* Forst.Kulit kayunya dimanfaatkan masyarakat TobeloDalam untuk sakit kuning. Di Kalimantan danJawa, kulit kayunya juga dimanfaatkan untukgangguan usus.¹⁹ Informasi lainnya, daunnyaberkhasiat sebagai obat mencret berdarah. Daun dan buah mengandung saponin, flavonoida dan tannin.

Salah satu jenis tumbuhan obat yangdimanfaatkan dari anggrek yaitu *Nerviliaaragoana* Gaud. Sinonim dari *Pogonia nervilia*Bl. Jenis ini tumbuh di India sampai China, juga Asia Tenggara sampai Australia dan beberapapulau di Kepulauan Pasifik dengan ketinggian 0-1200m. Jenis ini merupakan tanaman fitofarmakayang penting karena terdapat senyawaheterosiklik, diantaranya mempunyai aktifitassebagai

anti jamur, antibiotik dan anti inflamasi. Sedangkan kulit kayu mariolata (*Garcinia cylindrocarpa* Kost.) yang dimanfaatkan untuk luka berdarah. Kulit kayu dari jenis ini juga yang berasal dari Maluku Tenggara dapat dimanfaatkan sebagai anti malaria terhadap *Plasmodium falciparum*.

Kegiatan Belajar Mahasiswa 2.

Setiap pulau memiliki spesies endemik yang bervariasi baik berupa flora atau fauna. Agar mahasiswa lebih memahami konsep ini, perlu dilakukan inventarisasi spesies flora dan fauna di masing-masing daerah di Maluku Utara. Untuk mengetahui jumlah spesies endemik yang ada saat ini, mahasiswa akan dibagi menjadi beberapa kelompok sesuai daerah asal untuk melakukan inventarisasi. Sebelum melakukan inventarisasi, mahasiswa diharuskan membaca literatur tentang spesies endemik agar memudahkan mereka selama proses inventarisasi. Inventarisasi dapat dilakukan di Hutan, Sungai, Pesisir Pantai, Danau, Rawa dan Tempat-tempat lain yang dianggap habitat flora dan fauna endemik suatu pulau.

Data hasil inventarisasi dapat dituangkan pada tabel di bawah ini :

Tgl dan Waktu	Lokasi	Flora endemik yang ditemukan		Fauna endemik yang ditemukan	
		Nama flora	Jumlah	Nama fauna	Jumlah

14. Faktor-faktor yang mempengaruhi endemik spesies

Suatu lingkungan yang sehat memiliki nilai ekonomi keindahan dan etika yang sangat tinggi. Memelihara lingkungan yang sehat berarti menjaga semua komponennya dalam keadaan baik : ekosistem, komunitas, spesies, populasi dan variasi genetik. Untuk setiap komponen itu, ancaman awal pun dapat mengakibatkan kehilangan total. Komunitas biologi dapat terganggu, menyempit, dan berkurang nilainya bagi masyarakat. Namun, selama semua spesies aslinya tetap ada, maka komunitas tersebut mempunyai kemampuan untuk kembali seperti semula. Demikian pula halnya dengan variasi genetik. Variasi genetik pada suatu spesies dapat berkurang jika jumlah individu dalam populasinya berkurang, tetapi spesies

dapat mengembalikan variasi genetiknya melalui mutasi dan rekombinasi. Sayangnya, ketika suatu spesies punah, informasi genetik yang unik yang terdapat pada materi DNA-nya maupun kombinasi khusus sifat-sifat unik yang dimilikinya akan hilang selamanya. Ketika suatu spesies punah, populasinya tak akan dapat dipulihkan, komunitas tempat hidupnya akan kekurangan komponen dan nilai potensinya bagi manusia tidak akan pernah terwujud.

a. Tingkat kepunahan

Kata punah dapat mempunyai banyak arti, tergantung pada situasinya. Suatu spesies dikatakan punah ketika tidak ada satu pun individu dari spesies itu yang masih hidup di dunia burung prenjak “Bachman’s warbler” telah punah. Di pulau Jawa, burung Trulek Jawa (*Vanellus macropterus*) pun dipercaya telah punah. Harimau bali *Panthera tigris balica* terakhir diketahui keberadaannya sekitar tahun 1950-an, dan telah digolongkan punah. Harimau Jawa *Panthera tigris sondaicus* terakhir terlihat pada Tahun 1979.

Jika beberapa individu suatu spesies hanya dijumpai di dalam kurungan, atau pada situasi yang diatur oleh manusia, spesies tersebut dikatakan telah punah di alam. Pohon *Franklinia altamaha* telah punah di alam tetapi tumbuh baik di perkebunan. Dalam keadaan-keadaan tersebut, spesies-spesies di atas dianggap telah punah dalam skala global. Suatu spesies dianggap punah dalam skala lokal atau “*extirpated*” jika tidak

ditemukan di tempat mereka dulu berada, tetapi masih ditemukan di daerah lain di alam. Serigala “*Gray wolf*” *Canis lupus* pernah ditemukan di seluruh Amerika Utara, sekarang punah dalam skala lokal di Massachusetts. Menurut para ahli biologi konservasi, suatu spesies telah punah secara ekologi jika terdapat dalam jumlah yang sedemikian sedikit sehingga efeknya pada spesies lain di dalam komunitas dapat diabaikan harimau tergolong punah secara ekologi pada kebanyakan daerah distribusinya (India, Asia Tengah dan Tenggara, serta Sumatera) karena jumlahnya yang sangat sedikit sehingga efeknya pada populasi pemangsa tidak berarti lagi. Untuk dapat melindungi suatu spesies, ahli biologi konservasi harus dapat mengidentifikasi kegiatan manusia yang dapat mempengaruhi kestabilan populasi dan menyebabkan kepunahan spesies.

b. Kepunahan massal yang disebabkan oleh manusia saat ini

Pada periode geologi masa lalu terdapat lima episode besar kepunahan massal. Diikuti pemulihan ini berlangsung dalam skala jutaan tahun. Keanekaragaman spesies di dunia mengalami penurunan paling drastis selama 30.000 Tahun terakhir ketika spesies manusia menunjukkan dominasinya. Dalam rangka memenuhi kebutuhannya akan sumber daya alam manusia dengan cepat mengubah lingkungan darat dan perairan. Spesies lain pun menjadi korban.

Pada saat ini, sebanyak 40% dari total produktivitas primer (bahan yang dihasilkan tumbuhan) yang berasal dari lingkungan darat digunakan atau disia-siakan oleh manusia. Jumlah ini mewakili 25% dari produktivitas total bumi. Manusia juga memainkan peran yang makin dominan dalam komponen ekosistem lainnya, seperti siklus nitrogen dan kadar karbondioksida di atmosfer. Saat ini kita sedang berada di tengah-tengah kepunahan ke enam, yang disebabkan bukan oleh bencana alam, namun oleh kegiatan manusia. (Wilson 1989; Leakey dan Lewin 1996; Lovei 2001).

Dampak pertama yang langsung terlihat dari kegiatan manusia terhadap kecepatan kepunahan kini telah terlihat. Sejak manusia untuk pertama kalinya menguasai Australia, Amerika Utara dan Amerika Selatan, puluhan ribu tahun yang lalu mamalia besar telah punah dari benua-benua tersebut. Tidak lama setelah manusia datang ke wilayah-wilayah tersebut, sebanyak 74% - 86% megafauna-mamalia yang beratnya lebih dari 44 kg menjadi punah. Kepunahan ini mungkin disebabkan secara langsung oleh perburuan (Martin 2001 ; Flannery 2002) dan secara tidak langsung karena kegiatan membakar serta membuka hutan dan padang rumput. Bukti-bukti dan peninggalan-peninggalan manusia pra sejarah di berbagai benua telah diteliti para paleontologi dan arkaeologi. Disimpulkan bahwa perubahan dan kerusakan habitat di zaman

pra sejarah tersebut terjadi bersamaan dengan meningkatnya kepunahan spesies.

Burung dan mamalia merupakan satwa yang jelas terlihat berukuran besar dan sudah banyak dipelajari. Tingkat kepunahan burung dan mamalia telah banyak diketahui. Para ilmuwan mencatatnya ketika spesies-spesies itu tidak dapat ditemukan lagi di alam bebas. Tingkat kepunahan untuk 99,9% spesies lain yang ada di dunia hanya didasari oleh perkiraan pada saat ini. Namun tingkat kepunahan sifatnya tidak pasti, bahkan untuk burung dan mamalia karena beberapa spesies dianggap telah punah ternyata telah ditemukan kembali. Sebagai contoh, nuri malam Australia *Pezoporus occidentalis* terlihat terakhir kali pada Tahun 1912, dan diduga telah punah hingga ditemukan kembali pada Tahun 1979. Sikatan Sangihe *Eutrichomyias rowleyi* pada Tahun 1987 dianggap punah, namun delapan Tahun ditemukan kembali. Dapat juga terjadi bahwa spesies yang dianggap masih ada mungkin sebenarnya telah punah. Pada makhluk hidup yang berukuran kecil dan/atau terlihat jelas, seperti berbagai spesies amfibi misalnya, kepunahan cenderung luput dideteksi.

