

# **MEMAHAMI KONSEP DAN TEORI EKOLOGI DAN LINGKUNGAN**

**Alfred Benjamin Alfons  
Bambang Suhartawan  
Tien Zubaidah  
Tarzan Purnomo  
Fitriani Kahar  
Hafidawati  
Daawia  
Patrich Phill Edrich Papilaya**



**GET PRESS INDONESIA**

# **MEMAHAMI KONSEP DAN TEORI EKOLOGI DAN LINGKUNGAN**

## **Penulis :**

Alfred Benjamin Alfons  
Bambang Suhartawan  
Tien Zubaidah  
Tarzan Purnomo  
Fitriani Kahar  
Hafidawati  
Daawia  
Patrich Phill Edrich Papilaya

## **ISBN :**

**Editor :** Mila Sari, S.ST., M.Si

**Penyunting :** Rantika Maida Sahara S.Tr.Kes

**Desain Sampul dan Tata Letak :** Atyka Trianisa, S.Pd

**Penerbit :** GET PRESS INDONESIA

Anggota IKAPI No. 033/SBA/2022

## **Redaksi :**

Jln. Palarik Air Pacah No 26 Kel. Air Pacah  
Kec. Koto Tangah Kota Padang Sumatera Barat  
Website : [www.getpress.co.id](http://www.getpress.co.id)  
Email : [adm.getpress@gmail.com](mailto:adm.getpress@gmail.com)

Cetakan pertama, Januari 2024

Hak cipta dilindungi undang-undang  
Dilarang memperbanyak karya tulis ini dalam bentuk dan  
dengan cara apapun tanpa izin tertulis dari penerbit.

## **KATA PENGANTAR**

Segala Puji dan syukur atas kehadiran Allah SWT dalam segala kesempatan. Sholawat beriring salam dan doa kita sampaikan kepada Nabi Muhammad SAW. Alhamdulillah atas Rahmat dan Karunia-Nya penulis telah menyelesaikan Buku Memahami Konsep Dan Teori Ekologi Dan Lingkungan ini.

Buku ini membahas Konsep dasar ekologi dan sistem ekologi, Komponen dalam sistem ekologi, Komponen lingkungan dan ruang lingkupnya, Aliran energi di Ekosistem, Aksi dan interaksi dan kepunahan, Masalah ekosistem, Pemanasan global terhadap manusia, hewan dan tumbuhan yg hidup di ekosistemnya, Kaitan Pendekatan rantai dan jaring-jaring makanan dan pengelolaan ekosistem berkelanjutan, Masalah kebakaran hutan di Indonesia.

Proses penulisan buku ini berhasil diselesaikan atas kerjasama tim penulis. Demi kualitas yang lebih baik dan kepuasan para pembaca, saran dan masukan yang membangun dari pembaca sangat kami harapkan.

Penulis ucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah mendukung dalam penyelesaian buku ini. Terutama pihak yang telah membantu terbitnya buku ini dan telah mempercayakan mendorong, dan menginisiasi terbitnya buku ini. Semoga buku ini dapat bermanfaat bagi masyarakat Indonesia.

Padang, Januari 2024

Penulis

## DAFTAR ISI

|                                                                                     |             |
|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------|
| <b>KATA PENGANTAR .....</b>                                                         | <b>i</b>    |
| <b>DAFTAR ISI .....</b>                                                             | <b>ii</b>   |
| <b>DAFTAR GAMBAR .....</b>                                                          | <b>vi</b>   |
| <b>DAFTAR TABEL .....</b>                                                           | <b>viii</b> |
| <b>BAB 1 KONSEP DASAR DAN SISTEM EKOLOGI.....</b>                                   | <b>1</b>    |
| 1.1 Konsep Dasar Ekologi .....                                                      | 1           |
| 1.2 Sekilas Tentang Sejarah Ekologi.....                                            | 2           |
| 1.3 Pengertian Ekologi .....                                                        | 3           |
| 1.4 Komponen-Komponen Ekologi .....                                                 | 4           |
| 1.5 Sistem Ekologi.....                                                             | 10          |
| DAFTAR PUSTAKA.....                                                                 | 13          |
| <b>BAB 2 KOMPONEN DALAM SISTEM EKOLOGI<br/>(EKOSISTEM) .....</b>                    | <b>15</b>   |
| 2.1 Pendahuluan .....                                                               | 15          |
| 2.2 Satuan Makhluk Hidup dalam Ekosistem .....                                      | 16          |
| 2.2.1 Individu .....                                                                | 16          |
| 2.2.2 Populasi.....                                                                 | 17          |
| 2.2.3 Komunitas .....                                                               | 17          |
| 2.3 Macam-macam Ekosistem.....                                                      | 17          |
| 2.3.1 Ekosistem Alami .....                                                         | 17          |
| 2.3.2 Ekosistem Buatan.....                                                         | 22          |
| 2.4 Komponen Utama Ekosistem.....                                                   | 23          |
| 2.4.1 Komponen Biotik.....                                                          | 24          |
| 2.4.2 Komponen Abiotik.....                                                         | 26          |
| DAFTAR PUSTAKA.....                                                                 | 28          |
| <b>BAB 3 KOMPONEN LINGKUNGAN DAN<br/>RUANG LINGKUPNYA .....</b>                     | <b>31</b>   |
| 3.1 Komponen Fisik atau Abiotik:.....                                               | 31          |
| 3.2 Komponen Biologis atau Biotik: .....                                            | 34          |
| 3.3 Komponen Sosial dan Budaya:.....                                                | 35          |
| 3.4 Komponen Ekonomi:.....                                                          | 39          |
| DAFTAR PUSTAKA.....                                                                 | 46          |
| <b>BAB 4 ALIRAN ENERGI DI EKOSISTEM, AKSI DAN<br/>INTERAKSI DAN KEPUNAHAN .....</b> | <b>49</b>   |
| 4.1 Pendahuluan .....                                                               | 49          |

|                                                                       |           |
|-----------------------------------------------------------------------|-----------|
| 4.2 Aliran Energi di Ekosistem .....                                  | 51        |
| 4.2.1 Pengaturan Energi Suatu Ekosistem .....                         | 52        |
| 4.2.2 Rantai Makanan dan Jaring-Jaring Makanan.....                   | 53        |
| 4.2.3 Daur Materi (Daur Biogeokimia) .....                            | 57        |
| 4.3 Aksi dan Interaksi Dalam Ekosistem .....                          | 64        |
| 4.3.1 Interaksi Dalam Ekosistem.....                                  | 64        |
| 4.3.2 Hubungan Trofik Dalam Ekosistem.....                            | 67        |
| 4.4 Kepunahan.....                                                    | 69        |
| 4.4.1 Penyebab Kepunahan: Menurunnya<br>Biodiversitas.....            | 69        |
| 4.4.2 Upaya Mencegah Kepunahan: Konservasi<br>Biodiversitas.....      | 71        |
| DAFTAR PUSTAKA.....                                                   | 72        |
| <b>BAB 5 MASALAH EKOSISTEM.....</b>                                   | <b>75</b> |
| 5.1 Definisi.....                                                     | 75        |
| 5.2 Ruang Lingkup Ekologi .....                                       | 76        |
| 5.3 Komponen ekosistem.....                                           | 76        |
| 5.4 Jenis-jenis Ekosistem .....                                       | 78        |
| 5.5 Penyebab Kerusakan Ekosistem.....                                 | 83        |
| 5.6 Permasalahn Lingkungan.....                                       | 83        |
| 5.7 Kerusakan Ekosistem .....                                         | 84        |
| 5.8 Kerusakan ekosistem laut akibat dari PLTU .....                   | 85        |
| 5.9 Kerusakan ekosistem darat .....                                   | 85        |
| 5.10 Solusi Kerusakan Ekosistem .....                                 | 86        |
| 5.11 Perubahan Ekosistem Dan Dampak Lingkungan.....                   | 87        |
| DAFTAR PUSTAKA.....                                                   | 89        |
| <b>BAB 6 PEMANASAN GLOBAL DAN DAMPAK<br/>TERHADAP EKOSISTEM .....</b> | <b>91</b> |
| 6.1 Pendahuluan .....                                                 | 91        |
| 6.2 Pemanasan Global : Definisi dan Penyebab .....                    | 92        |
| 6.2.1 Definisi .....                                                  | 92        |
| 6.2.2 Faktor -faktor Penyebab Pemanasan Global .....                  | 92        |
| 6.3 Fenomena Terjadinya Global Warming.....                           | 95        |
| 6.4 Dampak Pemanasan Global terhadap Manusia<br>dan Lingkungan .....  | 96        |
| 6.4.1 Dampak terhadap Perubahan iklim.....                            | 96        |

|                                                                                                                                   |            |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| 6.4.2 Dampak Pemanasan Global terhadap Kesehatan Manusia .....                                                                    | 97         |
| 6.4.3 Dampak terhadap Keamanan Pangan .....                                                                                       | 98         |
| 6.4.4 Dampak Pemanasan Global terhadap Flora dan Fauna .....                                                                      | 99         |
| 6.4.5 Upaya Mitigasi dan Adaptasi Pemanasan Global .....                                                                          | 99         |
| 6.5 Penutup .....                                                                                                                 | 100        |
| DAFTAR PUSTAKA.....                                                                                                               | 101        |
| <b>BAB 7 KAITAN PENDEKATAN RANTAI DAN JARING-JARING MAKANAN DAN PENGELOLAAN EKOSISTEM BERKELANJUTAN .....</b>                     | <b>105</b> |
| 7.1 Konsep Rantai Makanan .....                                                                                                   | 105        |
| 7.2 Konsep Jaring-jaring Makanan.....                                                                                             | 107        |
| 7.2.1 Jaring-Jaring Makanan Penghubung ( <i>Connectance Food Web</i> ) .....                                                      | 109        |
| 7.2.2 Jaring-Jaring Makanan Interaksi .....                                                                                       | 109        |
| 7.2.3 Jaring Makanan Aliran Energi .....                                                                                          | 109        |
| 7.2.4 Jaring Makanan Fosil.....                                                                                                   | 109        |
| 7.2.5 Jaring Makanan Fungsional.....                                                                                              | 110        |
| 7.2.6 Jaring Makanan Berdasarkan Jenis ekosistem.....                                                                             | 110        |
| 7.3 Ekosistem yang Berkelanjutan.....                                                                                             | 110        |
| 7.4 Kaitan Teori Rantai dan Jaring-Jaring Makanan dengan Pengelolaan Ekosistem Berkelanjutan.....                                 | 113        |
| 7.4.1 Jaring-jaring makanan dikonstruksi untuk menjelaskan interaksi spesies.....                                                 | 117        |
| 7.4.2 Jaring-jaring makanan menggambarkan interaksi spesies secara tidak langsung .....                                           | 118        |
| 7.4.3 Jaring makanan dapat digunakan untuk mempelajari kontrol struktur komunitas dari bawah ke atas atau dari atas ke bawah..... | 119        |
| 7.5 Faktor-faktor yang menjaga keseimbangan ekosistem .....                                                                       | 121        |
| 7.5.1 Keseimbangan Populasi.....                                                                                                  | 121        |
| 7.5.2 Keseimbangan Trofik.....                                                                                                    | 121        |
| 7.5.3 Siklus Biogeokimia yang Seimbang.....                                                                                       | 121        |
| 7.5.4 Keseimbangan Keanekaragaman Hayati .....                                                                                    | 122        |
| 7.5.5 Keseimbangan Faktor Lingkungan .....                                                                                        | 122        |

|                                                        |            |
|--------------------------------------------------------|------------|
| DAFTAR PUSTAKA.....                                    | 123        |
| <b>BAB 8 MASALAH KEBAKARAN HUTAN DI INDONESIA ..</b>   | <b>125</b> |
| 8.1 Pendahuluan .....                                  | 125        |
| 8.2 Defenisi Kebakaran Hutan .....                     | 127        |
| 8.3 Dampak Ekologis Akibat kebakaran Hutan .....       | 128        |
| 8.4 Nilai Ekonomi Yang Hilang Akibat Kebakaran Hutan . | 132        |
| 8.5 Kebakaran Hutan di Indonesia .....                 | 133        |
| DAFTAR PUSTAKA.....                                    | 139        |
| <b>BIODATA PENULIS</b>                                 |            |

## DAFTAR GAMBAR

|                                                                                                                |     |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <b>Gambar 1.1.</b> Analogi Kedudukan Ekologi Dengan Ilmu Lainnya.....                                          | 11  |
| <b>Gambar 2.1.</b> Ekosistem Padang Rumput .....                                                               | 18  |
| <b>Gambar 2.2.</b> Ekosistem Hutan Hujan Tropis.....                                                           | 18  |
| <b>Gambar 2.3.</b> Ekosistem Gurun.....                                                                        | 19  |
| <b>Gambar 2.4.</b> Ekosistem Taiga.....                                                                        | 19  |
| <b>Gambar 2.5.</b> Ekosistem Tundra .....                                                                      | 20  |
| <b>Gambar 2.6.</b> Ekosistem Air Tawar .....                                                                   | 21  |
| <b>Gambar 2.7.</b> Ekosistem Air Laut.....                                                                     | 21  |
| <b>Gambar 2.8.</b> Komponen Ekosistem .....                                                                    | 24  |
| <b>Gambar 2.9.</b> Jaring-jaring Makanan.....                                                                  | 26  |
| <b>Gambar 2.10.</b> Komponen Abiotik.....                                                                      | 27  |
| <b>Gambar 4.1.</b> Bagan Aliran Energi dan Daur Materi dalam Ekosistem.....                                    | 52  |
| <b>Gambar 4.2.</b> Rantai Makanan .....                                                                        | 53  |
| <b>Gambar 4.3.</b> Jaring-jaring Makanan .....                                                                 | 56  |
| <b>Gambar 4.4.</b> Model umum Daur Materi.....                                                                 | 57  |
| <b>Gambar 4.5.</b> Daur Karbon .....                                                                           | 59  |
| <b>Gambar 4.6.</b> Daur Oksigen.....                                                                           | 60  |
| <b>Gambar 4.7.</b> Daur Nitrogen .....                                                                         | 61  |
| <b>Gambar 4.8.</b> Daur Nitrogen.....                                                                          | 61  |
| <b>Gambar 4.9.</b> Daur Fosfor .....                                                                           | 62  |
| <b>Gambar 4.10.</b> Daur Sulfur .....                                                                          | 63  |
| <b>Gambar 4.11.</b> Piramida Energi .....                                                                      | 69  |
| <b>Gambar 5.1.</b> Kerusakan Ekosistem Hutan .....                                                             | 85  |
| <b>Gambar 6.1.</b> Ilustrasi Gas Rumah Kaca .....                                                              | 96  |
| <b>Gambar 7.1.</b> Rantai makanan pada ekosistem darat .....                                                   | 106 |
| <b>Gambar 7.2.</b> Tingkat trofik dalam ekosistem .....                                                        | 108 |
| <b>Gambar 7.3.</b> Sistem sosial-ekologi.....                                                                  | 112 |
| <b>Gambar 7.4.</b> Skema Efek Langsung dari Berbagai Tipe Dampak Terhadap Jaring-Jaring Makanan .....          | 114 |
| <b>Gambar 7.5.</b> Jaring-Jaring Makanan Sederhana yang mewakili ekosistem padang rumput di daerah gurun ..... | 118 |