Tingkat kepunahan burung dan mamalia tampaknya berhasil dikendalikan dalam beberapa dekade belakangan ini. Hal itu terutama karena adanya upaya-upaya yang intensif untuk menyelamatkan spesies dari kepunahan. Namun, masih banyak spesies yang walaupun belum punah tapi terus

dibinasakan melalui kegiatan manusia. Individu-individu spesies tertentu bertahan hanya dalam jumlah sedikit. Nasib dari banyak spesies seperti itu dijelaskan dalam sebuah laporan khusus tentang kepunahan primata. Primata yang pertama kali punah dalam 100 Tahun terakhir adalah “Waldron’s Colobus monkey” *Procolobus badius waldroni* dari Ghana dan Pantai Gading (Oates dkk, 2000).

Memang benar bahwa untuk banyak spesies, beberapa individu dalam populasi kecil yang terpencar masih dapat hidup selama tahunan, dekade atau berabad-abad (pada tumbuhan berkayu pada khususnya, individu-individu yang terisolasi dapat bertahan hingga ratusan tahun). Namun pada akhirnya spesies ini akan menjadi semakin langka hingga akan punah juga. (Loehle dan Li 1996 ; Janzen 1986, 2001). Spesies yang menanti kepunahan itu disebut “mayat hidup” atau “siap punah”. Ada banyak spesies dalam kategori ini yang hidup dalam sisa-sisa hutan di daerah kaya spesies seperti Madagaskar dan Hutan Atlantik Brazil (Ferraz dkk. 2003).

c. Tingkat kepunahan di perairan dan daratan

Tidaklah mengherankan bahwa tingkat kepunahan tertinggi sepanjang sejarah terjadi di kepulauan. Spesies-spesies ini seringkali mempunyai daerah yang terbatas, ukuran populasi yang kecil, dan jumlah populasi yang sedikit. (Pimm dkk. 1995 ; Flannery 2002).

Spesies endemik adalah spesies yang ditemukan di satu tempat dan tidak ditemukan di tempat lain. Spesies endemik terutama yang berada di kepulauan, biasanya rentan terhadap kepunahan.

Dari semua spesies hewan dan tumbuhan yang diketahui telah punah sejak tahun 1600 hingga sekarang, hampir setengahnya adalah spesies yang hidup di pulau. Walaupun kepulauan hanya mewakili bagian kecil dari permukaan bumi, disitulah kepunahan sering terjadi. Spesies pulau biasanya berevolusi dan mengalami spesiasi dalam lingkungan tempat jenis-jenis pesaing, predator dan penyakit adalah tertentu dan terbatas. Ketika predator dan pemakan rumput dari daratan utama dimasukkan (diintroduksi) ke pulau, maka spesies endemik di pulau itu belum berevolusi untuk menghadapi mereka. Tingkat kepunahan spesies segera mencapai puncaknya ketika manusia menempati pulau tersebut. Spesies tumbuhan pulau juga terancam karena kerusakan habitat. Di Madagaskar, 68% dari 9.500 spesies tumbuhan adalah endemik, dan 255 spesies sudah terancam punah (WRI 2000). Kalau kepunahan telah banyak terjadi di kepulauan, maka di masa mendatang kepunahan pun akan terjadi di daerah benua yang hutan tropiknya ditebang habis untuk kegiatan manusia (Manne dkk 1999).

Informasi yang kita miliki mengenai kepunahan kebanyakan terfokus pada spesies darat (terresterial).

Sebaliknya, hampir tidak ada dokumentasi mengenai kasus spesies ikan laut atau karang yang punah dalam beberapa puluh tahun terakhir. Sepanjang sejarah hanya sekitar 12 spesies terdiri dari mamalia laut, lima burung laut dan empat molusca yang diketahui telah punah di samudera luas di seluruh dunia (Carlton *dkk*, 1999). Kehilangan ini sangat bermakna bila diperhatikan bahwa beberapa spesies tertentu memberikan jasa ekologi yang sangat penting. Banyak mamalia laut adalah predator puncak, dan kehilangan mereka dapat memberikan dampak besar bagi komunitas laut. Informasi mengenai spesies laut tidak sebaik spesies darat, sehingga laju kepunahan spesies lain yang terdokumentasi sejauh ini hampir pasti lebih rendah daripada yang sebenarnya. Bagaimanapun, mungkin juga spesies laut lebih mampu menghadapi gangguan. Dapat juga terjadi bahwa apa yang sekarang ini kita ketahui sebagai suatu spesies yang tersebar luas, ternyata terdiri atas sejumlah spesies berkerabat dekat (*sibling*) yang mungkin sangat mirip. Kelompok spesies ini sulit dibedakan secara kasat mata, sedangkan banyak diantaranya ternyata langka serta terancam punah. Di masa lalu, samudera dianggap sedemikian luas sehingga tampaknya spesies laut tidak mungkin mengalami kepunahan. Banyak orang yang masih berpandangan demikian. Namun, ketika perairan pantai menjadi lebih tercemar karena polusi dan spesies diburu lebih intensif samudera luas pun tidak akan dapat menyelamatkan spesies laut dari kepunahan.

Banyak ikan predator besar dan spesies paus telah menurun hingga 90% atau lebih karena perburuan dan kegiatan manusia lainnya (Woodard 2000).

Kegiatan Belajar Mahasiswa 3.

Salah satu faktor yang mempengaruhi endemik spesies adalah tingkat kepunahan. Masing-masing mahasiswa diminta membuat narasi singkat mengenai upaya yang dapat anda lakukan untuk menekan angka kepunahan spesies flora dan fauna endemik di daerah asal anda dan tuliskan pada kotak di bawah ini :

15.Keunikan budaya masyarakat pada tiap wilayah kepulauan di Maluku Utara

a. Keunikan budaya masyarakat Ternate

Pada zaman kuno sekitar abad 1 (1500 Masehi) sama seperti suku-suku bangsa lain di Nusantara, maka di Maluku sebelum masuknya pengaruh agama-agama Islam dan Kristen, manusia pribumi sejak dahulu berada dalam suasana pengaruh alam sekitar, yang turut membentuk cara berpikir dan

pandangan hidupnya selaku manusia alamiah, yang menguntungkan hidup dan nasibnya pada kekuatan-kekuatan alam ini.

Keadaan yang demikian dengan sendirinya mengakibatkan manusia itu tidak bebas dalam menghadapi segala tantangan alam. Timbul rasa segan dan takut serta heran terhadap segala tantangan alam membuat dia mencari jalan untuk menemui rahasia dari pada segala yang terjadi itu. Gejala inilah yang disebut “Agama atau Religi” yaitu dorongan keinginan manusia untuk mendapatkan hubungan dengan yang diluar dia.

Masyarakat Maluku sebelum masuknya agama Islam dan Kristen juga sudah mempunyai agama yang dapat disebut sebagai “Kepercayaan Setempat” atau kepercayaan asli. Adapun inti dari pada agama asli ini ialah kepercayaan terhadap animisme dan dinamisme. Masyarakat masih menganut kepercayaan animisme yaitu kepercayaan terhadap arwah orang-orang yang telah meninggal. Kepada magi-magi. Mereka menganggap bahwa seluruh alam ini mempunyai “jiwa dan roh”. Upacara-upacara adat yang masih ada dewasa ini jelas memperlihatkan hal itu. Selain animisme, mereka juga mengenal pula dinamisme, yaitu kepercayaan terhadap kekuatan-kekuatan tidak berwujud yang menguasai segala sesuatu dan selalu menakutkan kepercayaan dinamisme ialah kepercayaan terhadap batu-batu, pohon, atau benda lain

tertentu yang dianggap mempunyai kekuatan rahasia. Ada tempat-tempat yang dianggap suci, yang mengandung hal-hal yang tahbis, tapi adapula tempat-tempat yang menakutkan yang dari padanya diperoleh kekuatan ghaib.

Di Maluku Utara, kepercayaan kepada kekuatan-kekuatan animisme dan dinamisme yang sangat terkenal, penyembahan selalu dilakukan terhadap roh nenek moyang yang di Ternate disebut "Gomanga". Peraturan-peraturan yang berasal dari nenek moyang sampai sekarang dipegang teguh dan takut dilanggar karena dapat mendatangkan malapetaka. Berbagai bentuk roh jahat yang dikenal masyarakat antara lain Hatemadubo, Meki, Goda dan masing-masing mendiami pohon-pohon, gunung, gua. Berbagai benda yang didiami roh-roh tadi semuanya mempunyai kekuatan ghaib dan kekuatan ghaib itu dapat diturunkan kepada manusia.

Selain kepercayaan animisme dan dinamisme, masyarakat Ternate dahulu punya anggapan bahwa dunia ini dengan segala isinya diciptakan langsung oleh suatu roh tertinggi yang disebut "Gikirimoi". Gikiri artinya pribadi, dan Moi artinya satu. Jadi Gikirimoi artinya suatu pribadi tertinggi yang tidak kelihatan. Masyarakat berpendapat bahwa Gikirimoi setelah selesai bertugas menciptakan bumi dengan segala isinya, maka ia tidak berperan lagi, kekuasaannya lalu diserahkan kepada manusia pertama yang diciptakannya dan manusia inilah yang menjadi nenek moyang mereka yang selalu dipuji.

Dalam fase selanjutnya pada zaman baru sekitar abad 1500-1800 Masehi permulaan penyebaran islam harus menyesuaikan diri dengan beberapa aspek kehidupan kepercayaan lama itu, barulah dalam fase perkembangan selanjutnya agama Islam dan Kristen dihayati sepenuhnya oleh masyarakat.