**Gambar 7.6.** Menunjukkan interaksi jaring-jaring makanan..... 119

## DAFTAR TABEL

|                                                                                  |     |
|----------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <b>Tabel 4.1.</b> Kategori Interaksi dan Konsekwensinya.....                     | 65  |
| <b>Tabel 8.1.</b> Data Perkembangan Karhutlah Indonesia<br>tahun 1997-2023. .... | 136 |

# **BAB 1**

## **KONSEP DASAR DAN SISTEM EKOLOGI**

*Oleh Alfred Benjamin Alfons*

### **1.1 Konsep Dasar Ekologi**

Pada dasarnya setiap makhluk hidup yang ada di muka bumi ini saling bergantung hidupnya dengan makhluk hidup lainnya, begitu pula dengan lingkungan tempatnya tinggal. Sehingga dengan adanya kebergantungan ini maka terjadilah hubungan timbal balik antar sesama makhluk hidup tersebut beserta dengan lingkungannya. Konsep ini yang dikenal dengan konsep ekologi. Ekologi sendiri merupakan salah satu cabang dalam ilmu biologi, dimana di dalamnya dipelajari hubungan antara makhluk hidup dengan lingkungannya (Smith, 1974). Kata Ekologi sendiri merupakan adopsi dari bahasa Yunani yang terdiri dari kata “*oikos*” yang memiliki arti “rumah atau tempat tinggal” dan kata “*logos*” yang memiliki arti “ilmu”. Sehingga jika diterjemahkan secara harfiah, ekologi mengandung makna sebagai suatu ilmu pengetahuan yang mempelajari tentang makhluk hidup dengan tempat tinggalnya. Egerton, dkk (2019) menyebutkan bahwa istilah “*oecology*” atau ekologi sebagai sebuah ilmu baru diperkenalkan pertama kali oleh Ernst Haeckel (1834-1919) seorang ahli biologi asal Jerman pada pertengahan tahun 1866. Pada mulanya, konsep dasar dari ilmu ekologi menurut Haeckel ini adalah untuk mempelajari keseimbangan alam (Egerton, dkk, 2019). Lebih lanjut pada tahun 1896, Haeckel menyatakan bahwa ekologi merupakan suatu kajian mengenai keseluruhan hubungan interaksi dari berbagai organisme dengan lingkungannya dan dengan faktor organik dan anorganik (Sandika, 2021). Bentuk interaksi ini terjadi secara terus-menerus dalam ekosistem, sehingga keseimbangan ekosistem tetap terjaga (Hunaepi dan Firdaus, 2017).

## 1.2 Sekilas Tentang Sejarah Ekologi

Ekologi sebagai ilmu pengetahuan pada dasarnya bukanlah hal yang baru, dimana pengamatan dan gagasan yang relevan telah terakumulasi sejak zaman Yunani kuno (Egerton, dkk, 2019). Sejak abad ke-4 SM para ahli alam Yunani kuno seperti Theophrastus dan Hippocrates telah memulai pengamatan awal terkait interaksi antara makhluk hidup dan lingkungan alam, meskipun istilah ekologi belum dikenal pada masa itu. Selanjutnya pada abad ke-18 muncul pemikiran ekologis awal dari beberapa ahli seperti Carl Linnaeus (1707-1778), yang menciptakan sistem klasifikasi organisme. Selain itu adapula Comte de Buffon, yang memperkenalkan konsep bahwa lingkungan dapat mempengaruhi karakteristik suatu organisme. Kemudian di abad ke-19 seorang ahli bernama Alexander von Humboldt yang mengemukakan teori terkait korelasi antara asosiasi tumbuhan dengan faktor lingkungannya sebagai upaya untuk memahami korelasi antara jumlah spesies hewan dan tumbuhan dengan persebarannya di alam. Selanjutnya Charles Darwin, dengan teorinya tentang seleksi alam, yang memberikan landasan penting bagi pemahaman terkait adaptasi organisme terhadap lingkungannya. Pada awal abad ke-20, perkembangan ilmu ekologi modern cepat lewat ilmuwan-ilmuwan seperti Henry Chandler Cowles yang mengkaji suksesi ekologi, serta Frederic Clements yang mengembangkan konsep ekosistem. Selain itu, era pemahaman ekologi populasional dimulai dengan kontribusi dari ilmuwan seperti Robert MacArthur dan E.O. Wilson. Keduanya membantu menrinci hubungan antara organisme dan faktor-faktor lingkungan, serta dampaknya pada dinamika populasi.

Pada perkembangannya, di sekitar tahun 1960-an, kajian terkait ekologi menjadi sangat populer terlebih ketika isu-isu mengenai lingkungan hidup mulai mendapatkan perhatian publik, dimana gerakan-gerakan terkait kesadaran lingkungan mulai muncul. Hal ini mengakibatkan permasalahan-permasalahan lingkungan seperti pencemaran lingkungan, konversi alam, perlindungan spesies dan pemeliharaan lingkungan mulai menjadi fokus penting ilmu ekologi. Sejak tahun 1970-an, ekologi mulai dianggap sebagai ilmu yang terpisah dari ilmu biologi karena

kompleksitasnya yang tinggi. Kajian ekologi selain berhubungan erat dengan proses-proses fisis dan biologis, juga berkaitan erat dengan ilmu-ilmu alam dan ilmu-ilmu sosial lainnya. Perkembangan ilmu ekologi juga berbanding lurus dengan perkembangan ilmu dan teknologi (Maknun, 2017), dimana sebagai contoh penggunaan model-model matematika dalam menggambarkan permasalahan lingkungan saat ini telah lumrah digunakan. Di masa kini, ilmu ekologi terus berkembang dengan fokus perhatian khusus pada isu-isu seperti perubahan iklim, konservasi dan pemahaman lebih mendalam terkait interaksi ekosistem secara global.

### **1.3 Pengertian Ekologi**

Ekologi menurut Odum (1971), merupakan ilmu pengetahuan yang mempelajari interaksi antara makhluk hidup (baik manusia, hewan, tumbuhan dan mikroorganisme) dengan lingkungannya, baik lingkungan biotik maupun lingkungan abiotik. Ekologi juga mencakup interaksi antar organisme (baik individu maupun populasi) dalam suatu ekosistem, bagaimana organisme beradaptasi dengan lingkungannya, bagaimana organisme memperoleh sumber daya serta dampak aktivitasnya terhadap lingkungan fisik tempat mereka hidup. Ilmu ekologi berusaha untuk memahami bagaimana faktor-faktor fisik, kimia, biologi dan sosial mempengaruhi ekosistem dan bagaimana ekosistem ini dapat berubah dari waktu ke waktu. Di samping itu, ekologi didefinisikan pula sebagai studi yang mempelajari tentang ekonomi alam semesta yang pada kajiannya tersebut dititikberatkan pada hubungan interaksi antara organisme dengan lingkungannya tinggal baik itu lingkungan yang bersifat organik maupun lingkungan yang bersifat anorganik (Kormondy, 1969). Definisi lain terkait ekologi juga dikemukakan oleh Krebs (1985), dimana ia menjelaskan konsep ekologi sangat sederhana, modern dan juga komprehensif bahwa ekologi merupakan suatu pengkajian secara ilmiah mengenai hubungan intraksi suatu organisme dengan lingkungannya sehingga dapat mempengaruhi kelimpahan dan penyebaran suatu organisme pada lokasi tertentu.

Ekologi memainkan peranan penting dalam memahami bagaimana ekosistem berfungsi, menjaga keseimbangan ekosistem

dan mengelola sumber daya alam. Selain itu, ekologi juga turut mempertimbangkan isu-isu lingkungan seperti perubahan iklim, keanekaragaman hayati dan konservasi sumber daya alam. Ilmu ekologi sendiri memiliki beberapa tingkatan atau bidang kajian, mulai dari tingkat mikro hingga tingkat makro yang meliputi: ekologi organisme (mempelajari perilaku dan adaptasi organisme individu), ekologi populasi (mempelajari populasi organisme yang serupa), ekologi komunitas (mempelajari interaksi antar berbagai spesies dalam suatu komunitas), dan ekologi ekosistem (mempelajari seluruh ekosistem, termasuk interaksi antara organisme dengan lingkungan fisiknya). Sandika (2021) berpendapat bahwa ekologi bukan melulu berhubungan dengan organisme saja melainkan berhubungan erat juga dengan arus energi serta daur materi alam (daratan, perairan dan udara). Dengan demikian ekologi juga dapat didefinisikan sebagai kajian terkait struktur dan fungsi dari alam semesta.

Secara umum, Irwan (1992) mengelompokkan kajian ekologi menjadi dua, yaitu:

1. **Autekologi**, yaitu kajian interaksi timbal balik yang bersifat induktif dan eksperimental dari suatu jenis organisme dengan lingkungan tempat tinggalnya. Autekologi juga mengkaji terkait individu organisme maupun individu spesies yang dititikberatkan pada daur hidup dan bentuk adaptasinya terhadap lingkungannya.
2. **Sinekologi**, yaitu kajian dari kesatuan kelompok-kelompok organisme yang bersifat deskriptif, deduktif dan filosofis. Kajian sinekologi menitikberatkan kajiannya pada kumpulan organisme-organisme dan golongan yang saling berinteraksi dan berasosiasi secara bersama-sama dalam suatu kesatuan.

## 1.4 Komponen-Komponen Ekologi

Ekologi dalam kaitannya sebagai ilmu pengetahuan tidak terlepas dari ekosistem yang terdiri dari berbagai komponen penyusunnya, diantaranya ialah lingkungan biotik maupun lingkungan abiotik. Konsep ekologi juga terkait dengan tingkatan-tingkatan organisme hidup. Di samping itu, konsep ekologi juga

melibatkan pemahaman terkait bagaimana interaksi antara organisme hidup dengan faktor-faktor lingkungannya, serta bagaimana interaksi tersebut mempengaruhi ekosistem dan populasi organisme di suatu wilayah (Begon, dkk. 1986). Beberapa komponen dalam ekologi meliputi:

### **1. Organisme**

Organisme merupakan unit dasar dalam sistem ekologi. Organisme dapat berupa individu tunggal dan kelompok organisme yang memiliki interaksi dengan lingkungan sekitarnya. Organisme ini mencakup semua makhluk hidup yang terdapat di dalam ekosistem seperti manusia, hewan, tumbuhan, bakteri dan fungi. Interaksi antar organisme yang dimaksud disini yaitu hubungan timbal balik antara organisme yang dalam daur hidupnya dipengaruhi oleh kondisi lingkungannya, demikian halnya dengan kondisi lingkungan yang untuk mencapai keseimbangannya di alam juga dipengaruhi oleh organisme yang terdapat didalamnya (Sandika, 2021) organisme Menurut Odum (1971).

### **2. Populasi**

Populasi merupakan sekelompok organisme atau individu yang berasal dari satu spesies yang mendiami suatu area atau ekosistem tertentu pada waktu yang bersamaan. Populasi dapat berupa manusia, tumbuhan, hewan ataupun benda yang memiliki karakteristik tertentu. Beberapa faktor yang turut mempengaruhi jumlah populasi manusia di suatu wilayah antara lain adalah laju kelahiran, kematian, migrasi dan imigrasi. Studi tentang populasi mencakup pertumbuhan, distribusi dan dinamika populasi.

### **3. Komunitas**

Komunitas merupakan kumpulan populasi dari berbagai spesies yang hidup dan mendiami suatu wilayah yang sama serta pada waktu yang sama pula dimana di dalamnya terjadi hubungan interaksi di antara kumpulan populasi tersebut. Atau dengan kata lain, komunitas ialah kumpulan dari seluruh populasi yang mendiami suatu habitat yang

sama dan dalam waktu yang sama dimana kumpulan populasi-populasi tersebut saling berinteraksi antara populasi yang satu dengan populasi yang lainnya. Sejalan dengan hal tersebut, ekologi komunitas mempelajari hubungan interaksi antar spesies dalam suatu komunitas. Interaksi ini meliputi distribusi, struktur, demografi, kelimpahan dan hubungan antara populasi yang hidup berdampingan dalam suatu habitat. Komunitas merupakan salah satu tingkat organisasi ekologi yang penting setelah individu dan populasi, sebelum ekosistem dan biosfer.

#### **4. Ekosistem**

Ekosistem merupakan sistem ekologi yang meliputi komunitas organisme hidup (biotik) dan faktor-faktor lingkungan non-hidup(abiotik) di suatu wilayah tertentu. Ekosistem ini terbentuk dari interaksi yang tidak dapat dipisahkan antara makhluk hidup dengan lingkungannya. Ekosistem mencakup studi terkait sirkulasi energi dan materi dalam ekosistem tersebut. Terdapat beberapa ciri umum yang dimiliki oleh suatu ekosistem, antara lain:

- a. Keseimbangan ekologis, dimana keseimbangan ini sangat dipengaruhi oleh interaksi yang kompleks antara organisme hidup dengan faktor lingkungannya.
- b. Kapasitas untuk mengatur diri sendiri, hal ini dapat tercapai secara alami melalui keseimbangan di dalam lingkungan. Dengan demikian populasi organisme tertentu dapat bertahan hidup dalam jumlah yang seimbang dengan sumber daya yang tersedia.

Ekosistem juga dapat dibedakan berdasarkan proses terbentuknya, antara lain ekosistem alami dan ekosistem buatan. Dimana ekosistem alami ini secara alamiah terbentuk tanpa campur tangan manusia didalamnya. Ekosistem alami ini juga dapat dibedakan menjadi ekosistem darat dan ekosistem perairan. Sedangkan ekosistem buatan merupakan ciptaan manusia dengan tujuan untuk memenuhi kebutuhannya, seperti bendungan, hutan tanaman produksi, agroekosistem

serta ekosistem permukiman yang meliputi perkotaan dan pedesaan.

## **5. Lingkungan**

Lingkungan adalah semua faktor non-hidup yang mempengaruhi organisme hidup yang berada dalam suatu ekosistem, seperti iklim, tanah, air dan cahaya matahari. Tanpa adanya lingkungan, maka tidaklah mungkin terjadi interaksi yang baik antara ekosistem-ekosistem yang terdapat didalamnya. Hal ini dapat terjadi akibat pengaruh banyaknya unsur-unsur yang turut membentuk lingkungan itu sendiri, sehingga lingkungan menjadi tempat yang sangat kompleks. Lingkungan memiliki fungsi yang beragam, antara lain sebagai tempat tinggal bagi makhluk hidup, lingkungan juga menjadi tempat untuk makhluk hidup melakukan aktivitas dan berinteraksi antar spesies serta sebagai tempat mencari makanan bagi makhluk hidup.

## **6. Interaksi Antar Spesies**

Interaksi ini mencakup berbagai jenis interaksi antara organisme, seperti persaingan, simbiosis (hubungan mutualisme, parasitisme, dan komensalisme), predasi dan herbivori. Jenis interaksi antar spesies ini dapat bersifat positif, negatif, atau netral, serta dapat mempengaruhi kelangsungan hidup dan pertumbuhan populasi di suatu wilayah.

Beberapa tipe interaksi antar spesies yang umum meliputi kompetisi, predasi, mutualisme, parasitisme, komensalisme, amensalisme dan protokejasama. Kompetisi merupakan interaksi dari beberapa spesies (dua spesies atau lebih) untuk memperoleh dan mempergunakan sumber daya alam yang ada namun dalam kondisi dan jumlah yang kurang di suatu wilayah tertentu. Interaksi ini dapat merugikan spesies-spesies yang bersaing tersebut. Predasi adalah hubungan antara individu dari spesies yang satu memangsa individu dari spesies yang lain. Mutualisme adalah interaksi yang saling menguntungkan antara dua spesies yang

terlibat. Sedangkan parasitisme yaitu interaksi yang hanya menguntungkan bagi salah satu spesies (parasit) saja, di lain pihak spesies yang lainnya (inang) akan lebih dirugikan. Selain itu, terdapat pula interaksi netralisme yang mana adanya asosiasi tidak mempengaruhi proses interaksi di antara dari dua spesies atau lebih yang berada pada suatu ekosistem. Dengan adanya interaksi antar spesies ini dapat mempengaruhi struktur dan dinamika populasi serta komunitas dalam suatu ekosistem. Interaksi antar spesies ini juga memainkan peranan penting dalam menjaga keseimbangan ekologis di suatu wilayah.

## **7. Keanekaragaman Hayati**

Keanekaragaman hayati mengacu pada variasi spesies yang terdapat di dalam suatu daerah tertentu, termasuk di dalamnya keanekaragaman genetik, spesies dan ekosistem. Pada dasarnya, keanekaragaman hayati menggambarkan suatu keadaan yang beragam terhadap berbagai spesies makhluk hidup yang diakibatkan oleh adanya perbedaan dalam hal ukuran, bentuk, warna, tekstur, penampilan, jumlah maupun sifat-sifatnya pada suatu wilayah tertentu. Studi terkait keanekaragaman hayati ini sangat penting untuk memahami bagaimana mencapai stabilitas ekosistem dan keseimbangan lingkungan. Hal ini menjadi penting karena keanekaragaman hayati menjadi patokan atau ukuran dalam menentukan kondisi kesehatan suatu ekosistem dan lingkungan hidup di bumi.

## **8. Siklus Biogeokimia**

Biogeokimia ialah suatu gabungan proses biologi, geologi dan kimia. Siklus biogeokimia ini sangat berkaitan erat dengan materi, dimana tubuh makhluk hidup seperti manusia, hewan, tumbuhan serta organisme lainnya tersusun oleh materi yang meliputi unsur-unsur seperti hidrogen, nitrogen, oksigen, karbon dan fosfor. Secara alamiah di alam dapat ditemukan terjadinya proses makan-memakan dari susunan rantai makanan, dimana materi

mengalir melalui mata rantai makanan yang satu ke mata rantai yang lain. Yang mana apabila salah satu organisme dalam rantai makanan tersebut mati, maka tidak berarti bahwa aliran materi tersebut akan terhenti, melainkan organisme yang mati tersebut dapat menjadi makanan dari organisme yang lain. Siklus materi ini akan mengalir terus-menerus dan tak ada habis-habisnya dari tubuh organisme yang satu ke tubuh organisme yang lain. Siklus materi inilah yang disebut dengan siklus biogeokimia, atau dengan kata lain siklus biogeokimia adalah perjalanan unsur-unsur kimia (seperti karbon, hidrogen, nitrogen, oksigen dan fosfor) yang terdapat di dalam organisme hidup dan lingkungan mereka dalam suatu ekosistem. Siklus ini penting untuk pemahaman terkait bagaimana nutrisi mengalir melalui ekosistem.

## **9. Suksesi Ekologis**

Suksesi ekologis ialah perubahan bertahap dalam komposisi spesies pada suatu daerah seiring waktu. Suksesi ekologis terjadi ketika ekosistem mengalami perubahan akibat gangguan atau perubahan kondisi lingkungan. Akhir dari suksesi ekologis adalah terbentuknya suatu bentuk ekosistem yang stabil dan seimbang serta dapat beradaptasi dengan perubahan-perubahan kondisi lingkungan yang terjadi. Suksesi ekologis terbagi menjadi dua, yaitu:

- a. Suksesi Primer, yaitu kemunculan suatu komunitas yang baru pada suatu wilayah tertentu, dimana sebelumnya pada lokasi tersebut tidak terdapat komunitas apapun akibat terjadinya perubahan kondisi lingkungan.
- b. Suksesi Sekunder, yaitu kondisi dimana terjadi proses pembentukan kembali suatu ekosistem baru pada suatu wilayah dimana ekosistem baru tersebut akan muncul layaknya kondisi awal sebelum terjadi kerusakan lingkungan pada wilayah tersebut.

## **10. Konservasi dan Pengelolaan Sumber Daya Alam**

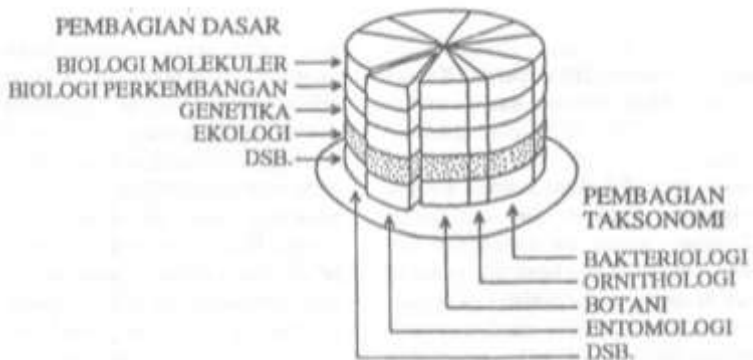
Konsep ekologi juga terkait dengan upaya konservasi alam dan pengelolaan sumber daya alam. Hal ini bertujuan untuk mempertahankan keanekaragaman hayati dan menjaga kondisi lingkungan agar tetap selaras dan seimbang. Konsep dasar ekologi ini sangat membantu dalam memahami bagaimana makhluk hidup dapat berinteraksi dan beradaptasi dengan lingkungannya, bagaimana suatu komunitas organisme berkembang serta bagaimana menjaga keseimbangan ekosistem sehingga dapat mendukung kehidupan di bumi. Dengan demikian, melalui pemahaman yang menyeluruh tentang konsep ekologi maka akan membantu dalam melakukan identifikasi dampak perubahan lingkungan terhadap kondisi ekosistem, sehingga dapat diambil langkah-langkah yang tepat terkait penerapan praktik konservasi dan pengelolaan sumber daya alam guna menjaga keseimbangan alam dan keanekaragaman hayati.

### **1.5 Sistem Ekologi**

Dalam kaitannya dengan ilmu lingkungan, ekologi merupakan ilmu dasar yang dijadikan acuan dalam mempelajari dan memberikan pemahaman yang komprehensif terkait interaksi makhluk hidup dengan lingkungannya. Terdapat beberapa komponen yang terlibat dalam interaksi ini antara lain komponen biotik, komponen abiotik dan komponen budaya. Ketiga komponen ini saling berinteraksi satu sama lain yang pada akhirnya membentuk suatu kesatuan. Kesatuan yang terbentuk dari interaksi yang kompleks antara komponen penyusun ekosistem inilah yang selanjutnya disebut dengan sistem ekologi (Resosudarmo, 1992). Sistem ekologi juga dapat dimaknai sebagai suatu kerangka kerja yang digunakan untuk memahami dan menganalisis keterkaitan antara komponen-komponen penyusun ekosistem, bagaimana komponen-komponen tersebut saling mempengaruhi antara satu dengan lainnya serta dampak terhadap perubahan lingkungan yang ditimbulkan akibat interaksi antara komponen-komponen penyusun ekosistem tersebut.

Sistem ekologi dapat dikategorikan dalam beberapa tingkatan berdasarkan kompleksitasnya, antara lain ekologi molekuler, ekologi populasi, ekologi komunitas, ekologi ekosistem, ekologi sistem dan ekologi perilaku. Selain itu, terdapat pula pengklasifikasian sistem ekologi berdasarkan lingkungannya (seperti ekologi hutan, ekologi gurun, ekologi pesisir dan lain-lain) serta beberapa bidang ilmu lain yang menggunakan konsep ekologi dalam praktiknya (seperti ekologi industri, ekologi sosial, ekologi media dan lain sebagainya). Dalam konteks ilmu ekonomi, sistem ekologi juga berperan dimana sebagai contoh ekosistem hutan berperan sebagai habitat atau tempat tinggal penduduk asli di Indonesia, serta menjadi sumber mata pencaharian bagi penduduk asli tersebut.

Sandika (2021) menjelaskan sistem ekologi ini secara sederhana dengan memberikan analogi “kue lapis”, yang mana kue lapis tersebut dalam penyajiannya dapat dipotong dengan dua cara yang berbeda. Cara yang pertama, kue lapis tersebut dipotong secara horizontal atau mendatar atau yang disebut dengan pembagian dasar yang di dalamnya terdapat ilmu-ilmu dasar seperti biologi molekuler, biologi perkembangan, genetika, ekologi dan lain sebagainya. Cara yang kedua yaitu kue lapis tersebut dipotong secara vertikal atau tegak, cara pemotongan ini disebut pembagian taksonomi yang di dalamnya terdiri dari ilmu-ilmu seperti bakteriologi, mikrobiologi, botani, zoologi dan lain-lain.



**Gambar 1.1.** Analogi Kedudukan Ekologi Dengan Ilmu Lainnya  
(Sumber : Sandika, 2021)

Dengan adanya pemahaman yang mendalam mengenai sistem ekologi, maka dapat dikembangkan strategi-strategi terkait konservasi lingkungan dan pengelolaan sumber daya alam, yang pada akhirnya dapat digunakan sebagai upaya menjaga keseimbangan lingkungan, meminimasi dampak negatif terhadap lingkungan yang timbul akibat aktivitas pemenuhan kebutuhan manusia, serta terwujudnya upaya pengelolaan sumber daya alam dan lingkungan yang berkelanjutan.

## DAFTAR PUSTAKA

- Begon, M., dkk. 1986. *Ecology. Individuals, Populations and Communities*. Oxford: Blackwell Sci. Pub.
- Egerton, F. N., dkk. 2019. *History of Ecology. Encyclopedia of Ecology*. 2nd. ed. Vol. 3. page 398-428. Elsevier.
- Friederichs, K. 1958. *A Definition of Ecology and Some Thoughts About Basic Concepts*. Ecology. Vol. 39. No. 1. page 154-159. Wiley.
- Hunaepi, dan Firdaus, L. 2017. *Ekologi Berbasis Kearifan Lokal*. Lombok: Duta Pustaka Ilmu.
- Irwan, Z. D. 1992. *Prinsip-Prinsip Ekologi. Ekosistem, Lingkungan dan Pelestariannya*. Jakarta: PT. Bumi Aksara
- Kormondy, E. J. 1969. *Concepts of Ecology*. New Jersey: Prentice-Hall Inc.
- Kristianto, P. 2002. *Ekologi Industri*. Yogyakarta: Penerbit Andi.
- Maknun, D. 2017. *Ekologi: Populasi, Komunitas, Ekosistem, Mewujudkan Kampus Hijau, Asri, Islami dan Ilmiah*. Cirebon: Nurjati Press.
- Odum, E. P. 1971. *Fundamentals of Ecology*. 3rd. ed. Philadelphia: W.B. Saunders Co.
- Resosudarmo, R. S. dkk. 1992. *Pengantar Ekologi*. Bandung: Penerbit Remaja Rosdakarya.
- Sandika, B. 2021. *Buku Ajar Ekologi (Integrasi Islam Sains)*. Grobogan: Yayasan Citra Dharma Cindekia.
- Smith, R. L. 1974. *Ecology and Field Biology*. 2nd. ed. New York: Harper & Row, Pub.



# **BAB 2**

## **KOMPONEN DALAM SISTEM EKOLOGI (EKOSISTEM)**

*Oleh Bambang Suhartawan*

### **2.1 Pendahuluan**

Ekologi adalah cabang ilmu biologi yang mempelajari interaksi antar organisme dan lingkungan sekitarnya. Istilah ekologi pertama kali dikemukakan oleh Ernst Haeckel seorang ahli biologi berkebangsaan Jerman pada tahun 1869. Ekologi berasal dari kata "*oikos*" yang artinya rumah atau habitat dan "*logos*" yang artinya ilmu pengetahuan. Jadi ekologi adalah cabang biologi yang mempelajari tentang rumah atau habitat. Semula ekologi diartikan sebagai ilmu yang mempelajari tentang organisme di tempat tinggalnya. Namun dengan adanya perkembangan ilmu pengetahuan saat ini ekologi didefinisikan sebagai ilmu yang mempelajari hubungan timbal balik antara organisme dengan organisme lainnya atau hubungan timbal balik antar kelompok organisme dengan lingkungannya. Hingga saat ini berdasarkan pendapat para ahli bahwa ekologi lebih dikenal sebagai ilmu pengetahuan yang mempelajari tentang struktur dan fungsi dari komponen-komponen ekosistem alami.

Kita pahami bersama bahwa semua makhluk hidup selalu berinteraksi dengan makhluk hidup lain atau lingkungannya, sebab tidak mungkin kita hidup sendiri tanpa ada makhluk hidup lain atau lingkungan. Hubungan ini membentuk suatu kesatuan kehidupan yang disebut sistem ekologi atau ekosistem.

Sistem ekologi atau juga disebut ekosistem adalah suatu sistem yang terdiri dari organisme hidup (*biotik*) dan lingkungan fisik (*abiotik*) yang selalu berinteraksi dalam suatu area atau kawasan tertentu. Ekosistem melibatkan hubungan secara kompleks antara organisme hidup dan dengan lingkungan fisik yang ada di sekitarnya seperti iklim, tanah, air, dan udara.

Demikian juga lingkungan yang berada disekitar kita dapat berupa makhluk hidup (*biotik*) dan dapat berupa benda tidak hidup (*abiotik*). Oleh karena itu agar kita bertahan dan nyaman hidup perlu menjaga keseimbangan ekosistem di mana kita berada. Kita hidup bergantung pada sumber daya alam, misalnya makanan, air bersih, udara bersih dan material alam lainnya yang kesemuanya itu berada di alam. Terjadinya gangguan atau kerusakan pada ekosistem akan berdampak tidak seimbangnnya ekosistem dan merugikan kita dan organisme yang ada di dalamnya. Oleh karena itu upaya konservasi alam dan mengelola secara berkelanjutan sangat diperlukan demi terjaganya ekosistem secara berkelanjutan pula.

Berbagai faktor-faktor fisik lainnya seperti suhu, curah hujan, sinar matahari juga dapat mempengaruhi kehidupan dan ekosistem. Setiap organisme dapat hidup memerlukan energi dari alam untuk mendapatkan sumber daya dan energi dan menciptakan habitat yang sesuai untuk melestarikan hidupnya.