Agama islam memasuki kepulauan Maluku jelas melalui perdagangan dan mubaliq-mubaliq Islam yang ikut bersama-sama mereka. Mengenai waktu yang tepat dan di daerah mana mula-mula agama Islam masuk dan berkembang belum dapat dipastikan. Namun yang jelas kira-kira pada pertengahan abad ke 15 agama islam sudah dianut dan bertumbuh pada kerajaan-kerajaan di Maluku Utara. Dari sumber-sumber sejarah kerajaan Ternate dan Bacan serta cerita-cerita tradisional rakyat sampai sekarang, menyatakan bahwa yang menurunkan raja-raja Maluku yang beragama Islam ialah Jakfar Sadek, seorang yang berasal dari arab.

Hikayat ini dapat dihubungkan dengan kegiatan perdagangan-perdagangan islam yang disertai mubaliq-mubaliqnya sekurang-kurangnya sudah langsung mendatangi daerah Maluku pada abad ke 14 Masehi dan 15 Masehi. Perdagangan-perdagangan Islam inilah datang baik dari Jawa maupun Sumatera Utara dan Malaka.

Di dalam kitab “sejarah Ternate” dan catatan-catatan sejarah dari kerajaan Tidore dikatakan, bahwa sultan Zaenal

Abidin dari Ternate adalah sultan yang mulai mengalami pertukaran agama kafir dengan agama Islam. Agama Islam ini mulai dianut oleh pejabat-pejabat di istana, mulai dari kolano sampai keluarga besar mereka, kemudian baru diikuti oleh masyarakat, para bangsawan dan keluarga mereka.

Pada Abad ke 19 M dengan masuknya Islam di Maluku, maka kepercayaan lama mengalami pengaruh, baik pemeluk agama islam maupun kristen masing-masing memandang kepercayaannya sebagai sesuatu yang sangat luhur. Dapat dikatakan bahwa bagi orang Maluku dalam hak keagamaan mereka amat tinggi dan tebal perasaan keimanannya kesalahpahaman keagamaan pada abad-abad sebelumnya walaupun ada didamaikan dalam hubungan-hubungan kemasyarakatan yang disebut "Pela". Dalam perkembangan abad ke 19 selalu diusahakan untuk menghindari pertentangan-pertentangan keagamaan demi terciptanya stabilitas pemerintahan, sehingga suasana kerukunan keagamaan benar-benar tercipta sampai sekarang. Perluasan agama Islam ke daerah-daerah yang belum dikenal dengan Islam dalam abad ini dapat dikatakan kurang aktif.

Pada zaman kependudukan Jepang (1942-1945) dalam segi beragama dan intelektual terdapat penekanan-penekanan dan perlawanan yang keras dari pihak Jepang. Perkumpulan-perkumpulan ibadah masih berjalan seperti biasa akan tetapi selalu diliputi suasana ketakutan dan ketidakbebasan. Dalam

keadaan-keadaan darurat tentara Jepang tidak segan-segan mempergunakan rumah-rumah ibadah seperti masjid, gereja sebagai gudang-gudang dan pusat penampungan beragama dapat dikatakan tidak berkembang, baik agama Islam maupun Kristen.

Pada zaman penduduk Jepang, pendakwah Islam di masjid-masjid dan langgar-langgar mendapatkan pengawasan keras dari Jepang. Perkumpulan-perkumpulan agama dianggap berbahaya bagi stabilitas pemerintah Jepang. Ibadah Islam tidak dapat dijalankan secara baik dan sempurna. Rukun Islam yang kelima yaitu ibadah haji tidak diberi kesempatan oleh Jepang karena hubungan dengan dunia luar ditutup sama sekali.

Pada zaman kemerdekaan 1945 hingga sekarang, penduduk Maluku sangat religius, Islam dan Kristen dewasa ini melakukan ibadah menurut keyakinan masing-masing secara damai, tentram dan toleran. Kehidupan beragama yang rukun sekarang ini kemungkinan sudah terbina sejak dihidupkannya tradisi persaudaraan secara adat pada masa lampau yaitu yang dikenal sebagai ikatan "Pela". Selain itu masyarakat dewasa ini telah lebih insaf dan sadar akan arti keyakinan agama masing-masing sesuai apa yang dikehendaki oleh falsafah Negara Pancasila. Golongan agama yang besar ialah Islam dan Kristen. Penganut animisme masih dijumpai pada beberapa suku terasing di pedalaman pulau Seram, Buru, Halmahera dan beberapa pulau di Maluku Tenggara.

b. Keunikan budaya masyarakat Tidore Kepulauan

Kehidupan sosial budaya masyarakat Tidore, tidak terlepas dari sejarah masuknya Islam di Maluku Utara termasuk di Kepulauan ini. Sehingga budaya disana sangat kental dengan pengaruh agama Islam. Islam mulai merambah di Tidore dan Ternate yang relatif tidak tersentuh Hinduisme berdasarkan berbagai sumber tradisi, di duga kuat berasal dari Malaka dan Kalimantan maupun Jawa, Banjar dan Gresik/Giri cukup besar pengaruhnya dalam sosialisasi Islam di Ternate dan Tidore, sebelum terjadi arus balik yakni persebaran Islam dari Ternate ke arah barat ke Buton dan ke daerah Sulawesi Selatan. Pola sosialisasi Islam di Ternate, Tidore dan Jailolo hampir sama dengan Mataram. Dimulai dari elite kerajaan, dimana para elit keraton dididik/belajar dipusat-pusat pengajaran Islam di nusantara. Setelah selesai belajar mereka kembali ke daerahnya untuk mengajarkan ilmu yang diperolehnya dan mengislamkan keluarganya.

Versi lain menyebutkan Islam masuk di Maluku sekitar abad XIV Masehi seperti yang terkandung dalam tradisi lisan yang menyebut bahwa Raja Ternate pada abad XII sudah akrab dengan pedagang Arab. Dengan demikian islam memungkinkan datang ke Ternate melalui Cina Selatan maupun Selat Malaka.

Keadaan struktur masyarakat Maluku Utara pada masa peralihan dari pra Islam ke Islam dimulai dengan kedatangan

orang-orang dari luar seperti Jawa, Melayu Cina, Arab bahkan orang-orang portugis pada Tahun 1511. Kepercayaan atau keagamaan penduduk di daerah Maluku Utara yang sebagian besar masih animisme dan dinamisme, sedangkan raja dan birokratnya juga para bangsawan telah masuk islam. Hubungan yang erat dengan Jawa mengakibatkan persentuhan kebudayaan dengan Jawa sehingga banyak mempengaruhi budaya asli, seiring dengan pertumbuhan jalur pelayaran dan perdagangan, mulai dari sistem pemerintahan sampai pemberian gelar pemerintahan.

Masuknya agama Islam dan agama Kristen maka terjadilah akulturasi kebudayaan. Sekitar abad ke 14 sampai abad 17 terjadi pola pembauran dengan budaya orang-orang Spanyol, Portugis dan Belanda, tetapi dampak pembaurannya tidak sekuat pengaruh agama Islam. Hal ini nampak dalam salah satu budaya masyarakat yaitu tradisi lisan yang telah banyak dipengaruhi oleh tradisi Islam, namun adat kebiasaan leluhur masih tetap terpelihara dan hidup berdampingan secara terpadu selama keduanya saling membutuhkan dan tidak terjadi benturan. Dalam pelaksanaan upacara-upacara adat tertentu di kawasan Kesultanan Tidore terdapat perpaduan tradisi lisan warisan leluhur dengan tata cara Islam (Syariat Islam). Sebagai contoh yang masih hidup dan dipertahankan sampai sekarang adalah upacara pernikahan, di dalamnya terdapat beberapa aspek adat/tradisi lokal dan aspek syariat

islam. Mulai dari salam pelamaran, malam hari pelamaran, hari antar belanja, malam rorio, acara puncak, makan adat, dan malam resepsi seluruh kegiatan dilalui secara silih berganti antara tradisi dan syariat agama Islam.

Dalam sistem pemerintahan, dengan pola pemerintahan kesultanan, telah membentuk kepribadian dan ciri khas masyarakat. Meskipun ada pengaruh dari berbagai pihak luar seperti dari Eropa, pedagang-pedagang nusantara, cina dan lain sebagainya, yang membawa pengaruh budaya baru, namun tidak terlalu membawa perubahan yang berarti dalam kehidupan masyarakat adat.

Sebelum agama Islam berkembang dan melembaga di Tidore, masyarakat sudah hidup berkelompok dalam persekutuan yang disebut soa yang mendiami suatu wilayah yang disebut "Gam" dan dikepalai oleh Fomangira yang artinya "Orang Tua". Dalam perkembangan selanjutnya Gam berkembang menjadi satu kesatuan yang lebih besar "Boldan" dan dikepalai oleh "Kolano". Perubahan besar terjadi pada abad ke 14 dengan adanya kepala pemerintahan yang disebut Sultan dengan wilayah kesultanan. Di Maluku Utara terdapat 4 kesultanan besar yaitu Kesultanan Ternate, Kesultanan Tidore, Kesultanan Jailolo dan Kesultanan Bacan, dan dalam perkembangannya Kesultanan Tidore dan Ternate merupakan dua kesultanan cukup maju dan berkembang.

Dalam perkembangan selanjutnya sistem pemerintahan adat lokal Kesultanan Tidore masih terus hidup dan berkembang, namun tidak lagi menonjol, akibat pengaruh arus globalisasi dan modernisasi dan adanya pemerintahan moderen yang berlaku secara universal di Indonesia. Sejalan dengan itu eksistensi peranan Sultan dengan perangkatnya mulai berkurang. Padahal sejarah dan adat masyarakat Tidore dengan sistem pemerintahan adat sangatlah menarik. Sejarah mencatat ada peristiwa-peristiwa penting yang dilakukan oleh Sultan dan masyarakatnya dalam mempertahankan eksistensi kedaulatan kerajaannya. Sejarah mencatat bagaimana peran para Sultan di Tidore dalam rangka memperkuat persatuan dan kesatuan masyarakat disana. Keberadaan Sultan dan pengaruhnya hanya masih dapat dilihat pada saat upacara-upacara adat dan upacara-upacara besar keagamaan.

c. Keunikan budaya masyarakat Halmahera Barat

Suku sahu merupakan salah satu suku yang mendiami dua wilayah yaitu Kecamatan suku Sahu Barat dan Sahu Timur, namun adat istiadat tetap terjaga dan menjadi satu kesatuan hal ini dapat dilihat dari adanya sasadu yaitu rumah adat suku sahu di setiap desa-desa ini menandakan bahwa desa tersebut didiami oleh masyarakat yang berasal dari suku sahu, dan masyarakat suku sahu masih sangat aktif dalam melakukan ritual adatnya. Nama Sahu diberikan oleh Sultan Ternate, dimana pergantian nama ini bermula ketika Sangaji (utusan

suku sahu) dipanggil menghadap Sultan Ternate. Pada waktu sangaji bertemu dengan sultan, saat sedang makan sahur, beliau pun berkata dalam bahasa Ternate “Hara kane si jou sahur, jadi kane suku ngana si golo ngana jiko sahu” yang artinya “karena kau sangaji datang pada waktu sultan sedang makan sahur, maka kemudian hari ini akan mendirikan daerahmu dan namailah Sahu. Pada mulanya suku Sahu bernama Jio Jepung Malamo.

Pada zaman kesultanan Ternate, sesudah Baab Mansyur Malamo, suku Sahu dipimpin oleh seorang yaitu Walasea, Dibawah pimpinan Walasea terdapat panglima yang disebut Kapita/Momole, dan disusul oleh Walangotom (prajurit). Setelah itu ada Jou Ma Bela yaitu kaum masyarakat yang bertugas untuk membawa upeti kepada sultan Ternate, setelah Jou Ma Bela ada Guru yang ditugaskan dalam hal keagamaan dan didampingi oleh khalifa dan yang terakhir adalah Ngofa Repe sebutan untuk masyarakat kampung. Seiring perkembangan zaman sekarang desa fomanyira (pimpinan desa) yang memiliki kedudukan tertinggi yang bertugas mengatur kehidupan dan kesejahteraan masyarakat.

Dalam kehidupan, suku sahu memahami bahwa manusia saling membutuhkan satu sama lain. Hal inilah yang membentuk masyarakat untuk menciptakan kegiatan gotong royong terwarisi oleh nenek moyang hingga sekarang.

Kehidupan sosial suku Sahu sejak dahulu kala sudah memahami bahwa manusia tidak dapat hidup tanpa manusia lain, masyarakat suku Sahu membentuk kelompok kerja baik untuk keperluan kerajaan Ternate maupun kegiatan kemasyarakatan untuk mencapai tujuan tertentu, seperti halnya gotong royong biasanya ada hubungan kerja sama sebagai tanggung jawab. Misalnya kerjasama dalam mempersiapkan upacara perkawinan anggota keluarga lainnya. Ada pula dalam lingkungan masyarakat dibentuk kelompok kerja yang disebut rion-rion kelompok ini biasanya memiliki tujuan yang sama misalnya berkebun, hasil pertanian, dan membangun rumah para anggota kelompok tersebut. Masyarakat suku Sahu memiliki berbagai macam budaya suku, seperti adat istiadat dalam melaksanakan upacara pemakaman, serta budaya sasadu yaitu upacara pada rumah adat. Seni dan budaya adat istiadat suku yang tumbuh sangat terpelihara oleh masing-masing suku di Kabupaten Halmahera Barat.

Desa Gamtala dihuni oleh masyarakat suku Sahu, suku yang memiliki keahlian berladang dan bertani. Desa Gamtala dihuni oleh masyarakat adat suku Sahu, setiap dua kali dalam setahun suku Sahu mengadakan ritual syukuran atas panen padi. Pesta panen ini dikenal dengan Horom Toma Sasadu. Horom Toma Sasadu memiliki makna. Arti horom ialah makan, toma artinya di, dan sasadu memiliki arti rumah adat. Sasadu merupakan rumah adat suku Sahu. Pada saat Horom Toma

Sasadu, masyarakat Sahu akan makan, minum dan menari sebagai perwujudan syukur panen padi, dahulu Horom Toma Sasadu berlangsung selama sembilan hari sembilan malam tanpa berhenti. Tetapi pada saat ini berlangsung selama sehari semalam. Pengurangan pesta padi ini karena sebagian masyarakat suku Sahu mempunyai pekerjaan lain yaitu berladang.

Mata pencaharian suku Sahu pada umumnya bertani. Hasil dari bertani untuk memenuhi kebutuhan sendiri apabila terdapat kelebihan hasil bertani dijual untuk mendapatkan uang. Dalam bertani dibutuhkan tenaga, oleh karena itu, dilakukan dengan menjalankan gotong royong sesuai dengan adat suku Sahu yang satu sama lainnya saling membantu. Masyarakat Sahu juga melakukan pekerjaan berkebun dengan menanam pohon, buah-buahan, sayuran dan tanaman sejenis bumbu rempah. Hasil tersebut mendatangkan penghasilan bagi penduduk dan bahkan bisa membiayai anak-anak mereka yang bersekolah. Dari hasil pertanian tersebut dijual ke daerah-daerah perkotaan. Selain itu, suku Sahu memiliki hasil hutan yang bisa memberikan mata pencaharian dengan adanya pohon sagu untuk dibuat menjadi tepung sagu. Sagu juga merupakan makanan ciri khas masyarakat suku Sahu.

Pada setiap suku pasti memiliki unsur nilai-nilai yang terkandung dalam tradisi atau kebiasaan yang dilakukan suku tersebut. contohnya suku Sahu, memiliki beragam tradisi yang

lahir sejak dahulu yang kini masih dilestarikan. Tarian Legu Salai, tarian ini merupakan salah satu tarian tradisi suku Sahu yang ditarikan pada saat pesta syukuran panen. Pada tarian ini terkandung nilai yang berhubungan dengan menyatukan kekompakan pada setiap penarinya, biasanya tarian ini dilakukan dengan jumlah penari kelompok yang melambangkan jumlah dari kelompok kerja. Tarian lagu salai berhubungan juga dengan kegembiraan, dan semangat etos kerja yang tinggi terhadap kaum perempuan.

d. Keunikan budaya masyarakat Halmahera Selatan

Dari sisi kebudayaan Halmahera Selatan memiliki akar sejarah yang patut untuk diperhatikan. Selain karena di Kabupaten baru ini berkedudukan satu dari empat kesultanan yang membentuk sebuah kebudayaan yang dikenal dengan nama “Moloku Kie Raha”, juga karena daerah ini menyimpan berbagai kekayaan sumberdaya alam. Keempat kesultanan dimaksud adalah kesultanan Ternate, Tidore, Jailolo, dan Bacan. Keempat kesultanan atau kerajaan tersebut menurut hikayat bersaudara kandung. Secara keseluruhan dapat dibedakan dalam 3 wilayah kultural yaitu :

- 1) Wilayah kultur Ternate yang meliputi kepulauan Ternate, Halmahera Utara dan Kepulauan Sula
- 2) Wilayah kultur Tidore yang mencakupi kepulauan Tidore dan Halmahera Tengah/Timur

3) Wilayah kultur Bacan yang meliputi kepulauan Bacan dan Obi

Pembagian wilayah budaya ini tidak menunjukkan suatu perbedaan prinsipal tetapi bersifat gradual, dilihat dari ciri adat istiadatnya. Sedangkan untuk suku-suku yang ada di Halmahera Selatan ada beberapa suku yang terdiri dari : Suku Tobelo Galela, Makian Kayoa, Suku Boton, Suku Bajo, Suku Bacan, dan pendatang dari Gorontalo dan Jawa. Pengembangan dari masyarakat adat juga menjadi perhatian untuk dapat teridentifikasinya kelembangaan adat sebagai penopang pembangunan daerah dari sektor kebudayaan di Halmahera Selatan.

Berdasarkan lingkungan ekosistem kebudayaan, penduduk Halmahera Selatan mendiami beberapa pusat lingkungan kebudayaan seperti kebudayaan masyarakat peladang serta pemburu yang masih sering berpindah tempat dan kebudayaan pantai yang banyak dipengaruhi kebudayaan Islam yang kuat serta kegiatan perdagangan yang menonjol. Penganut kebudayaan pantai ini selain dipengaruhi kebudayaan islam juga karena kegiatan perdagangan. Mereka mengembangkan kebudayaan yang berorientasi pada perdagangan dan semangat mengutamakan pendidikan agama dan hukum Islam serta mengembangkan bentuk tari, musik dan kesusastraan sebagai unsur pemersatu.