Interaksi di antara komponen ekosistem terjadi secara kompleks. Contohnya tumbuhan dapat tumbuh memerlukan sinar matahari dan perlu nutrisi dari tanah untuk tumbuh. Hewan herbivora dapat hidup dan memperoleh energi oleh karena tersedianya makanan berupa tumbuh-tumbuhan. Hewan karnivora memangsa hewan herbivora dan hewan lain dalam rantai makanan. Ketika semua organisme mati, dekomposer akan mengurainya menjadi nutrisi dan mengembalikannya ke lingkungan.

## **2.2 Satuan Makhluk Hidup dalam Ekosistem**

Semua makhluk hidup yang berada dalam sebuah ekosistem, berada dalam satuan individu, populasi dan komunitas :

### **2.2.1 Individu**

Satuan makhluk hidup kategori individu adalah makhluk hidup tunggal yang menempati ekosistem. Contoh individu adalah kambing, ayam, tikus, pohon matoa, pohon singkong, ikan dan bunga matahari.

### **2.2.2 Populasi**

Populasi adalah sekumpulan individu makhluk hidup yang menempati daerah tertentu. Contoh populasi adalah di sebuah kolam terdapat jenis-jenis ikan, Teratai, dan lain-lain. Di dalam hutan terdapat singa, buaya, kupu-kupu, burung, dan lain-lain.

### **2.2.3 Komunitas**

Sekumpulan populasi yang hidup dalam Kawasan tertentu disebut komunitas. Contoh komunitas adalah Kumpulan populasi ikan, populasi udang, populasi ganggang dan populasi hewan di sekitarnya membentuk komunitas terumbu karang.

## **2.3 Macam-macam Ekosistem**

Menurut proses terbentuknya terdapat dua macam ekosistem, yaitu ekosistem alami dan ekosistem buatan.

### **2.3.1 Ekosistem Alami**

Ekosistem alami adalah sebuah ekosistem yang ada di alam dan terbentuk secara alami tanpa campur tangan manusia. Secara umum ekosistem alami dapat dibedakan menjadi dua ekosistem.

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

Ekosistem darat adalah ekosistem dengan lingkungan fisiknya berupa daratan. Komponen penyusun ekosistem darat dipengaruhi oleh beberapa faktor antara lain : iklim, kondisi tanah, curah hujan, kelembaban dan intensitas cahaya matahari.

Kumpulan beberapa ekosistem darat membentuk bioma atau ekosistem besar yang memiliki iklim, hewan dan tumbuhan yang khas. Dalam bioma terdapat produsen, konsumen dan dekomposer yang disertai aliran materi dan energi yang diawali dari tumbuhan hijau.

Jenis-jenis ekosistem darat meliputi :

##### **a. Ekosistem Padang Rumput**

Ciri-ciri ekosistem padang rumput adalah merupakan lahan yang sangat luas, dengan iklim tropis dan sub tropis, tumbuhan yang hidup didominasi rumput, memiliki jenis tanaman khas dan menjadi habitat berbagai jenis hewan.



**Gambar 2.1.** Ekosistem Padang Rumput  
Sumber : <https://kumparan.com/berita-hari-ini/ekosistem-padang-rumput>

b. Ekosistem Hutan Hujan Tropis

Ekosistem Hutan Hujan Tropis banyak terdapat di Asia Tenggara termasuk Indonesia yang memiliki iklim tropis. Hutan hujan tropis juga banyak terdapat di Amerika Selatan yang dikenal dengan Hutan hujan tropis Amazon.



**Gambar 2.2.** Ekosistem Hutan Hujan Tropis  
Sumber : <https://manfaat.co.id/manfaat-hutan-hujan-tropis>

c. Ekosistem Gurun

Ekosistem Gurun atau padang pasir adalah hamparan pasir yang sangat dengan curah hujan sangat kecil ( $<250$  mm/tahun) dan memiliki daya dukung kehidupan sangat kecil.



**Gambar 2.3.** Ekosistem Gurun

Sumber :

<https://www.liputan6.com/hot/read/4947864/6-arti-mimpi-berada-di-gurun-pasir>

d. Ekosistem Taiga

Ekosistem Taiga adalah merupakan hutan yang terdiri dari jenis-jenis hutan dengan tumbuhan yang sangat spesifik atau tertentu, seperti hutan pinus, conifer, atau tumbuhan lainnya.



**Gambar 2.4.** Ekosistem Taiga

Sumber : <https://www.kompas.com/skola/read/2022/07/19/153000469/ciri-ciri-bioma-taiga>

e. Ekosistem Tundra

Ekosistem Tundra berada di kutub dengan ciri-ciri suhu rendah yang sangat ekstrim, dengan musim dingin lebih panjang dari musim panas, sedikit tumbuhan yang bisa hidup.



**Gambar 2.5.** Ekosistem Tundra

Sumber : <https://www.kompas.com/skola/image/2022/09/16/123000069/bioma-tundra>

2. Ekosisten Perairan

Ekosistem perairan adalah lingkungan yang terdiri dari komponen biotik dan abiotik, namun lebih banyak didominasi oleh air sebagai habitat dan komponennya. Ekosisten ini dihuni oleh beragam kehidupan air ataupun yang hidup di dua alam (*darat dan air*).

Ekosistem perairan dibagi menjadi dua kelompok, yaitu ekosistem air tawar dan ekosistem air laut.

a. Ekosistem air tawar

Ekosistem perairan yang tergolong ekosistem air tawar memiliki karakteristik variasi suhu air rendah, penetrasi cahaya kurang, salinitasnya rendah dan dipengaruhi oleh iklim dan cuaca. Contoh ekosistem air tawar adalah kolam, danau, sungai, rawa air tawar dan rawa gambut.



**Gambar 2.6.** Ekosistem Air Tawar

Sumber : <https://www.renovablesverdes.com/id/ekosistem-air-tawar/>

b. Ekosistem air laut

Karakteristik ekosistem air laut adalah adanya perbedaan suhu yang signifikan air laut bagian permukaan dengan bagian dalam dimana suhu dipermukaan lebih tinggi dari pada suhu di kedalaman tertentu dan memiliki salinitas tinggi. Contoh ekosistem air laut adalah hutan bakau, rawa payau, estuari, pantai berpasir, pantai berbatu dan terumbu karang.



**Gambar 2.7.** Ekosistem Air Laut

Sumber : <https://mamikos.com/info/contoh-ekosistem-air-laut-pljr/>

### 2.3.2 Ekosistem Buatan

Ekosistem buatan adalah sistem ekologi yang dibuat manusia yang memiliki tujuan untuk memenuhi kebutuhan dan menciptakan keberlanjutan lingkungan dan mengurangi kerusakan yang dikarenakan oleh aktivitas manusia. Beberapa contoh ekosistem buatan adalah :

1. Sawah atau Ladang

Sawah adalah ekosistem lahan basah buatan yang memiliki keanekaragaman fauna yang sangat tinggi, mempunyai fungsi yang sangat beragam dan biasanya dibuat sebagai lahan penghasil bahan pangan seperti beras, jagung dan lain sebagainya.

2. Bendungan

Bendungan adalah suatu bangunan berupa waduk untuk menampung air dari beberapa aliran sungai. Beberapa manfaat bendungan diantaranya adalah sebagai pembangkit tenaga listrik, penampung air, sumber irigasi, budidaya perikanan dan transportasi air. Bendungan juga merupakan ekosistem buatan yang memiliki beranekaragam fauna berupa ikan, kepiting katak, serangga air dan lain sebagainya.

3. Sawah Irigasi

Pola tanam sawah irigasi adalah memanfaatkan proses pengairan dari sungai maupun waduk yang dilairkan ke persawahan. Sawah jenis irigasi produktifitasnya tinggi karena tidak tergantung pada curah hujan dan mampu bertahan sepanjang tahun.

4. Hutan tanaman jati dan pinus

Hutan jati dan pinus merupakan ekosistem buatan dengan satu jenis tanaman (monokultur), sehingga disebut hutan jenis homogen (*homos*) yang berarti sama dan (*genos*) yang berarti jenis.

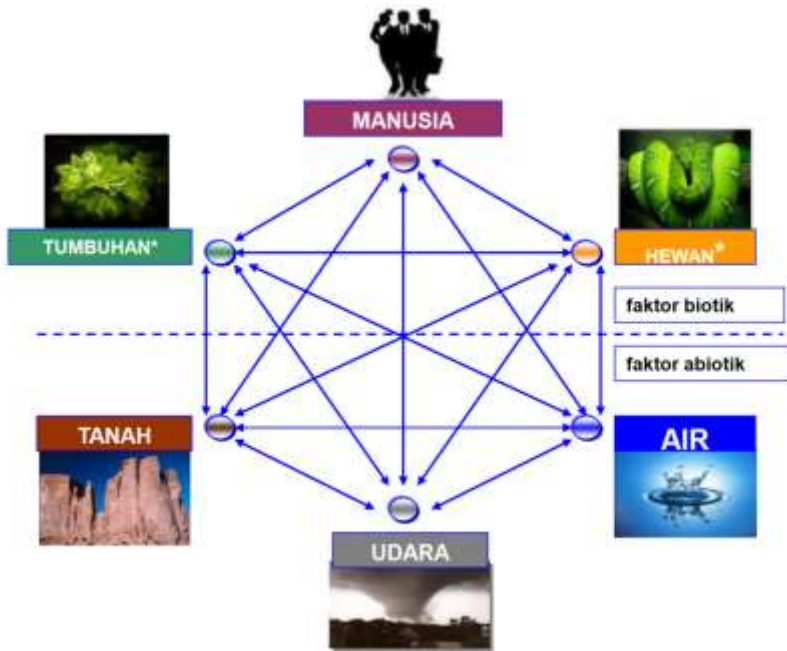
5. Sawah tadah hujan

Sawah tadah hujan merupakan lahan yang tidak dapat dialiri air secara kontinyu karena ketinggian lahan. Pengairan bergantung kepada curah hujan yang terjadi di area sawah tersebut.

6. Perkebunan kelapa sawit  
Perkebunan kelapa sawit diciptakan untuk memenuhi kebutuhan manusia khususnya untuk mendapatkan minyak goreng, lilin, margarin, sabun, bahan kecantikan, biodiesel dan lain sebagainya.
7. Kolam  
Umumnya kolam dibuat oleh manusia untuk berternak ikan atau rekreasi. Dalam kolam terdapat komponen makhluk hidup seperti ikan, cacing, katak dan lain sebagainya. Selain itu juga terdapat komponen non hidup yakni air, batu, tanah dan sinar matahari.
8. Pemukiman  
Pemukiman merupakan contoh ekosistem yang kompleks terdiri dari desa dan kota. Letak geografis dan ketinggian desa dan kota menentukan jenis hewan dan tumbuhan yang dapat hidup dengan baik.
9. Kebun Binatang  
Semua hewan yang ada di kebun binatang dibuat sedemikian rupa agar mampu berkembang dengan baik dalam iklim kondisi yang sesuai alamnya.

## **2.4 Komponen Utama Ekosistem**

Dalam ekosistem terdapat dua komponen utama, yaitu organisme hidup (*biotik*) meliputi organisme hidup meliputi produsen, konsumen, dan dekomposer dan lingkungan fisik (*abiotik*) meliputi sinar matahari, udara, tanah, dan air.



**Gambar 2.8.** Komponen Ekosistem

### 2.4.1 Komponen Biotik

Komponen biotik (organisme hidup) mengandung beberapa sub komponen, yaitu produsen, konsumen dan dekomposer. Sub komponen tersebut lebih rinci diuraikan sebagai berikut :

1. Produsen karena makhluk hidup tersebut dapat menyediakan makanannya sendiri dengan menggunakan bantuan energi matahari melalui proses fotosintesis dan disebut juga *autotrof*. Contoh produsen adalah tumbuh-tumbuhan, alga (*fitoplankton*) dan beberapa bakteri.
2. Konsumen  
Disebut konsumen karena organisme tersebut tidak dapat membuat makanan sendiri. Untuk mendapatkan energi diperoleh dengan cara memakan organisme lain baik hewan maupun tumbuhan. Organisme golongan konsumen dikelompokkan menjadi beberapa kategori, antara lain :
  - a. Herbivora  
Organisme konsumen ini hanya memakan organisme lain berupa tumbuhan. Contohnya hewan pemakan rumput

atau tumbuhan lain seperti sapi, kerbau, kambing, kelinci dan beberapa serangga herbivora.

b. Karnivora

Dinamakan karnivora karena untuk mendapatkan energi diperoleh dengan cara memakan organisme lain berupa hewan. Terdapat dua golongan karnivora, yaitu karnivora tingkat 1 dan karnivora tingkat 2. Disebut karnivora tingkat 1 karena memakan herbivora dan dimakan hewan lain (karnivora tingkat 2). Disebut karnivora tingkat 2 karena memakan herbivora dan karnivora tingkat 1 dan selanjutnya mati diuraikan oleh dekomposer. Contoh hewan karnivora tingkat 1 adalah katak dan ikan-ikan kecil dan lain-lain, sedang contoh hewan karnivora tingkat 2 adalah kucing, harimau, elang dan lain-lain.

c. Omnivora

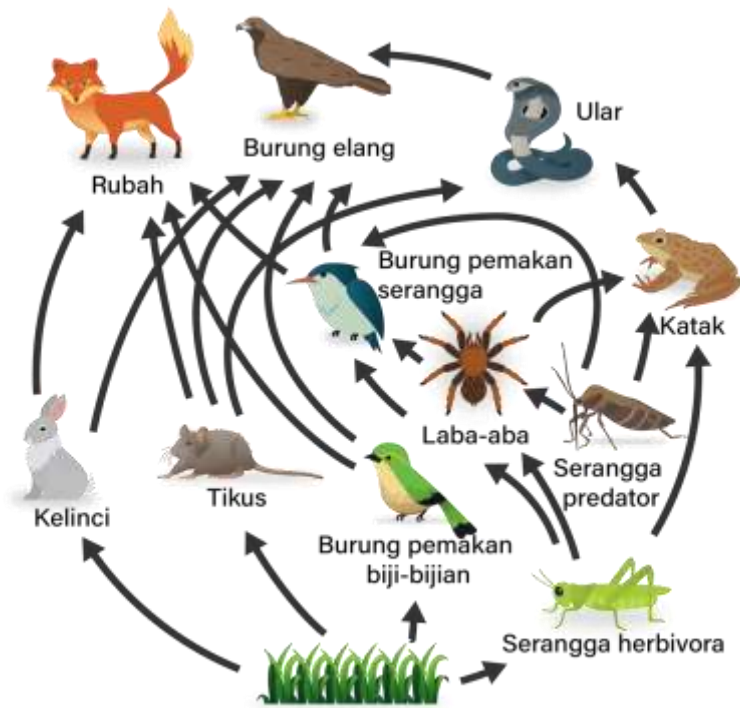
Konsumen golongan omnivora memakan tumbuhan dan hewan. Contoh konsumen omnivora adalah manusia dan beruang.

d. Detritivor

Konsumen golongan ini memakan bangkai dan termasuk organisme heterotrof yang memperoleh energi dengan cara memakan sisa-sisa makhluk hidup, contohnya burung pemakan bangkai dan serangga pemakan bangkai.