Pengembangan masyarakat pesisir sebagai pusat-pusat perdagangan juga menjadi pemicu pembangunan maka hal ini dapat diperhatikan dan dikembangkan untuk pembangunan masyarakat pesisir.

e. Keunikan budaya masyarakat Halmahera Timur

Di belantara hutan Halmahera hingga saat ini masih didiami suku terbelakang. Komunitas kecil ini dikenal dengan nama “Suku Togutil”, namun mereka menamakan diri mereka sebagai “Suku Tobelo”. Mereka hidup secara nomaden di rimba belantara kawasan hutan sekitar Desa Totodoku, Desa Akelamo, Desa Jara-Jara, Desa Waijoi, Desa Tukur-Tukur, Buli dan kawasan Taman Nasional Aketajawe-Lolobata, Kabupaten Halmahera Timur.

Suku Totugil hidup daerah aliran sungai di pedalaman hutan, jauh dari pemukiman penduduk. Namun hingga kini, ada beberapa suku ini yang sudah mengenal sedikit peradaban moderen dan hidup di kawasan pesisir pantai. Asal muasal suku togutil hingga saat ini tidak diketahui secara pasti. Konon kabarnya suku togutil memiliki campuran darah antara bangsa portugis dan penduduk asli halmahera.

Suku togutil sebagian berperawakan tinggi dan besar dengan warna kulit putih dan menggunakan bahasa Tobelo sebagai komunikasi mereka sehari-hari. Mirip dengan suku togutil, di pedalaman Halmahera Timur terdapat suku Lingon yang lebih mirip orang Eropa, tinggi besar, rambut blonde, mata

berwarna biru dan kulit putih. Namun kehidupan suku lingon jauh lebih liar dan hidup lebih jauh di pedalaman hutan. Keberadaan suku ini masih sangat misterius.

Suku togutil tidak mengenal peradaban moderen. Penutup tubuh mereka masih menggunakan baju kulit kayu dari pohon melinjo dan bertelanjang dada. Ciri khas suku togutil adalah para pria mengikat rambut mereka bagian depan dengan percah kain berwarna merah. Dalam keseharian, mereka biasanya membawa parang, tombak dan panah untuk berburu babi, rusa, dan mencari ikan di sungai. Makanan pokok mereka adalah sagu dan singkong hutan. Bagi suku togutil hutan adalah rumah mereka.

f. Keunikan budaya masyarakat Halmahera Tengah

Tolong menolong adalah kegiatan bersama untuk menyelesaikan suatu pekerjaan tertentu yang dianggap berguna bukan bagi kepentingan umum tetapi untuk kepentingan individu tertentu. Tolong menolong digerakkan oleh asas timbal balik, artinya siapa yang pernah menolong tentu akan menerima pertolongan dari pihak yang ditolongnya. Dengan asas seperti ini maka tolong menolong dapat dikategorikan sebagai sejenis pertukaran/exchange (Marzali, 2005). Selanjutnya dijelaskan pula bahwa pertukaran semacam ini tidak hanya mempunyai fungsi ekonomi, dalam arti memenuhi kebutuhan hidup, tetapi juga mempunyai fungsi hukum, moral, keindahan, keagamaan dan sebagainya. Kegiatan pertukaran

seperti inilah yang menggerakkan seluruh sistem sosial suatu masyarakat. Fungsi dan makna dari pertukaran dalam suatu masyarakat hanya dapat dipahami, jika masyarakat tersebut dipandang sebagai suatu keseluruhan, maka setiap unsur di dalam keseluruhan tersebut berkaitan satu sama lain secara fungsional.

Pemberian sumbangan sesama warga desa, pemberian bantuan untuk memperbaiki rumah, atau pemberian bantuan untuk menyelesaikan pekerjaan dalam membangun rumah, misalnya tidak selalu diberikan dengan rela dan spontan. Mereka menyumbang dan membantu sesama warga desa karena di masa lalu mereka pernah menerima jasa pertolongan yang sama dari orang yang mereka bantu. Dalam berbagai hal orang desa seringkali menghitung dengan cermat setiap jasa yang pernah disumbang oleh masyarakat, sehingga ia dapat mengetahui dari siapa ia dapat mengharapkan bantuan. Tanpa bantuan sesama warga desa, berbagai macam kebutuhan dalam komunitas kecil tak mungkin dipenuhinya sendiri. (Koentjaraningrat, 2002). Selanjutnya dijelaskan bahwa, selain kebiasaan saling menolong suatu kelompok kecil dalam berbagai bidang kehidupan sosial ada kegiatan-kegiatan yang dikerjakan bersama, yang juga disebut gotong-royong. Kegiatan seperti itu dilakukan oleh sebagian besar warga komunitas yang bekerjasama membangun suatu proyek yang dianggap bermanfaat bagi kepentingan umum. Tolong menolong seperti

inilah yang menggerakkan seluruh sistem sosial masyarakat Desa Bobane Indah.

Tolong menolong di Desa Bobane Indah terdiri dari, tolong menolong dalam membangun rumah, tolong menolong dalam perkawinan dan tolong menolong dalam acara duka dan lain-lain yang berhubungan dengan kepentingan bersama. Tolong menolong ini dalam kehidupan masyarakat Bobane Indah dikenal dengan istilah *falgali*. *Falgali* ini sifatnya reciprocitas (timbang balik).

Falgali merupakan suatu bentuk tolong menolong. *Falgali* merupakan modal dasar masyarakat Desa Bobane Indah dalam melakukan setiap aktivitas hidup. *Falgali* digunakan pada saat masyarakat merayakan pesta perkawinan, orang meninggal, membangun rumah dan aktivitas lain yang berhubungan dengan kepentingan bersama. *Falgali* membangun rumah dalam masyarakat Desa Bobane Indah hanya dilakukan dengan menyumbangkan tenaga, fasilitas rumah seperti, pasir, batu, kerikil, semen dan bahan lain, yang menjadi kebutuhan rumah disediakan oleh pemiliknya. Setelah material dipersiapkan secara keseluruhan maka proses *falgali* dimulai.

Falgali didasari oleh semboyan Kabupaten Halmahera Tengah yakni *fagogoru* atau yang dikenal dengan *Ngaku Rasai* (persaudaraan), *Sopan re Santun* (sopan dan santun), *Budi re Bahasa* (budi dan bahasa), *Memoi re Mafaat* (malu dan takut).

Pengetahuan ini yang menjadi dasar dalam aktivitas masyarakat di Desa Bobane Indah. Fagogoru merupakan suatu konsep, gagasan yang menjadi simbol Kabupaten Halmahera Tengah. Dalam kehidupan masyarakat fagogoru sudah menjadi kepribadian umum dan menjadi pandangan hidup. Hal ini yang melatarbelakangi masyarakat Desa Bobane Indah sehingga falgali tetap dijalankan.

Walaupun falgali telah menjadi identitas untuk menyatukan individu dengan individu, masyarakat yang satu dengan masyarakat yang lainnya. Namun tidak semua masyarakat mengaktualisasikan dalam kehidupan bermasyarakat, karena di kecamatan lain di Kabupaten Halmahera Tengah falgali sudah mulai berkurang begitu juga di beberapa desa di kecamatan Patani Barat. Akan tetapi di Desa Bobane Indah falgali masih dijalankan secara penuh dalam aktivitas kehidupan mereka, sehingga aktivitas falgali sudah membudaya dalam kehidupan masyarakat. Aktivitas budaya oleh koentjaraningrat (2002) dapat mempengaruhi pikiran warga masyarakat dimana kebudayaan bersangkutan itu hidup. Sistem budaya yang hidup bersama dalam suatu masyarakat, memberi jiwa kepada masyarakat itu. Sistem budaya itu tidak terlepas antara satu dengan lain, melainkan selalu berkaitan menjadi suatu sistem.

g. Keunikan budaya masyarakat Halmahera Utara

Dalam sejarah perjuangan bangsa para perintis telah susah payah membangun dan mempertahankan bangsa ini. Membangun tentu membutuhkan proses yang panjang. Begitu juga di negeri Hibualamo. Pembangunan membutuhkan perjuangan dan pengorbanan yang mengedepankan kepentingan umum dari pada kepentingan pribadi dan golongan. Berbicara tentang kebudayaan berarti tidak terlepas dari tuntutan harga diri atau jati diri anak bangsa terutama kita sebagai masyarakat Halmahera Utara. Kita sepakat bahwa jatuh bangunnya sebuah daerah terletak dari keutuhan sebuah budaya yang sarat dengan nilai-nilai kemanusiaan. Secara nasional kebudayaan adalah pencerminan sebuah bangsa yang memberikan dampak positif dalam membangun bangsa yang demokratis dengan mengedepankan nilai-nilai kemanusiaan. Kebudayaan daerah merupakan bagian dari budaya bangsa yang perlu dipertahankan nilai-nilai kemanusiaannya. Seorang tokoh atau pemimpin perlu memahami tentang tata krama atau tatanan dalam memberikan arah dan kebijakan untuk memajukan pemerintah, pembangunan dan kemasyarakatan dimana dia berada.

Halmahera Utara memiliki potensi budaya dari berbagai suku dan agama. Karena penduduk di daerah ini sudah berasimilasi dengansuku-suku yang ada di Indonesia. sehingga daerah ini disebut dengan daerah yang memiliki budaya supra

etnis. Hal ini dapat dibuktikan diberbagai sektor, baik sebagai tenaga organik pada kantor pemerintahan atau sebagai pimpinan di instansi pemerintah, politisi, juga sebagai pemimpin organisasi dan juga sebagai tenaga pendidik ataupun tokoh agama. Saya yakin bahwa keragaman etnis, suku dan agama ini dapat menjadi satu kesatuan yang utuh dalam bingkai NKRI.