3. Dekomposer

Dekomposer adalah komponen ekosistem biotik yang bertindak sebagai pengurai organisme yang mati menjadi komponen kimia sederhana. Contoh komponen dekomposer adalah bakteri, cacing tanah, serangga pengurai dan jamur pengurai. Dekomposer berperan penting dalam melakukan daur ulang materi dan hasilnya dalam bentuk nutrisi yang siap dikembalikan ke lingkungan dan digunakan oleh produsen.



**Gambar 2.9.** Jaring-jaring Makanan

Sumber : <https://roboguru.ruangguru.com/question/perhatikan-jaring-jaring-makanan>

## 2.4.2 Komponen Abiotik

Komponen abiotik adalah komponen ekosistem dimana variabel penyusun ekosistem tidak hidup atau benda-benda mati. Contoh komponen abiotik adalah : iklim, tanah, air, sinar matahari dan elemen fisik lainnya.

### 1. Iklim

Semua organisme yang hidup dalam ekosistem dipengaruhi oleh keberadaan iklim yang meliputi pola angin, suhu, curah hujan dan kelembaban.

### 2. Tanah

Kemampuan tumbuhan untuk tumbuh sangat dipengaruhi oleh karakteristik tanah dimana ekosistem itu berada, seperti

sifat tanah, tekstur tanah, keasaman tanah dan kandungan nutrisi tanah.

3. Air

Keberadaan air dan kualitas air mempengaruhi keberadaan dan pola hidup organisme dalam ekosistem. Contoh habitat air adalah sungai, danau dan lautan.

4. Sinar Matahari

Intensitas cahaya matahari sangat mempengaruhi kehidupan dan perkembangan organisme tumbuhan (produsen) dalam ekosistem. Oleh tumbuhan cahaya matahari dimanfaatkan untuk melakukan fotosintesis.

5. Faktor Geografis

Faktor-faktor geografis seperti topografi, bentuk lahan, kemiringan, pola aliran air, suhu dan kondisi habitat dapat mempengaruhi ekosistem.

6. Faktor Ketinggian

Pola hidup organisme juga dipengaruhi ketinggian suatu tempat karena perbedaan ketinggian tempat mempengaruhi suhu, tekanan dan komposisi udara.



**Gambar 2.10.** Komponen Abiotik

Sumber : <https://www.geologinesia.com/2019/04/contoh-komponen-abiotik.html>

## DAFTAR PUSTAKA

- Ahmad SLT, et al., 2020. *Ekologi, Direktorat Guru dan Tenaga Kependidikan Madrasah*, Kementerian Agama RI, Jakarta.
- Begon, M., J.L. Harper & C.R. Townsend. 1986. *Ecology. Individuals*,
- Dyne VMG, Purnaweni H. 2022. *Ekologi Manusia*, Fastindo, Semarang.
- Ecosystems. 1966. *Systems Ecologi, and Systems Ecologist*, Oak Ridge National Laboratory, University of Tennessee, Tennessee.
- Hamilton, L.S. and P.N. King. 1992. *Daerah aliran sungai hutan tropika*.
- Hutasuhud AM. 2020. *Ekologi Tumbuhan*, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Sumatra Utara, Medan.
- Kormondy, E.J. 1969. *Concepts of Ecology*. Prentice-Hall Inc., Penerjemah: Krisnawati Suryanata. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.
- Maknun D. 2017. *Ekologi, Populasi, Komunitas, Ekosistem*, Nurjati Press, Cirebon.
- Odum, E.P. 1971. *Fundamentals of Ecology*. 3rd. ed. W.B. Saunders Co. Philadelphia.
- Odum, E.P. 1996. *Dasar-Dasar Ekologi*. Edisi Ketiga. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press
- Resosudarmo, R.S.; K. Kartawinata; A. Soegiarto. 1992. *Pengantar ekologi*. Penerbit Remaja Rosdakarya. Bandung.
- Smith, R.L. 1974. *Ecology and Field Biology*. 2nd. ed. Harper & Row, Pub. New York.
- Soemarwoto, O. 1991. *Ekologi dalam pembangunan berwawasan lingkungan*. Panitia Penghormatan Purnabakti Profesor Otto Sumarwoto. Bandung.
- Sumarto. S & Koneri, R., 2016. *Ekologi Hewan*, CV. Patra Media Grafindo Bandung.
- Utomo. WS, Sutriyono, & Rizal R., (tt), *Pengertian, Ruang Lingkup, Ekologi dan Ekosistem*.

Wirakusumah, S. 2003. *Dasar-Dasar Ekologi: Menopang Pengetahuan Ilmu-Ilmu Lingkungan*. Jakarta: Penerbit Universitas Indonesia



# **BAB 3**

## **KOMPONEN LINGKUNGAN DAN RUANG LINGKUPNYA**

*Oleh Tien Zubaidah*

Komponen lingkungan merujuk pada semua elemen dan faktor yang ada di dalam ekosistem atau lingkungan tertentu yang berinteraksi satu sama lain dan memengaruhi kehidupan di suatu wilayah. Komponen ini mencakup segala sesuatu mulai dari faktor fisik, biologis, sosial, ekonomi, hingga budaya yang membentuk ekosistem suatu daerah atau planet kita.

### **3.1 Komponen Fisik atau Abiotik:**

Komponen fisik atau abiotik mengacu pada unsur-unsur non-hidup atau tidak bernyawa di lingkungan. Istilah "abiotik" berasal dari bahasa Yunani, di mana "a" berarti "tanpa" dan "bios" berarti "hidup," sehingga secara harfiah mengacu pada unsur-unsur tanpa kehidupan. Dalam konteks lingkungan, komponen fisik atau abiotik mencakup unsur-unsur seperti tanah, air, udara, iklim, batuan, cahaya matahari, dan faktor-faktor fisik dan kimia lainnya yang memengaruhi kehidupan dan ekosistem, meskipun sendiri tidak memiliki sifat kehidupan.

1. Tanah: Lapisan permukaan bumi tempat tumbuhnya tanaman dan tempat hidup mikroorganisme. Tanah adalah tempat hidup bagi tumbuhan dan banyak mikroorganisme. Kondisi tanah, seperti tekstur, struktur, dan kesuburan, mempengaruhi pertumbuhan dan kesehatan tanaman (Brady & Weil, 2008). Kualitas tanah memengaruhi pertanian dan produksi pangan. Tanah yang subur mendukung pertumbuhan tanaman yang baik, sementara degradasi tanah dapat mengancam ketahanan pangan (Lal, 2015).

2. Air: Sumber kehidupan yang esensial bagi semua organisme. Meliputi air permukaan, air tanah, dan air laut. Air adalah zat cair yang sangat penting bagi semua bentuk kehidupan. Air terdiri dari molekul-molekul  $H_2O$  yang membentuk air permukaan (seperti sungai, danau, dan laut), air tanah, dan air atmosfer. Kualitas air sangat krusial karena mempengaruhi kesehatan manusia, kehidupan akuatik, dan banyak aspek lingkungan lainnya (Baird & Cann, 2012). Ketersediaan air bersih sangat penting untuk kehidupan manusia. Air digunakan untuk minum, memasak, pertanian, sanitasi, dan banyak keperluan sehari-hari lainnya. Kualitas air yang baik adalah faktor kunci dalam menjaga kesehatan manusia (Gleick, 1996).
3. Udara: Campuran gas yang membentang di atas permukaan bumi, penting bagi pernapasan makhluk hidup. Komposisi udara meliputi oksigen, nitrogen, karbon dioksida, dan gas-gas lainnya. Kualitas udara mempengaruhi kesehatan manusia dan organisme lainnya. Pencemaran udara seperti asap industri dan gas buang kendaraan adalah isu penting dalam lingkungan (Dennis & Tietenberg, 2016). Udara yang bersih dan bebas dari polusi udara adalah esensial untuk pernapasan manusia. Pencemaran udara dapat menyebabkan berbagai masalah kesehatan, seperti gangguan pernapasan dan penyakit jantung (Pope & Dockery, 2006).
4. Iklim: Iklim atau kondisi cuaca adalah pola cuaca rata-rata di suatu wilayah selama periode waktu yang lama. Iklim meliputi suhu, kelembaban, angin, tekanan udara, dan pola hujan. Perubahan iklim global saat ini adalah salah satu tantangan lingkungan terbesar yang dihadapi manusia (Wallace & Hobbs, 2006). Iklim dan cuaca memengaruhi aktivitas sehari-hari manusia. Misalnya, suhu ekstrem dapat membahayakan kesehatan dan produktivitas manusia. Perubahan iklim global juga dapat berdampak pada pola cuaca ekstrem dan perubahan lingkungan yang signifikan (IPCC, 2014).

5. Sumber daya alam: Sumber daya alam adalah bahan atau energi yang diperoleh dari lingkungan alam untuk memenuhi berbagai kebutuhan manusia. Sumber daya alam ini sangat penting bagi kehidupan manusia, termasuk kebutuhan dasar seperti makanan, air, bahan bakar, dan bahan bangunan (Dasgupta, 2007). Komponen abiotik, khususnya sumber daya alam seperti mineral, hutan, dan energi fosil, memengaruhi kehidupan manusia.

**Sumber Daya Alam:** Sumber daya alam adalah bahan atau energi yang diperoleh dari lingkungan alam untuk memenuhi berbagai kebutuhan manusia. Sumber daya alam ini sangat penting bagi kehidupan manusia, termasuk kebutuhan dasar seperti makanan, air, bahan bakar, dan bahan bangunan.

**Mineral:** Mineral adalah sumber daya alam yang digunakan dalam berbagai industri, termasuk pertambangan, konstruksi, dan manufaktur. Mineral seperti besi, tembaga, timah, dan batu bara digunakan untuk membuat berbagai produk, dari mobil hingga peralatan rumah tangga. Eksploitasi mineral ini memengaruhi ekonomi negara-negara yang memiliki cadangan besar dan menjadi aspek penting dalam perdagangan global.

**Hutan:** Hutan adalah sumber daya alam yang memiliki peran penting dalam menjaga ekosistem dan menyediakan berbagai manfaat bagi manusia. Hutan berfungsi sebagai habitat bagi flora dan fauna, menjaga keanekaragaman hayati, dan berperan dalam siklus air. Selain itu, hutan juga memberikan kayu, non-kayu, dan produk-produk hutan lainnya yang digunakan dalam konstruksi, furnitur, dan industri lainnya.

**Energi Fosil:** Energi fosil, seperti minyak, gas alam, dan batu bara, telah menjadi sumber energi utama untuk kegiatan manusia selama berabad-abad. Mereka digunakan untuk menghasilkan listrik, memanaskan rumah, menggerakkan kendaraan, dan banyak lagi. Namun, penggunaan berlebihan energi fosil menyebabkan emisi gas rumah kaca dan

perubahan iklim global yang membawa dampak serius pada lingkungan dan kehidupan manusia.

### **3.2 Komponen Biologis atau Biotik:**

Komponen biotik merupakan aspek penting dalam ekosistem karena mempengaruhi keberlangsungan dan dinamika ekosistem secara keseluruhan. Komponen biologis atau biotik adalah unsur-unsur hidup dalam ekosistem yang meliputi semua organisme atau makhluk hidup, baik yang dapat terlihat dengan mata telanjang maupun mikroskop. Organisme ini berinteraksi dengan komponen fisik dan biotik lainnya dalam lingkungan. Tumbuhan sebagai produsen mampu mengubah energi matahari menjadi makanan, hewan sebagai konsumen, dan mikroorganisme terlibat dalam proses dekomposisi. Komponen ini memainkan peran krusial dalam membentuk dan mempertahankan ekosistem serta berinteraksi satu sama lain dalam rantai makanan dan jaring-jaring ekologi.

1. **Flora:** Tumbuhan dan vegetasi yang hidup di suatu wilayah. Flora mencakup semua tumbuhan yang hidup di suatu daerah atau ekosistem. Ini termasuk pohon, semak, rumput, lumut, dan ganggang. Tumbuhan adalah produsen utama dalam rantai makanan dan juga berperan penting dalam siklus biogeokimia seperti siklus karbon dan nitrogen (Raven & Eichhorn, 2016)
2. **Fauna:** Hewan dan makhluk hidup lainnya di lingkungan, baik darat, air, atau udara. Fauna mencakup semua hewan yang hidup di suatu ekosistem. Ini meliputi mamalia, burung, reptil, amfibi, ikan, serangga, dan hewan laut. Fauna adalah konsumen dalam rantai makanan dan juga berperan dalam penyerbukan dan persebaran benih tumbuhan (Hickman *et al*, 2011).
3. **Mikroorganisme:** Makhluk-makhluk kecil seperti bakteri, virus, dan jamur yang memiliki peran penting dalam lingkungan. Mikroorganisme adalah organisme kecil yang tidak dapat terlihat dengan mata telanjang, termasuk bakteri, virus, jamur, dan protozoa. Meskipun mikroskopis, mikroorganisme memiliki peran penting dalam mengurai

bahan organik, membantu dalam siklus nutrisi, dan mempengaruhi kesehatan manusia dan lingkungan (Madigan *et al*, 2017).

4. Keanekaragaman hayati: Keanekaragaman hayati adalah variasi genetik, spesies, dan ekosistem di suatu wilayah tertentu. Keanekaragaman hayati memiliki nilai ekologis, ekonomi, dan kebudayaan yang besar serta memainkan peran penting dalam menjaga keseimbangan ekosistem (Magurran, 2004).

### **3.3 Komponen Sosial dan Budaya:**

Komponen sosial dan budaya mencakup unsur-unsur yang terkait dengan masyarakat manusia, nilai-nilai, norma, institusi, dan praktik budaya yang mempengaruhi cara individu dan kelompok berinteraksi dalam lingkungan sosial mereka. Komponen sosial dan budaya membentuk kerangka sosial di mana manusia berinteraksi dengan lingkungan. Pemahaman mendalam tentang aspek-aspek ini penting untuk merancang kebijakan lingkungan yang efektif dan berkelanjutan. Berikut adalah penjelasan rinci mengenai komponen sosial dan budaya:

1. Populasi manusia: Merupakan jumlah dan distribusi manusia di suatu wilayah atau lingkungan. Manusia sebagai bagian dari lingkungan, termasuk pola pemukiman dan kegiatan manusia, Populasi manusia memengaruhi kebutuhan sumber daya alam, tekanan terhadap lingkungan, dan dinamika sosial. Populasi ini mencakup berbagai kelompok usia, jenis kelamin, latar belakang etnis, dan kondisi sosial-ekonomi. Populasi manusia memainkan peran penting dalam memengaruhi lingkungan dan ekosistem melalui konsumsi sumber daya alam, aktivitas ekonomi, dan tingkat pertumbuhan penduduk. Faktor-faktor seperti urbanisasi, migrasi, dan perubahan demografis dapat berdampak signifikan pada ekosistem dan lingkungan. Populasi manusia adalah salah satu komponen kunci yang perlu diperhatikan dalam perencanaan lingkungan dan keberlanjutan. Perubahan dalam jumlah dan distribusi penduduk dapat memengaruhi permintaan akan

sumber daya alam, tekanan terhadap lingkungan, serta kebutuhan akan infrastruktur dan layanan publik. Oleh karena itu, memahami populasi manusia adalah langkah penting dalam pengelolaan lingkungan yang berkelanjutan (Weeks, 2015).