Masyarakat Halmahera Utara memiliki budaya yang sudah ada ratusan tahun dan sampai saat ini masih terjaga kelestariannya sebagai nilai-nilai budaya yang filosofis. Nilai-nilai budaya ini menjadi sebuah tatanan atau tradisi yang tetap dipertahankan. Baik secara seremonial ataupun secara resmi. Hibualamo sebagai rumah adat atau wadah yang diabadikan oleh masyarakat Halmahera Utara. Hibualamo menurut legenda merupakan sebuah rumah besar yang dihuni oleh keluarga besar penghuni negeri dan tersebar di seluruh daratan Halmahera, Pulau Morotai dan Loloda.

Kebudayaan dapat dijadikan modal dasar dalam gerak dan langkah sesuai bidang tugas dan fungsi kita masing-masing sebab kebudayaan yang ditinggalkan oleh nenek moyang kita sangat banyak memberikan sebuah kebenaran yang berdasar pada etika dan moral. Memang kita tahu bahwa untuk merubah perilaku manusia membutuhkan suatu proses. Hal ini bukanlah sekedar isapan jempol belaka tetapi benar-benar membangun

sebuah budaya yang bisa diteladani oleh orang-orang di luar kita.

Kita tahu bersama bahwa akhir-akhir ini secara nasional sepetinya telah terjadi kulturasi budaya. Satu hal yang perlu dikoreksi adalah kurang peduli dan konsistennya masyarakat terhadap nilai-nilai kebudayaan sehingga bisa memunculkan berbagai dikonomi persepsi. Apakah dari kalangan masyarakat, mahasiswa, para politisi dan juga pemerintah padahal kebudayaan adalah sebuah pencerminan dari sebuah bangsa terletak pada budaya.

Orang bisa melakukan kesalahan besar atau kecil itu karena tidak memahami nilai-nilai budayanya. Kenapa muncul korupsi, kolusi dan nepotisme? Ini sebagai akibat dari ketidaktahuan budaya nenek moyang kita karena nenek moyang yang merupakan perintis kebudayaan yang mewariskan kepada kita bukan budaya orang pencuri atau korupsi tetapi orang yang berbudaya adalah orang yang tahu tentang harga diri manusia dan lingkungannya. Apalagi kepada Tuhannya itu juga ada isyarat yang ditinggalkan oleh nenek moyang kita yang biasanya disebut Jou Giki Moi. Ini sebuah pemahaman dalam leluhur yang sangat sakral dalam dinamika kehidupan saat itu.

Untuk itu budaya yang kuat apabila pemerintah dan seluruh stakeholder merasa memiliki daerah ini tanpa ada indikasi sebuah perbedaan baik suku, agama dan darimana dia

berasal, hal ini bila diwujudkan maka kita akan terkenal karena budayanya dan kita akan maju sebagaimana Bali maju karena budayanya. Hal ini menjadi sebuah pertanyaan bagi kita apakah kita mau merubah sebuah kondisi yang lugu ke kondisi supra fit serta menjadi tujuan wisata? Ini terpulang kepada pemerintah dan masyarakat Halmahera Utara dan tidak hanya dinas yang terkait yang bertanggung jawab tetapi seluruh stakeholder yang ada di Kabupaten ini.

Masyarakat bumi Hibualamo dengan keberagaman suku yang ada tentu memiliki budaya yang berbeda tetapi ini menjadi aset besar dalam menunjang program pemerintah khususnya pariwisata. Sebagai anak negeri perlu melestarikan dan mengembangkan budaya sebagai pedoman dalam melakukan pembaharuan pembangunan dan kemasyarakatan. Menularkan budaya Hibualamo kepada anak cucu kita sehingga mereka tidak melupakan tatanan atau tradisi kita sebagai anak negeri Hibualamo. Membudayakan Halmahera Utara dapat dijadikan sebagai alat perekat suatu bangsa atau daerah khususnya Halmahera Utara dalam menata kebudayaan saat ini dan ke depan.

h. Keunikan budaya masyarakat Pulau Morotai

Adat dan ritual merupakan gambaran sikap dan perilaku manusia yang telah berproses dalam waktu lama dan dilaksanakan secara turun-temurun dari nenek moyang. Tradisi dipengaruhi oleh kecenderungan untuk berbuat sesuatu

sehingga menjadi kebiasaan. Berikut adalah beberapa tradisi yang terdapat di Pulau Morotai diantaranya yaitu:

1) Tradisi cuci kaki

Tradisi cuci kaki memiliki makna filosofis pembersihan atau penyucian. Tradisi ini dilakukan secara simbolis mencuci kaki dengan air saat hari-hari tertentu yaitu pada saat penjemputan tamu kehormatan dan pada saat selesai seluruh rangkaian acara perkawinan. Untuk cuci kaki acara perkawinan hanya dilakukan untuk mempelai wanita karena mempelai wanita (istri) telah keluar dari rumah orang tua untuk mengikuti mempelai pria (suami). Tradisi ini dilakukan dengan harapan perempuan yang sudah masuk dalam lingkaran keluarga laki-laki memiliki hati yang bersih untuk memulai rumah tangga mereka di lingkungan keluarga laki-laki. Untuk mencuci kaki perempuan dalam tradisi ini hanya boleh dilakukan oleh anak gadis yang belum baligh atau masih perawan sedangkan anak laki-laki tidak diperbolehkan, dengan didampingi orang tua yang bertugas mem mantra-mantra air dalam gelas lalu kemudian menyerahkannya kepada anak gadis untuk menyirami kaki perempuan tersebut. Tradisi ini sampai sekarang masih terlihat saat acara perkawinan di Pulau Morotai yang memakai adat Galela.

2) Tradisi Bungkus Tikar

Tarian bungkus tikar adalah salah satu tradisi suku Galela yang terjadi saat ronggeng adat (tari adat) tide-tide di setiap perayaan berlangsung. Tradisi bungkus tikar dimaksud agar orang yang dibalut dengan tikar mengetahui bahwa dialah yang dibebankan. Dalam artian, dialah yang diharapkan memberikan semacam sumbangan atau bantuan terhadap pihak penyelenggara acara. Biasanya yang dibalut dengan tikar pada tradisi ini adalah tamu undangan yang berasal dari pemerintahan yang memiliki jabatan strategis, misalnya Bupati, Kabag, Kadis dan lain-lain atau yang dinilai oleh penyelenggara bahwa orang tersebut bisa memberikan sumbangan atau bantuan kepada pihak penyelenggara. Jika seseorang yang dibalut dengan tikar ingin memberikan bantuan berupa uang dan dia tidak membawa uang maka dapat diberikan kesempatan kapan yang bersangkutan bisa memenuhi kewajibannya sesuai dengan sebisanya. Dan jika seseorang yang dibalut tikar ingin memberikan uang tunai dan dia membawanya saat acara, maka bisa juga diberikan dalam bentuk “Tombong” kepada pihak penyelenggara atau kalau dalam acara perkawinan berarti kepada kedua mempelai yang saat itu sedang mengikuti tarian tersebut dengan jumlah yang harus lebih banyak dari penari-penari yang lain.

3) Tarian Cakalele (Tari Perang)

Tarian cakalele berasal dari daerah Maluku Utara, meski pada akhirnya menyebar sampai ke Maluku (Ambon) dan

berbagai wilayah lainnya. Istilah Cakalele sudah ada sejak terbentuknya Maluku zaman dulunya, maka istilah ini sudah berumur sangatlah tua. Istilah cakalele sendiri sebenarnya berasal dari bahasa Ternate. Di daerah lain misalnya Ambon namanya juga tidak berubah sehingga kadang membingungkan orang yang tidak tau sejarah sebenarnya. Banyak yang mengira tarian ini berasal dari Ambon. Namun kenyataannya tarian ini berasal dari Maluku Utara dan berasal dari bahasa Ternate.

Tarian cakalele dikenal sebagai tari peperangan. Karena disinilah terletak kedigdayaan seorang lelaki, disini pula melambangkan keperkasaan para leluhur melalui simbol yang dibawa baik berupa pakaian atau senjata lainnya. Tarian ini juga melambangkan sebuah kekuatan besar dan keberanian dalam membela harga diri. Karena perang bukan terjadi karena satu penyebab saja namun karena banyak sebab. Intinya, peperangan akan terjadi karena pembelaan diri.

Cakalele berasal dari dua kosakata yaitu Caka dan lele yang yang artinya Roh mengamuk. Maka arti cakalele secara harafiah adalah Roh atau Setan yang mengamuk. Dengan demikian atraksi cakalele adalah manusia yang keserupan yang haus akan darah manusia.

4) Tarian Tide-tide

Tarian tide-tide adalah tarian khas suku Tobelo dan Galela. Tarian ini umumnya lebih khusus untuk perempuan karena sebagai pelengkap dari tarian cakalele (untuk suku

Tobelo dan Galela). Makna filosofis yang terkandung pada tarian ini adalah perempuan sebagai penyemangat kepada laki-laki yang nantinya akan berperang di medan tempur.

5) Keunikan budaya masyarakat Kepulauan Sula

Desa Kabau, Kecamatan Sula Besi Barat Kabupaten Kepulauan Sula, di Maluku Utara merupakan salah satu Desa yang bersejarah, dimana kekayaan alam dan budaya maupun etnis yang banyak yang bercorak, sejarah yang begitu menakjubkan para pendengar dimana, sejarah masih terselubung yang mengetahui hanya pihak-pihak tertentu yang telah ditunjuk sebagai pemangku adat, desa ini pada awalnya sebuah kampung yang sangat besar, Jarak antar pesisir pantai dengan pegunungan sekitar 1 km. Pada zaman dahulu, Desa ini sangat sejahtera dengan hasil laut dan pertanian para masyarakat yang sebagian kecil berdiam diri di pegunungan dengan mengandalkan hasil kebun, setelah bulan Januari Tahun 1965 terjadi gempa besar-besaran di pulau sula besi, dengan dampak yang sangat besar, salah satu desa yang mendapatkan dampaknya yaitu desa kabau. Seluruh perumahan masyarakat dibanjiri dengan laut, sehingga terjadilah sebuah danau yang cukup besar dengan ukuran 5 km x persegi. Menurut penelitian george di suatu pulau di NTB, dia mengatakan predator yang hidup di pulau terkecil, merupakan predator yang hidup dengan zaman dinosaurus, yang dimana dulu hijrah para

predator jenis buaya dan komodo. Berhijrah dari eropa ke asia karena laut masih menjadi satu, sehingga mereka berdiam diri di Indonesia, begitupun di Desa Kabau ini, Desa yang kampungnya dikelilingi air laut yakni sebuah danau yang danau tersebut berpenghuni buaya, tapi anehnya buaya yang kita kenal bentuknya, yang ada hanya warna hitam tapi di desa ini menurut cerita rakyat, salah seekor buaya yang memimpin buaya-buaya lain di telaga itu adalah buaya berukuran seluas telaga dan buaya tersebut berwarna putih. Masyarakat di desa itu mengatakan buaya ini muncul ketika hal-hal tertentu dan pada orang-orang tertentu pula. Menurut masyarakat yang khususnya yang bermarga Sanela, Kedafota dan Lidamona, mereka memiliki buaya masing-masing sebagai kepercayaan bahwa nenek moyang mereka yang menjelma sebagai seekor buaya tersebut. masyarakat desa itu selalu menerapkan adat istiadat yang begitu kental dengan diri masyarakat. Tetapi satu hal yang menjadi sangat potensial di desa itu adalah telaganya, hasil ikan serta hasil tani. Masyarakat sangat akur dengan tamu-tamu yang sedang menginap di Desa Kabau. Karena jika menjalankan tradisi sebagai masyarakat asli Desa Kabau, maka adat istiadat tidak terlepas dari keyakinan masyarakat. Masyarakat Desa Kabau lebih mengandalkan tanaman jangka panjang seperti pala, cengkeh, kopra karena tanaman jenis ini sangat jangka panjang dari proses pertumbuhannya maupun dari waktu panennya paling kurang 3 bulan untuk memetik

hasil. Seharusnya masyarakat lebih memprioritaskan tanaman berjangka pendek dengan pertumbuhan maupun masa panennya, dengan begitu pertumbuhan ekonomi akan semakin stabil.

Kegiatan Belajar Mahasiswa 4.

Maluku Utara memiliki kearifan lokal yang sangat unik dan menarik untuk ditelusuri. Masing-masing mahasiswa diminta untuk menelusuri keunikan budaya di Daerahnya kemudian membuat narasi singkat mengenai keunikan budaya tersebut. Hasil penelusuran keunikan budaya dicatat ke dalam tabel di bawah ini :

Nama Daerah yang ditelusuri	Keunikan budaya yang ditemukan

Sedangkan narasi singkat mengenai keunikan budaya dituliskan pada kotak yang disediakan di bawah ini:

C. Latihan

1. Berikan penjelasan tentang pola interaksi antara hewan, tumbuhan dan manusia !
2. Lakukan inventarisasi spesies flora dan fauna di daerah asalmuyang berpotensi sebagai spesies endemik !
3. Sebutkan faktor-faktor yang mempengaruhi endemik spesies !
4. Berikan contoh keunikan budaya masyarakat pada tiap wilayah kepulauan di Maluku Utara !

D. Penugasan

1. Lakukan pengamatan secara individu berdasarkan daerah asal anda untuk mengamati aktivitas hewan, tumbuhan dan manusia di suatu tempat misalnya di taman kota atau kebun binatang. Contoh aktivitas yang diamati : Bagaimana reaksi orang utan di kebun binatang ketika diberi makan oleh pengunjung (manusia)? Apakah orang utan merasa terancam dengan keberadaan manusia atau sangat jinak? Tuliskan hasil pengamatan anda pada tabel di bawah ini :

Tanggal dan waktu pengamatan	Lokasi pengamatan	Aktivitas hewan, tumbuhan dan manusia di suatu tempat

--	--	--

Setelah data diperoleh, mahasiswa diminta membuat laporan hasil pengamatan secara individu dengan sistematika laporan meliputi beberapa aspek antara lain :

a. Pendahuluan

Berisi dasar teori yang relevan dengan topik tetapi dipaparkan secara garis besar

b. Tujuan pengamatan

c. Hasil

Berisi tabel hasil pengamatan

d. Pembahasan

Berisi argumentasi pengamat dan teori penunjang yang relevan dengan hasil pengamatan

e. Kesimpulan

f. Daftar pustaka

2. Lakukan pengamatan secara berkelompok ke Taman Nasional Aketajawe Lolobata untuk mendapatkan data terbaru mengenai jumlah flora dan fauna endemik yang ada di tempat tersebut. Data yang disajikan berupa hasil wawancara dengan pihak pengelola Taman Nasional Aketajawe Lolobata dan harus melampirkan dokumen pendukung berupa jumlah flora dan fauna yang telah

teridentifikasi. Catat hasil wawancara ke dalam tabel di bawah ini :

Pertanyaan	Jawaban narasumber	Nama narasumber
1. Berapa jumlah flora yang ada di Taman Nasional Aketajawe Lolobata? (lampirkan dokumen pendukung) 2. Berapa jumlah fauna yang ada di Taman Nasional Aketajawe Lolobata? (lampirkan dokumen pendukung) 3. Jenis flora dan fauna apa yang ada di Taman Nasional Aketajawe Lolobata?		

3. Lakukan wawancara dengan pengelola Taman Nasional Aketajawe Lolobata mengenai jumlah spesies endemik yang belum punah, terancam punah dan sudah punah serta penyebab flora dan fauna di Taman Nasional Aketajawe Lolobata mengalami kepunahan. Catat hasil wawancara ke dalam tabel di bawah ini :

Pertanyaan	Jawaban Narasumber	Nama Narasumber
1. Berapa jumlah spesies flora dan		

<p>fauna di Taman Nasional Aketajawe Lolobata yang belum punah?</p> <p>2. Berapa jumlah spesies flora dan fauna di Taman Nasional Aketajawe Lolobata yang terancam punah?</p> <p>3. Berapa jumlah spesies flora dan fauna di Taman Nasional Aketajawe Lolobata yang sudah punah?</p> <p>4. Faktor apa yang menyebabkan flora dan fauna di Taman Nasional Aketajawe Lolobata mengalami kepunahan ?</p>		
---	--	--

4. Mahasiswa akan dibagi menjadi beberapa kelompok sesuai daerah asal untuk melakukan pengamatan ke masing-masing kabupaten/kota di provinsi Maluku Utara guna mengetahui berbagai keunikan budaya daerah-daerah tersebut. Pengamatan diawali dengan meminta izin kepada pemangku adat setempat agar dapat memberikan informasi tentang keunikan budaya daerah yang sedang diamati. Apabila pemangku adat bersedia untuk memberi informasi, maka mahasiswa harus melakukan wawancara dengan

pemangku adat. Catat hasil wawancara ke dalam tabel di bawah ini :

Pertanyaan	Jawaban narasumber	Nama narasumber
<ol style="list-style-type: none"> 1. Sudah berapa lama bapak/ibu tinggal di daerah ini? 2. Bisakah bapak/ibu menyebutkan tradisi turun temurun masyarakat daerah ini dalam menyambut hari besar keagamaan, pernikahan atau menyambut kedatangan tamu dari luar daerah? 3. Apakah di daerah ini memberikan sanksi bagi masyarakat setempat atau pendatang yang tidak menaati tradisi/budaya yang ada disini? 		

E. Daftar Pustaka

1. Irawati, Diah & Arini, Dwi. 2011. Avifauna Penghuni Hutan Kobe Kawasan Taman Nasional Aketajawe Lolobata Provinsi Maluku Utara. Balai Penelitian Kehutanan Manado Vol. 1 No. 1 November 2011.
2. Indrawan, M., Primack, R B & Supriatna, J. 2007. Biologi Konservasi Edisi Revisi. Jakarta : Yayasan Obor Indonesia.
3. Irawati, Diah., Arini, Dwi & Kinho, J. 2014. Keragaman Jenis Burung di DAS Tayawi Taman Nasional Aketajawe Lolobata. *Jurnal Wasian* Vol 1. No. 1 Tahun 2014 Halaman 29-37.
4. Susiarti, S., Rahayu, M & Royyani, M F. 2015. Pengetahuan dan Pemanfaatan Tumbuhan Obat Masyarakat Tobelo Dalam di Maluku Utara. *Media litbangkes*, Vol. 25 No. 4, Desember 2015 Halaman 211-218
5. Mustakim. 2015. Eksistensi Budaya Falgali dalam Kehidupan Masyarakat Desa Bobane Indah Kecamatan Patani Barat Kabupaten Halmahera Tengah. *Jurnal Holistik* No. 16 Juli - Desember 2015.
6. Julian, J & Pattipeilohy. 2013. Arsitektur Tradisional Tidore Kepulauan. *Jurnal Penelitian* Vol. 6 No. 5 Edisi April 2013



BIODATA PENULIS



Prof. Dr. Abdurasyid Tolangara, M.Si.

lahir di Ternate, pada tanggal 15 September 1970, merupakan anak ke empat dari lima bersaudara dari pasangan Ayahanda Gafur Idris Tolangara dan Ibunda Habiba Hi. Ali Bahtar (almarhum). Menyelesaikan pendidikan dasar di SD Islamiyah 5 Ternate, pada tahun 1983, dan melanjutkan ke SMP Negeri 4 Ternate dan tamat pada tahun 1987, serta SMA Negeri 2 Ternate pada tahun 1990.