2. Budaya dan Nilai: Nilai-nilai, norma, keyakinan, bahasa dan praktik budaya yang mempengaruhi perilaku terhadap lingkungan. Nilai-nilai mencerminkan apa yang dianggap penting dan diinginkan dalam masyarakat. Budaya merujuk pada sekumpulan pengetahuan, nilai, norma, kepercayaan, bahasa, seni, teknologi, adat istiadat, dan praktik yang dibagikan oleh kelompok sosial tertentu. Budaya mencakup cara hidup yang membedakan satu kelompok manusia dari kelompok lainnya. Nilai-nilai adalah keyakinan dan prinsip yang dianggap penting dan diinginkan dalam suatu budaya.
  - a. **Nilai-nilai Budaya:** Nilai-nilai adalah keyakinan atau prinsip yang dipegang oleh masyarakat dan memandu perilaku individu dalam masyarakat. Nilai-nilai mencakup konsep tentang apa yang dianggap baik, benar, adil, atau indah oleh masyarakat. Contoh nilai-nilai budaya adalah kejujuran, kebebasan, kesetaraan, dan solidaritas.
  - b. **Norma Sosial:** Norma sosial adalah aturan atau standar perilaku yang dianggap sesuai atau diharapkan dalam suatu masyarakat. Norma-norma ini mengatur interaksi sosial dan membantu memelihara keteraturan dan harmoni dalam masyarakat. Norma dapat bersifat formal (ditetapkan secara resmi) atau informal (ditetapkan oleh masyarakat).
  - c. **Bahasa:** Bahasa adalah sistem komunikasi yang digunakan oleh masyarakat untuk menyampaikan pikiran, ide, dan informasi. Bahasa memainkan peran penting dalam menjaga dan mentransmisikan budaya, pengetahuan, dan nilai-nilai dari generasi ke generasi.
  - d. **Teknologi dan Materi Budaya:** Teknologi dan benda-benda materi yang digunakan oleh masyarakat juga merupakan bagian dari budaya. Ini termasuk alat,

peralatan, bangunan, dan produk budaya lainnya yang mencerminkan cara hidup dan pengetahuan masyarakat.

Budaya dan nilai-nilai memainkan peran kunci dalam membentuk persepsi manusia tentang lingkungan, pengelolaan sumber daya alam, dan kebijakan lingkungan. Nilai-nilai budaya mempengaruhi sikap terhadap alam, kepedulian terhadap lingkungan, dan perilaku konservasi. Pemahaman mendalam tentang budaya dan nilai-nilai masyarakat adalah penting dalam merancang program lingkungan yang efektif dan membangun kesadaran akan pentingnya konservasi dan keberlanjutan. Memahami budaya dan nilai-nilai adalah kunci dalam merancang intervensi lingkungan yang efektif dan dapat diterima oleh masyarakat. Ini membantu dalam membentuk program dan kebijakan yang mencakup berbagai nilai dan keyakinan dalam masyarakat (Kroeber & Kluckhohn, 1952).

3. Struktur sosial: Struktur sosial mencakup hierarki, peran, status, dan interaksi sosial dalam masyarakat. Struktur sosial meliputi pola hubungan yang mengatur interaksi antar individu dan kelompok dalam masyarakat. Ini mencakup elemen-elemen seperti status, peran, kelompok sosial, dan institusi sosial yang membentuk jaringan kompleks dari interaksi sosial. Struktur sosial juga mencakup hierarki sosial, di mana individu dan kelompok memiliki status atau kedudukan yang berbeda dengan hak dan kewajiban tertentu.
  - a. **Status:** Status adalah posisi sosial relatif yang diakui dalam masyarakat. Status ini bisa didasarkan pada faktor seperti pekerjaan, pendidikan, dan kekayaan. Status dapat menjadi sumber kekuasaan dan pengaruh seseorang dalam interaksi sosial.
  - b. **Peran:** Peran adalah perilaku yang diharapkan dari individu yang menduduki suatu status. Peran memandu tindakan dan interaksi individu dalam masyarakat. Contohnya, peran seorang guru mencakup mengajar, memberikan penilaian, dan membimbing murid.

- c. **Kelompok Sosial:** Kelompok sosial adalah kumpulan individu yang berinteraksi dan memiliki tujuan atau kepentingan bersama. Kelompok ini dapat berupa keluarga, teman, atau organisasi sosial. Interaksi di dalam kelompok sosial memengaruhi sikap, nilai, dan perilaku individu.
- d. **Institusi Sosial:** Institusi sosial adalah pola perilaku dan praktik yang diakui secara luas dalam masyarakat. Ini termasuk institusi seperti keluarga, agama, pemerintah, ekonomi, dan pendidikan. Institusi ini membentuk aturan, norma, dan nilai-nilai yang mengatur kehidupan sosial.

Struktur sosial memainkan peran penting dalam membentuk interaksi sosial dan stabilitas masyarakat. Pemahaman tentang bagaimana status, peran, dan interaksi antarindividu diatur dalam suatu masyarakat membantu dalam merancang kebijakan sosial yang efektif dan memahami dinamika sosial yang terjadi dalam lingkungan (Andersen & Taylor, 2017).

- 4. **Norma sosial:** Norma sosial adalah aturan dan harapan perilaku yang dianggap wajar dalam suatu masyarakat. Norma-norma ini membimbing interaksi sosial dan memelihara keteraturan sosial. Norma sosial adalah aturan atau pedoman perilaku yang dianggap wajar, diinginkan, atau diperlukan dalam masyarakat. Norma-norma ini membentuk dasar untuk berinteraksi secara efektif dengan anggota masyarakat lainnya dan membantu memelihara keteraturan dan harmoni sosial. Terdapat dua jenis norma sosial utama:
  - a. **Norma Formal:** Norma formal adalah norma yang secara resmi ditetapkan oleh lembaga, pemerintah, atau otoritas hukum dalam masyarakat. Norma ini dapat berupa undang-undang, peraturan, atau kebijakan yang harus diikuti oleh semua anggota masyarakat.
  - b. **Norma Informal:** Norma informal adalah norma yang tumbuh secara alami dalam masyarakat dan tidak diatur secara resmi. Norma ini berkembang berdasarkan

kebiasaan, tradisi, nilai-nilai, dan praktik yang diterima oleh masyarakat. Norma informal sering kali kuat dan dapat memiliki pengaruh yang signifikan dalam mengarahkan perilaku.

Selain itu, norma sosial dibagi menjadi beberapa kategori, termasuk:

1. **Norma Proskriptif:** Norma yang mengarahkan individu untuk tidak melakukan sesuatu. Contoh: norma untuk tidak mencuri.
2. **Norma Preskriptif:** Norma yang mengarahkan individu untuk melakukan sesuatu. Contoh: norma untuk membantu orang yang membutuhkan.
3. **Norma Deskriptif:** Norma yang menggambarkan perilaku yang biasanya terjadi dalam masyarakat. Contoh: berjabat tangan saat bertemu.

Norma sosial membentuk dasar bagi interaksi sosial, membantu dalam pemahaman mengenai ekspektasi masyarakat, dan berperan dalam membentuk budaya suatu masyarakat. Masyarakat yang memiliki norma sosial yang sehat dan dihormati memiliki kemungkinan lebih besar untuk menciptakan lingkungan yang inklusif dan harmonis.

Memahami norma sosial adalah esensial dalam membangun masyarakat yang berfungsi dengan baik dan menghormati satu sama lain. Norma-norma ini membentuk aturan sosial yang menjadi panduan untuk tingkah laku dan membantu memelihara keteraturan serta stabilitas dalam masyarakat (Tischler, 2016).

### 3.4 Komponen Ekonomi:

Komponen ekonomi dalam konteks lingkungan mencakup aspek-aspek ekonomi yang mempengaruhi dan dipengaruhi oleh lingkungan alam. Ini termasuk bagaimana aktivitas ekonomi manusia mempengaruhi sumber daya alam, lingkungan, dan bagaimana keadaan lingkungan mempengaruhi ekonomi (Barbier, 2010). Berikut adalah penjelasan rinci beserta ruang lingkup komponen ekonomi dalam konteks penyusunan komponen lingkungan:

1. Pemanfaatan sumber daya alam: Sumber daya yang digunakan oleh manusia untuk memenuhi kebutuhan ekonomi, seperti mineral, hutan, air, dan udara. Pemanfaatan sumber daya alam adalah salah satu komponen utama ekonomi yang berkaitan dengan ekstraksi, produksi, dan penggunaan sumber daya alam seperti air, tanah, hutan, mineral, dan energi. Ekonomi mengelola bagaimana sumber daya ini dieksploitasi untuk memenuhi kebutuhan manusia dan memastikan keberlanjutan penggunaannya ( Tietenberg & Lewis, 2018).
  - a. **Ekstraksi dan Produksi:** Ekstraksi sumber daya alam melibatkan kegiatan penambangan, pengambilan air, dan pemanenan hutan. Ini adalah langkah awal dalam memanfaatkan sumber daya alam. Proses produksi meliputi pengolahan dan konversi sumber daya tersebut menjadi barang dan jasa yang digunakan dalam ekonomi.
  - b. **Penggunaan dan Konsumsi yang Berkelanjutan:** Pemanfaatan sumber daya alam harus dilakukan secara berkelanjutan untuk memastikan bahwa penggunaan saat ini tidak mengorbankan kebutuhan generasi masa depan. Konsumsi yang berkelanjutan mempertimbangkan batas daya dukung ekosistem dan meminimalkan dampak negatif.
  - c. **Pertimbangan Lingkungan:** Pengelolaan sumber daya alam harus memperhitungkan dampak lingkungan yang mungkin terjadi selama proses ekstraksi, produksi, dan penggunaan. Ini termasuk mitigasi polusi, pengelolaan limbah, dan praktik-praktik ramah lingkungan.
  - d. **Keberlanjutan dan Konservasi:** Upaya konservasi dan keberlanjutan bertujuan untuk mempertahankan dan mengelola sumber daya alam secara bijaksana untuk kepentingan jangka panjang. Ini melibatkan tindakan seperti restorasi habitat, praktik pertanian berkelanjutan, dan investasi dalam teknologi hijau.

Pemanfaatan sumber daya alam adalah elemen sentral dalam ekonomi, dan pengelolaannya yang bijak adalah kunci

untuk mencapai keseimbangan antara pertumbuhan ekonomi, kesejahteraan manusia, dan konservasi lingkungan.

2. **Pengelolaan Limbah dan Pencemaran:** Pengelolaan limbah dan pencemaran adalah aspek penting dalam komponen ekonomi yang berfokus pada dampak aktivitas ekonomi terhadap lingkungan. Hal ini mencakup pengelolaan dan mitigasi limbah padat, limbah cair, gas rumah kaca, dan polusi udara yang dihasilkan oleh industri dan masyarakat. Pengelolaan limbah dan pencemaran adalah komponen kunci dari ekonomi yang mempertimbangkan dampak aktivitas manusia terhadap lingkungan. Ini mencakup upaya untuk mengelola dan mengurangi dampak negatif dari limbah dan pencemaran terhadap lingkungan alam dan manusia (Bhattacharya & Chakrabarti, 2017), (Tchobanoglous, *et al*, 1993).
  - a. **Pengelolaan Limbah Padat dan Cair:** Pengelolaan limbah padat melibatkan penanganan, daur ulang, atau pemusnahan limbah padat seperti sampah rumah tangga, limbah industri, dan limbah konstruksi. Sementara itu, pengelolaan limbah cair mencakup pengelolaan air limbah dari rumah tangga, industri, dan pertanian untuk mencegah pencemaran air.
  - b. **Pencegahan dan Pengendalian Pencemaran:** Upaya pencegahan dan pengendalian pencemaran mencakup langkah-langkah untuk mencegah dan mengurangi pencemaran air, udara, dan tanah. Ini termasuk peningkatan teknologi, regulasi lingkungan, dan kebijakan yang membatasi emisi dan pelepasan zat pencemar berbahaya.
  - c. **Pengelolaan Gas Rumah Kaca:** Pengelolaan gas rumah kaca adalah aspek penting dalam mengatasi perubahan iklim. Ini melibatkan upaya untuk mengurangi emisi gas rumah kaca, seperti karbon dioksida dan metana, melalui penggunaan energi terbarukan, efisiensi energi, dan praktik pertanian yang berkelanjutan.

- d. **Recycle and Reuse (Daur Ulang dan Pemanfaatan Kembali):** Mendorong daur ulang dan pemanfaatan kembali adalah bagian dari pengelolaan limbah untuk mengurangi jumlah limbah yang masuk ke tempat pembuangan akhir. Daur ulang bahan seperti kertas, plastik, dan logam membantu mengurangi tekanan pada sumber daya alam.

Pengelolaan limbah dan pencemaran adalah kunci untuk melindungi dan melestarikan lingkungan alam. Strategi yang efektif dalam pengelolaan ini akan membantu mencapai tujuan keberlanjutan dan meminimalkan dampak negatif aktivitas manusia terhadap lingkungan.

- 3. **Pengembangan Berkelanjutan:** Konsep pengembangan berkelanjutan adalah bagian penting dari komponen ekonomi dalam konteks lingkungan. Ini mempertimbangkan cara-cara untuk memenuhi kebutuhan manusia saat ini tanpa mengorbankan kemampuan generasi masa depan untuk memenuhi kebutuhan mereka. Dalam konteks ekonomi, ini berarti mengintegrasikan aspek ekonomi, sosial, dan lingkungan (Sachs, 2015).
  - a. **Pertimbangan Jangka Panjang:** Pengembangan berkelanjutan menekankan pertimbangan jangka panjang dalam pengambilan keputusan ekonomi. Hal ini mencakup analisis dampak keputusan saat ini terhadap lingkungan dan masyarakat di masa depan.
  - b. **Pilar-pilar Pembangunan Berkelanjutan:**
    - 1) **Kesejahteraan Ekonomi:** Memastikan pertumbuhan ekonomi yang stabil, inklusif, dan berkelanjutan untuk meningkatkan kesejahteraan masyarakat.
    - 2) **Pertimbangan Sosial:** Memastikan keadilan sosial, kesetaraan, dan hak asasi manusia dalam pengambilan keputusan ekonomi dan pembangunan.
    - 3) **Perlindungan Lingkungan:** Mengintegrasikan prinsip-prinsip konservasi dan keberlanjutan dalam

kebijakan dan praktik ekonomi untuk melindungi lingkungan alam.

c. **Implementasi Melalui Kebijakan dan Aksi:**

- 1) **Kebijakan Lingkungan:** Mengadopsi dan menerapkan kebijakan yang mempromosikan energi terbarukan, efisiensi energi, dan pengelolaan sumber daya alam secara berkelanjutan.
- 2) **Inovasi Teknologi:** Mendorong dan mendukung inovasi teknologi yang ramah lingkungan untuk memenuhi kebutuhan manusia dengan lebih efisien dan berkelanjutan.

Pengembangan berkelanjutan adalah pendekatan yang holistik dan terpadu untuk memandu tindakan dan kebijakan yang memprioritaskan keberlanjutan jangka panjang, termasuk keseimbangan yang tepat antara pertumbuhan ekonomi, kesejahteraan sosial, dan kelestarian lingkungan. Dalam konteks ekonomi, hal ini melibatkan perubahan paradigma dan implementasi tindakan yang mempromosikan keberlanjutan

4. **Pertanian dan Praktik Pertanian Berkelanjutan:** Pertanian adalah komponen ekonomi yang memiliki dampak signifikan pada lingkungan melalui penggunaan lahan, penggunaan air, penggunaan pestisida, dan keanekaragaman hayati. Pendekatan pertanian berkelanjutan bertujuan untuk meminimalkan dampak negatif sambil meningkatkan produktivitas dan kesejahteraan petani (Pretty *et al*, 2006).
  - a. **Penggunaan Lahan yang Berkelanjutan:** Pertanian berkelanjutan mempertimbangkan pemilihan lokasi yang tepat dan pengelolaan lahan yang mengurangi erosi, menjaga kualitas tanah, dan mengoptimalkan produktivitas pertanian.
  - b. **Pertanian Organik dan Pengurangan Pestisida:** Praktik pertanian berkelanjutan mencakup penggunaan pertanian organik yang meminimalkan penggunaan pestisida dan

bahan kimia berbahaya. Hal ini membantu melindungi lingkungan dan kesehatan manusia.

- c. **Konservasi Air dan Pengelolaan Air:** Pengelolaan air secara efisien dan konservasi air adalah komponen penting dari pertanian berkelanjutan. Sistem irigasi yang efisien dan penggunaan air yang bijak membantu mengurangi tekanan pada sumber daya air.
- d. **Pertanian Lestari dan Rotasi Tanaman:** Pertanian berkelanjutan mendorong praktik pertanian lestari seperti rotasi tanaman, penggunaan pupuk alami, dan pemupukan hijau untuk meningkatkan kesuburan tanah dan mengurangi degradasi tanah.

Pertanian berkelanjutan adalah suatu keharusan untuk mengatasi tantangan pertanian modern dan menjaga keseimbangan antara pemenuhan kebutuhan pangan dan pelestarian lingkungan. Praktik pertanian yang berkelanjutan akan membantu memastikan keberlanjutan jangka panjang bagi pertanian dan masyarakat.

- 5. **Ekonomi Lingkungan dan Ekowisata:** Ekonomi lingkungan berkaitan dengan pengelolaan ekosistem dan layanan ekosistem yang berkontribusi pada kesejahteraan manusia. Ekowisata merupakan bagian dari ekonomi yang melibatkan pariwisata yang berfokus pada keindahan alam dan keanekaragaman hayati serta berupaya melestarikan dan mendukung lingkungan. Ini mencakup kegiatan ekonomi yang bergantung pada ekosistem alami serta pengembangan pariwisata yang berkelanjutan dan bertanggung jawab secara lingkungan.

Ruang lingkup komponen ekonomi dalam lingkungan mencakup analisis dampak ekonomi terhadap lingkungan dan upaya untuk mengintegrasikan prinsip-prinsip keberlanjutan ke dalam praktik ekonomi. Hal ini juga melibatkan perumusan kebijakan yang menggabungkan pertumbuhan ekonomi dengan perlindungan lingkungan dan

mempromosikan kebijakan yang memastikan keberlanjutan jangka panjang (Gössling *et al*, 2020), (Hanley *et al*, 2013).

**a. Ekonomi Lingkungan:**

- 1) **Penilaian Ekonomi Lingkungan:** Melibatkan penilaian dan penentuan nilai ekonomi atas sumber daya alam dan layanan ekosistem seperti air bersih, udara bersih, keanekaragaman hayati, dan lainnya.
- 2) **Pasar Karbon dan Sertifikat Emisi:** Mendorong praktik bisnis yang ramah lingkungan melalui pengenalan pasar karbon, skema perdagangan emisi, dan insentif untuk mengurangi emisi gas rumah kaca.

**b. Ekowisata:**

- 1) **Pariwisata Berkelanjutan:** Mendorong pariwisata yang berkelanjutan dengan mempertimbangkan kelestarian lingkungan, menghormati budaya lokal, dan mendukung ekonomi lokal.
- 2) **Pendapatan dan Pekerjaan:** Ekowisata memberikan kontribusi signifikan terhadap perekonomian lokal dengan menciptakan pekerjaan, membuka peluang bisnis lokal, dan meningkatkan pendapatan komunitas setempat.

**c. Pengelolaan Taman dan Kawasan Lindung:**

- 1) **Model Pengelolaan yang Berkelanjutan:** Mengembangkan model pengelolaan taman nasional dan kawasan lindung yang berkelanjutan untuk melestarikan keanekaragaman hayati dan memfasilitasi pariwisata yang bertanggung jawab secara lingkungan.

Ekonomi lingkungan dan ekowisata adalah bidang penting yang membahas keseimbangan antara pertumbuhan ekonomi, perlindungan lingkungan, dan keberlanjutan sosial. Pengelolaan yang bijak dalam dua aspek ini dapat membawa manfaat ekonomi sambil memastikan keberlanjutan lingkungan jangka panjang

## DAFTAR PUSTAKA

- Andersen, M. L., & Taylor, H. F. 2017. *Sociology: The Essentials*. Cengage Learning
- Baird, C., & Cann, M. 2012. *Environmental Chemistry* (5th ed.). W. H. Freeman.
- Barbier, E. B. 2010. A global green new deal: Rethinking the economic recovery. *Cambridge Journal of Economics*, 34(4), 759-772.
- Bhattacharya, A., & Chakrabarti, S. 2017. *Environmental management: Science and engineering for industry*. Butterworth-Heinemann.
- Brady, N. C., & Weil, R. R. 2008. *The Nature and Properties of Soils* (14th ed.). Prentice Hall
- Cunningham, W. P., Cunningham, M. A., & Saigo, B. W. 2017. *Environmental Science: A Global Concern*. McGraw-Hill Education.
- Dasgupta, P. 2007. Nature's role in sustaining economic development. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 362(1479), 195-204.
- Dennis, R. L., & Tietenberg, T. 2016. *Environmental and Natural Resource Economics* (11th ed.). Routledge
- Enger, E. D., & Smith, B. F. 2015. *Environmental Science: A Study of Interrelationships*. McGraw-Hill Education.
- Gleick, P. H. 1996. Water resources. In *Encyclopedia of Climate and Weather* (Vol. 2, pp. 817-823). Oxford University Press.
- Gössling, S., Scott, D., & Hall, C. M. 2020. *Tourism and Water*. Channel View Publications.
- Hanley, N., Shogren, J. F., White, B., & Phillips, J. 2013. *Introduction to environmental economics*. Oxford University Press.
- IPCC. 2014. *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press.
- Kroeber, A. L., & Kluckhohn, C. 1952. *Culture: A Critical Review of Concepts and Definitions*. Vintage Books.

- Lal, R. 2015. Soil degradation as a reason for inadequate human nutrition. *Food Security*, 7(5), Soil degradation as a reason for inadequate human nutrition.
- Madigan, M. T., Bender, K. S., Buckley, D. H., Sattley, W. M., & Stahl, D. A. 2017. *Brock Biology of Microorganisms* (15th ed.). Pearson
- Magurran, A. E. 2004. *Measuring Biological Diversity*. Blackwell Publishing.
- Miller, G. T., & Spoolman, S. E. 2015. *Environmental Science*. Cengage Learning.
- Pearce, D., & Turner, R. K. 1990. *Economics of natural resources and the environment*. JHU Press.
- Pope, C. A., & Dockery, D. W. 2006. Health effects of fine particulate air pollution: Lines that connect. *Journal of the Air & Waste Management Association*, 56(6), 709-742
- Pretty, J. N., Noble, A. D., Bossio, D., Dixon, J., Hine, R. E., Penning de Vries, F. W., & Morison, J. I. 2006. Resource-conserving agriculture increases yields in developing countries. *Environmental Science & Technology*, 40(4), 1114-1119.
- Raven, P. H., Evert, R. F., & Eichhorn, S. E. 2016. *Biology of Plants* (8th ed.). W. H. Freeman.
- Sachs, J. D. 2015. *The Age of Sustainable Development*. Columbia University Press.
- Smith, D. C., & Douglas, A. E. 1987. *The Biology of Symbiosis*. Edward Arnold.
- Tchobanoglous, G., Theisen, H., & Vigil, S. A. 1993. *Integrated solid waste management: Engineering principles and management issues*. McGraw-Hill.
- Tietenberg, T., & Lewis, L. 2018. *Environmental and natural resource economics*. Routledge.
- Tischler, B. L. 2016. *Introduction to Sociology*. Cengage Learning
- Wallace, J. M., & Hobbs, P. V. 2006. *Atmospheric Science: An Introductory Survey*. Academic Press
- Weeks, J. R. 2015. *Population: An Introduction to Concepts and Issues*. Cengage Learning.



## BAB 4

# ALIRAN ENERGI DI EKOSISTEM, AKSI DAN INTERAKSI DAN KEPUNAHAN

*Oleh Tarzan Purnomo*

### 4.1 Pendahuluan

Ekosistem tersusun dari kesatuan antara makhluk hidup (biotik) dengan lingkungan nir-hayatnya (abiotik) membentuk system kehidupan. Secara fungsional ekosistem terdiri dari komponen biotik, yaitu produser, konsumen primer, konsumen sekunder, dan dekomposer. Produser terdiri dari *organisme autotrof*, yang mampu mensintesis zat anorganik sederhana menjadi bahan organik yang kompleks yaitu tumbuhan, algae dan fitoplankton. Konsumen primer adalah *organisme heterotrof*, yaitu *herbivora*. Sedangkan konsumen sekunder adalah pemakan hewan yaitu *karnivora*. Selanjutnya konsumen tersier yaitu hewan yang memakan konsumen sebelumnya. Selain itu di dalam ekosistem terdapat berbagai spesies organisme yang tergolong konsumen primer dan konsumen sekunder (*omnivora*), konsumen sekunder dan konsumen tersier (predator atau parasit herbivora dan karnivora). Dekomposer adalah pemakan organisme mati, detritus, dan ekskreta, yaitu *avertebrata*, *bakteri*, dan *fungi*.

Tiga komponen abiotik ekosistem yang utama meliputi *unsur dan senyawa anorganik*, yaitu karbon, nitrogen dan air, *bahan organik*, yaitu karbohidrat, protein dan lemak, dan *regim iklim*, yaitu suhu dan faktor fisik lain yang bertindak sebagai faktor pembatas. Unsur dan senyawa anorganik merupakan substansi biogenik atau *unsur hara baik makro* (C, N, dan P), maupun *unsur mikro* (Fe, Zn, dan Mg) serta karbohidrat, protein dan lemak yang menyusun tubuh makhluk hidup. Tubuh makhluk hidup tersusun dari dari berbagai senyawa tersebut, yang jika mati akan terurai menjadi *detritus organik*.

Ekosistem merupakan sistem kehidupan, oleh karena itu untuk mendukung keberlangsungannya terjadilah aliran energi dan daur materi pada komponen biotik yang berlangsung melalui tiga proses dasar, meliputi: *produksi*, yaitu sintesa bahan organik, *konsumsi*, yaitu konsumsi bahan organik, dan *dekomposisi atau mineralisasi*, yaitu daur ulang bahan organik. Untuk memelihara dan mempertahankan homeostasisnya setiap ekosistem memerlukan energi yang mengalir melalui komponen penyusunnya, yaitu produser, konsumen, dan dekomposer dalam format *herbivori*, *simbiosis*, *kompetisi*, maupun *predasi*. Disinilah arti penting interelasi antar komponen hayati suatu ekosistem. Dari interelasi tersebut pasokan terhadap kebutuhan energi terpenuhi untuk mempertahankan eksistensinya.

Keseimbangan energi dalam ekosistem sangat penting, karena menjadi kerangka dasar bagi kelangsungan hidup komunitas organisme di dalamnya. Sebagai contoh, ekosistem estuari menjadi penyokong utama bagi stabilitas kehidupan ekosistem laut (Odum, 1971), karena produktivitasnya sangat tinggi setelah ekosistem terumbu karang. Sebagai ekosistem yang stabil (klimaks) rasio antara Respirasi dan Fotosintesis (R/P) mendekati 1. Produktivitas (*gross primary production*) ekosistem pesisir dan terumbu karang menempati peringkat tertinggi, yaitu  $20.000 \text{ kcal m}^{-2} \text{ tahun}^{-1}$ , melampaui produktivitas ekosistem binaan yang mendapat subsidi (berupa pupuk, pestisida, energi, dll.), yaitu  $12.000 \text{ kcal m}^{-2} \text{ tahun}^{-1}$ . Produktivitas ekosistem estuari sangat tinggi, karena kaya hara dan merupakan areal jebakan hara (*a nutrient trap*) yang terbawa oleh aliran air tawar dan air laut, habitat produser (*macrophyta*, *benthic microphyta*, dan *fitoplankton*), dan tersedia energi secara kontinu akibat daur materi dan energi (Odum, 1971).

Eksistensi suatu ekosistem akan terpelihara, jika komponennya lengkap. Setiap komponen ekosistem mempunyai peran spesifik dalam melaksanakan proses-proses aliran energi, daur materi, suksesi, dan daya lenting. Ekosistem mampu memulihkan dirinya sendiri, setelah mengalami gangguan karena memiliki daya pulih melalui mekanisme *daya lenting*. Namun jika gangguan tersebut melampaui kemampuan daya lentingnya maka organisme penyusunnya dapat mengalami

penurunan densitas, diversitas, hingga kepunahan. Pencemaran lingkungan, deforestasi, alih fungsi lahan, dan pemanasan global adalah bentuk gangguan ekosistem yang potensial menyebabkan kepunahan.

## 4.2 Aliran Energi di Ekosistem

Eksistensi dan fungsi komponen biotik ekosistem sangat dipengaruhi oleh ketersediaan energi. Tanpa energi mereka akan mengalami kematian sehingga tidak dapat menjalankan fungsinya. Oleh karena itu terjaminnya suplai energi merupakan hal yang esensial. Dalam ekosistem energi mengalir dalam serangkaian perpindahan energi. Berawal dari energi cahaya (*foton*), produser, konsumen, konsumen sekunder, hingga dekomposer. Energi cahaya matahari (*foton*) sebagai sumber utama energi di biosfer ini oleh *organisme autotrof* (fitoplankton, alga, dan tumbuhan hijau) diubah menjadi energi kimia, kemudian bahan organik yang disintesa dikonsumsi oleh *organisme heterotrof*, untuk digunakan dalam *proses-proses fisiologis* kehidupannya (metabolisme, homeostasis, motilitas, pertumbuhan dan perkembangan, serta reproduksi) dan dibuang ke lingkungan sebagai *entropi*.