Kemudian melanjutkan pada tingkatan Sarjana (S1) Pendidikan Biologi tahun 1995 di Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, jurusan Pendidikan Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Khairun. Dan menyelesaikan pendidikan Pascasarjana Program S2 di bidang Ilmu Biologi konsentrasi bidang Ekologi Tumbuhan pada Universitas Gadjah Mada Yogyakarta pada tahun 2002. Pada tahun 2012 mengikuti pendidikan Pascasarjana S3 Pendidikan Biologi di Universitas Negeri Malang dan menyelesaikan studi Doktor pada tahun 2015. Sebagai staf pengajar di Fakultas keguruan dan Ilmu Pendidikan Program Studi Pendidikan Biologi Universitas Khairun mulai tahun 1995 hingga sekarang. Pernah menulis buku tentang Ekologi Mangrove Maluku Utara Jilid 2, Insiklopedia Mangrove Maluku Utara, Tata Nama Tumbuhan Khas Maluku Utara serta terlibat dalam berbagai organisasi dan LSM Penyelamatan lingkungan di Maluku Utara. Pada tahun 2006 mendirikan Kelompok Kajian Vegetasi (KKV) dan menjadi Pembina pada Kelompok Kajian tersebut hingga sekarang. Kelompok Kajian ini selalu aktif dalam melakukan kegiatan pengabdian kepada masyarakat misalnya reboisasi terhadap hutan, pelestarian lingkungan mangrove, dan mengadakan penyuluhan kepada masyarakat tentang pentingnya hutan mangrove bagi ekosistem pesisir dan laut serta melakukan pembelajaran di sekolah dari berbagai tingkatan SD, SMP dan SMA di Maluku Utara.



Dr. Bahtiar, M.Si.

lahir tanggal 27 Juli 1970 di Pao-Pao, Kabupaten Barru Provinsi Sulawesi Selatan. Menyelesaikan S1 Pendidikan Biologi IKIP Ujung Pandang tahun 1994, dan menyelesaikan pendidikan S2 program studi Ilmu-Ilmu Lingkungan Universitas Hasanuddin tahun 2000. Menyelesaikan program doktor (S3) Program Studi Pendidikan Biologi Universitas Negeri Malang Tahun 2014.

Merupakan dosen tetap program studi Pendidikan Biologi Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan (FKIP) Universitas Khairun Ternate, dan tenaga pengajar pada pascasarjana (S2) Pendidikan Biologi Universitas Khairun. Sampai saat ini masih aktif melakukan berbagai penelitian dan pengabdian masyarakat di bidang biologi, lingkungan Hidup, Ekologi dan pembelajarannya.



Dr. M. Nasir Tamalene, M.Pd.

Lahir pada tanggal 30 Mei 1983 di Bacan Kabupaten Halmahera Selatan provinsi Maluku Utara. Lulusan program studi pendidikan biologi Universitas Khairun Ternate tahun 2007, melanjutkan Pasca Sarjana dengan gelar Master Pendidikan Biologi (M.Pd) pada Universitas Negeri Malang tahun 2010.

Pada tahun 2013 melanjutkan pendidikan strata tiga (S3) program studi pendidikan biologi di Universitas yang sama dan lulus pada tahun 2016. Saat ini bekerja sebagai dosen di program studi magister pendidikan biologi Universitas Khairun Ternate dengan bidang kepakaran etnobiologi dan konservasi serta pembelajarannya. Aktif dalam kegiatan Tri Dharma Perguruan Tinggi.



Dr. Zulkifli Zam-Zam, M.Si.

Lahir tanggal 12 Agustus 1979 di Bacan Provinsi Maluku Utara. Aktif sebagai Dosen dan Peneliti pada Program Studi Pendidikan Kimia Universitas Khairun sejak tahun 2005. Alumnus SMP Islam Ternate (1995), SMA Negeri 1 Kota Ternate (1998), Strata-1 pada Ilmu Kimia UNIMA Manado (2003), Magister of Science (M.Sc) Bidang Sains Kimia Universitas Gadjah Mada Yogyakarta (2008) dan Environmental Management di

Universitas Negeri Jakarta (2013). Aktif juga sebagai pengajar di S-1 Program Studi Pendidikan Geografi dan Magsiter Konsentrasi Lingkungan Kepulauan pada Pascasarjana Universitas Khairun. Penulis juga sering terlibat sebagai konsultan lingkungan hidup, AMDAL, UKL/UPL, RPPLH, dan KLHS. Selain itu penulis juga sebagai Pengajar/Instruktur pada Pendidikan profesi Guru (PPG) sejak 2010, Diklat Penguatan Kepala Sekolah dan Calon Kepala Sekolah pada Lembaga Pelaksana Diklat (LPD) Universitas Khairun sejak 2018. Penulis juga terlibat sebagai lonsultan pendidikan dengan menyusun beberapa Dokumen Masterplan Pendidikan pada Kab/Kota di Provinsi Maluku Utara. Penulis telah mempublish hasil riset pada jurnal nasional maupun internasional, artikel terakhir yang telah diterbitkan yakni Evaluasi Kebijakan Pengelolaan Lingkungan Pertambangan Di Pulau Obi Provinsi Maluku Utara (Jurnal PLPB UNJ 2020), Study of Electronic Transition of Complex Fe (III), Ni (II) and Zn (II)-1.10-Phenanthroline: Modelling and UV-Vis Spectra Analysis (Journal of the Turkish Chemical Society Section A: Chemistry JOCTSA 2020), Parameter Analysis SO_4^{2-} , Cl^- , Fe, Cd, PO_4 , NO_3 , Pb, and Zn on The Water Lake Duma Galela, North Halmahera District (IJAR, 2020), Solvent influence on the Presence of axial ligand Coordination: A QMCF-MD study of the structural and dynamical properties of Pd(II) and Pd(II) tetra-ammine in aqueous solution (Journal of Mucleular Liquids, 2021), dan Nitrate Adsorption capacity of Activated Gamalama Volcanic Ash (JKPK, 2021).



Dr. Andi Tenri Pada Agustang, S.Sos., M.Pd.

Lahir di Ujung Pandang tanggal 14 April 1987. Menyelesaikan S1 (Sarjana) pada Program Studi Sosiologi di Universitas Negeri Makassar Tahun 2009, Pendidikan S2 (Magister) pada program studi Pendidikan IPS Universitas Negeri Makassar tahun 2012. Serta Program Doktor (S3) Pada Program Studi Ilmu Sosiologi Universitas Negeri Makassar Tahun 2019. Penulis juga merupakan dosen tetap Jurusan IPS

Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan (FKIP) Universitas Khairun Ternate. Selain itu juga, penulis tercatat sebagai Instruktur Pendidikan Profesi Guru (PPG) di Universitas Khairun, Asesor Beban Kerja Dosen (BKD) Universitas Khairun. Sampai saat ini masih aktif melakukan berbagai penelitian dan pengabdian masyarakat di bidang Sosial, dan Kependidikan.



Zulkifli Ahmad, S.Pd., M.Sc.

Lahir di Kecamatan Banda Neira, 28 September 1979. Pendidikan S1 diselesaikan di program studi Pendidikan Biologi FKIP Universitas Khairun (tahun 2005), dan magister Sains (M.Sc) diselesaikan di Universitas Gadjah Mada (UGM) Yogyakarta pada Tahun 2012. Saat ini, Bang Zoel (sapaan akrabnya) sedang menempuh program Doktorat pada prodi Ilmu Pendidikan di Universitas Negeri Makassar (UNM).

Mulai Tahun 2006 hingga saat ini, mengajar di prodi pendidikan biologi FKIP Universitas Khairun. Di sela-sela aktivitasnya, sosok yang konsisten ini juga aktif dalam berbagai organisasi keprofesian Guru dan membantu para pendidik di satuan pendidikan melalui Ikatan Guru Indonesia (IGI) Maluku Utara dan Jaringan Sekolah Digital Indonesia (JSDI) Maluku Utara



Nuraini Sirajudin, S.Pd., M.Si.

Lahir di Toniku, pada 21 Juni 1979. Anak pertama dari 5 bersaudara. Menyelesaikan pendidikan dasar di SD Negeri Toniku, pada tahun 1992, dan melanjutkan ke SMP Islam Kota Ternate dan tamat pada tahun 1995, serta SMA Negeri 4 Kota Ternate pada tahun 1998. Kemudian melanjutkan pada tingkatan Sarjana (S1) Pendidikan Biologi tahun 1995 di Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, jurusan Pendidikan Matematika

dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Khairun dan lulus pada tahun 2002. Menyelesaikan pendidikan Pascasarjana Program S2 di Universitas Sam Ratulangi pada bidang Ilmu Perairan lulus pada tahun 2011. Kemudian melanjutkan studi di Universitas Negeri Makasar pada tahun 2020 hingga sekarang.