Setiap organisme membutuhkan energi untuk melangsungkan kehidupannya meliputi proses-proses fisiologis, tumbuh kembang, reproduksi, dan adaptasi. Pada ekosistem yang matang (*matur*) dan stabil, komponen penyusunnya pada umumnya lengkap dan dalam keadaan keseimbangan. Keadaan tersebut memungkinkan terpeliharanya proses aliran energi dan daur materi berlangsung kontinu. Mengingat produksi terdapat pada setiap tingkatan tropik, dengan tersedianya semua komponen ekosistem maka produktivitasnya terjaga baik. Produksi primer dihasilkan melalui proses fotosintesis oleh organisme autotrof yang terdapat pada tingkat tropik terbawah. Sedangkan produksi sekunder merupakan biomassa konsumen (Odum, 1998). Produktivitas primer suatu ekosistem merupakan laju konversi energi radiasi oleh organisme fotosintetik (tumbuhan hijau, alga, dan fitoplankton) menjadi bahan organik untuk makanan (Odum, 1998).

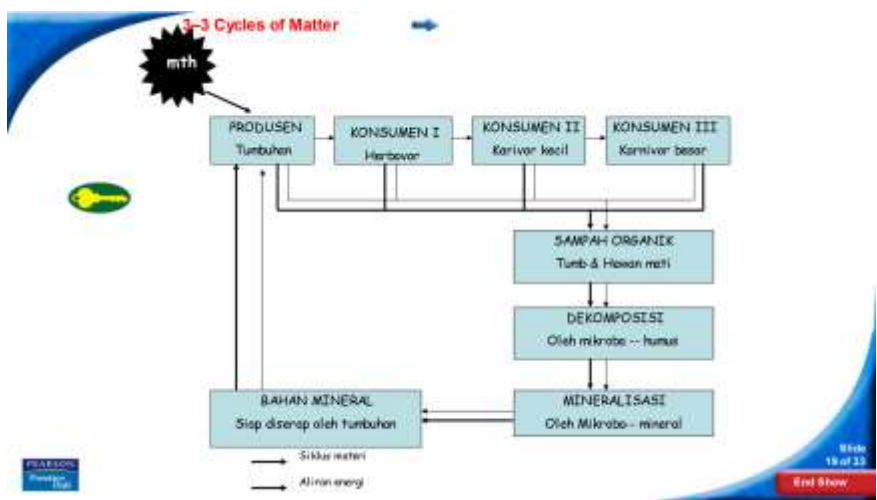
Biokonversi energi radiasi menjadi energi kimia oleh produser melalui proses fotosintesis dengan bantuan energi radiasi cahaya dan pigmen-pigmen fotosintetik (*chlorofil*) untuk menghasilkan bahan organik (*karbohidrat*) sebagai produksi primer. Persamaan umum proses fotosintesis adalah:



Fotosintesis merupakan proses reaksi reduksi-oksidasi, yaitu  $\text{CO}_2$  direduksi dan  $\text{H}_2\text{O}$  dioksidasi (Levinton, 1982). Dengan demikian produksi sekunder merupakan produksi pada tingkat konsumen, yaitu meliputi seluruh konsumen (herbivora dan karnivora). Namun, produktivitas sekunder hanya dihitung berdasarkan produksi konsumen primer.

4.2.1 Pengaturan Energi Suatu Ekosistem

Ekosistem merupakan sistem yang terbuka dan dinamis, yang terus berubah karena adanya aliran energi, daur materi, dan produktivitas. Melalui proses fotosintesis oleh produser (tumbuh-tumbuhan, alga, dan fitoplankton) energi cahaya matahari dikonversi menjadi energi kimia, lalu dimakan konsumen I (energi kimia), konsumen II dan III dan seterusnya.



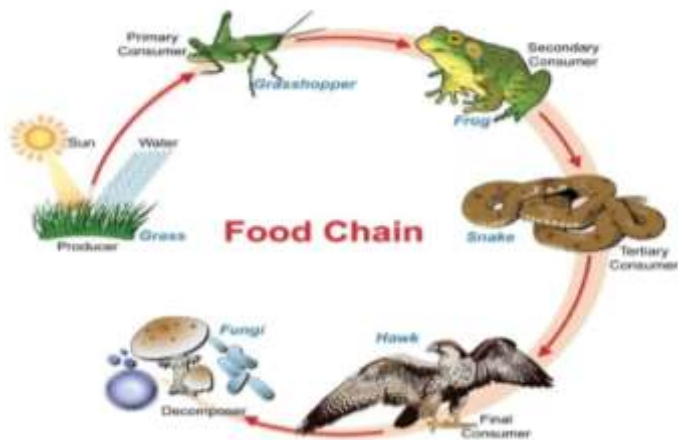
Gambar 4.1. Bagan Aliran Energi dan Daur Materi dalam Ekosistem

Produser dan konsumen yang mati, mengalami pembusukan dan diuraikan oleh mikroba. Mineral dan gas yang terbentuk sebagai hara yang dimanfaatkan kembali oleh produser. Inilah perbedaan antara aliran dengan daur materi. Daurl materi bersifat sinambung, tak berujung pangkal, tapi energi mengalir dari matahari, produser, konsumen, hingga dekomposer.

Energi cahaya matahari dipancarkan dalam bentuk gelombang elektromagnetik. Hanya 45% yang sampai di permukaan bumi ( $10,5 \times 10^6 \text{ kJ m}^{-2} \text{ th}^{-1}$ ), hanya  $5 \times 10^6 \text{ kJ m}^{-2} \text{ th}^{-1}$  atau 45% yang sampai ke bumi. 30% dipantulkan kembali ke luar angkasa oleh atmosfer bumi, hanya sekitar 15% yang diserap untuk pemanasan atmosfer bumi (Brown *et al.*, 1998).

#### 4.2.2 Rantai Makanan dan Jaring-Jaring Makanan

Rantai makanan adalah peristiwa makan dan dimakan antara makhluk hidup dengan urutan tertentu. Urutan rantai makanan terdiri dari produser, konsumen, dan dekomposer. Perpindahan materi terjadi melalui proses makan dan dimakan dalam urutan tertentu. Tiap tingkatan rantai makanan merupakan tingkat trofik. Trofik pertama mampu menghasilkan zat makanan sendiri atau organisme autotrof (*produser*), kedua *konsumer primer* (konsumer I atau herbivora), *konsumer sekunder* (Konsumer II atau carnivora) dan seterusnya hingga *konsumen puncak*.



**Gambar 4.2.** Rantai Makanan. (Sumber : Saddoen, 2022)

Rantai makanan merupakan mekanisme perpindahan energi dalam ekosistem. Energi yang terkandung dalam materi (zat makanan) mengalami biotransformasi yang melibatkan komponen biotik ekosistem, yaitu produser (autotrof), konsumen primer (herbivor), konsumen sekunder (karnivor), konsumen tersier (predator/parasit), dan dekomposer (detritivor). Secara teoritis efisiensi perpindahan energi ini sangat rendah (hanya sekitar 10%), karena 80%–90% energi potensial yang terkandung dalam materi (makanan) hilang sebagai panas. Oleh karena itu mayoritas rantai makanan hanya terbatas 4-5 mata rantai. Hal ini merupakan adaptasi, untuk efisiensi, dengan rantai makanan yang pendek, energi yang hilang semakin sedikit.

Dalam ekosistem aliran energi dan daur materi melibatkan dua peristiwa, yaitu: rantai makanan dan jaring-jaring makanan. Setiap organisme yang terlibat pada kedua peristiwa tersebut dihadapkan pada kondisi persaingan untuk mendapatkan makanan. Kondisi inilah yang memicu setiap spesies atau organisme untuk mengembangkan kemampuan adaptasinya, terutama terkait dengan ketersediaan (stok) makanan. Pertambahan anggota komunitas suatu ekosistem jika tidak diikuti dengan produktivitas akan meningkatkan tingkat kompetisi, menginduksi terjadinya adaptasi perilaku terhadap jenis makanan, dan mengarah pada kepunahan. Itulah sebabnya pada ekosistem yang arid atau miskin, makhluk hidup didalamnya akan mengembangkan menjadi generalis. Dengan demikian memiliki kesempatan memilih alternatif makanan yang tersedia.

Perpindahan energi melalui rantai makanan melibatkan seri organisme produser-herbivora-carnivora-detritivora. Secara umum, terdapat 3 tipe rantai makanan, yaitu:

1. *Rantai Makanan Perumput (Grazing food chain)*

Rantai makanan perumput, berawal dari tumbuhan (sebagai produser atau tingkat trofik 1), herbivora (sebagai konsumen atau tingkat trofik 2), karnivora (sebagai konsumen 2 atau tingkat trofik 3). Dengan demikian

berpola: produser (tumbuhan) - konsumen primer - konsumen sekunder - predator - dekomposer



## 2. Rantai Makanan Sisa (*Detritus food chain*)

Rantai makanan detritus pada umumnya terdapat di lantai hutan, zona benthik ekosistem perairan, dan area penampungan sampah kota. Oleh karena itu rantai makanan ini berawal dari dekomposer. Detritus adalah hancuran (*fragmen*) tubuh makhluk hidup yang sudah terurai dan menjadi makanan hewan-hewan kecil yaitu cacing tanah, rayap, kerang, tripang. Dengan demikian polanya: bahan organik - mikroorganisme - detritivora - predator - dekomposer.

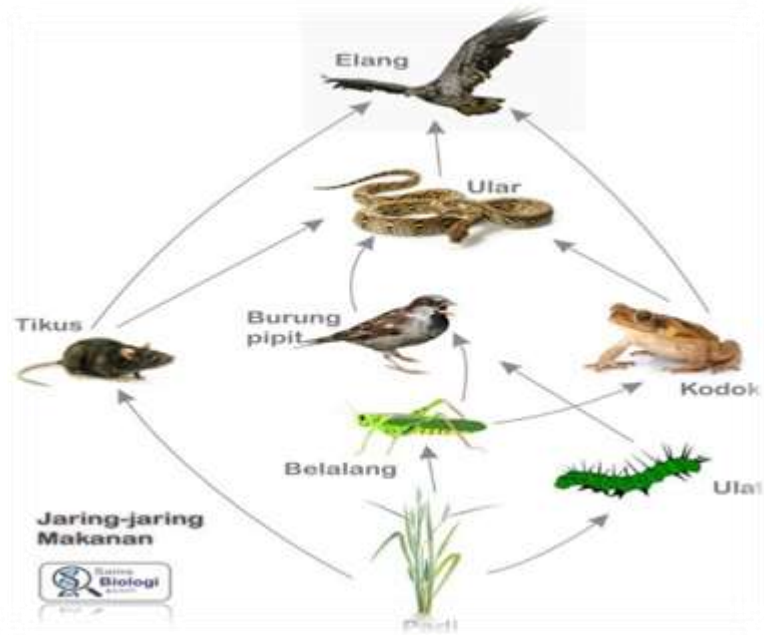


## 3. Rantai Makanan Osmotik (*Osmotic food chain*)

Rantai makanan parasit dicirikan adanya ekstraksi atau eksploitasi oleh organisme yang ukurannya kecil terhadap organisme yang lebih besar. Polanya: bahan organik - konsumen sekunder - predator - dekomposer.



Di alam, rantai makanan ini tidak tunggal dan berdiri sendiri, melainkan terhubung dan berinteraksi sehingga terbentuk jaring-jaring makanan yang kompleks.



**Gambar 4.3.** Jaring-jaring Makanan  
(Sumber: Saddoen, 2022)

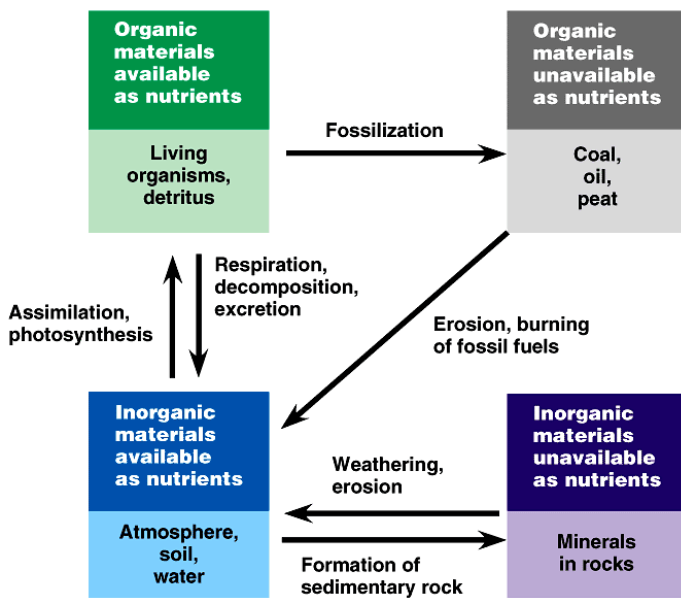
Sebagai contoh pada ekosistem akuatik (estuari), berdasarkan bentuk makanan atau cara mengkonsumsi (memperoleh) makanan terdapat 3 (tiga) tipe rantai makanan, yaitu: *grazing*, *detritus* dan *osmotik*. Sebagai *produser* ditempati oleh rumput rawa garam, ganggang, dan fitoplankton. *Konsumer primer* meliputi zooplankton, ikan, udang, dan kepiting. *Konsumer sekunder* terdiri dari kerang dan *infauna benthik*. Sedangkan *detritivor* ditempati oleh berbagai jenis cacing.

Kondisi yang keruh pada estuari sehingga hanya tumbuhan mencuat yang dapat tumbuh dengan baik. Akibatnya produktivitas primer di kolom air sangat rendah. Sedikitnya herbivora dan melimpahnya detritus sehingga terbentuk substrat yang mendukung pertumbuhan bakteri dan algae sebagai makanan organisme pemakan suspensi (*suspension filter feeders*) dan pemakan detritus (*detritus filter feeders*) (Bengen, 2002).

### 4.2.3 Daur Materi (Daur Biogeokimia)

Tubuh organisme tersusun dari materi atau bahan organik. Materi organik ini terdiri dari unsur-unsur anorganik dan bahan organik yang berasal dari udara, tanah, dan air. Melalui rantai makanan dan jaring-jaring makanan terjadi perpindahan bahan atau materi organik antar trofik dan diikuti dengan perpindahan energi yang terkandung di dalamnya. Pada saat organisme mati, tubuhnya diuraikan oleh detritivor menjadi unsur hara anorganik dan gas yang selanjutnya dimanfaatkan kembali (di daur ulang) oleh produser. Proses daur ulang materi yang melibatkan organisme, air, udara, dan batuan (*biogeofisik*) inilah yang memungkinkan berlangsungnya kehidupan di bumi.

Daur materi ialah daur perubahan dan perpindahan materi pada rantai makanan. Tanaman menyerap  $H_2O$  dan  $CO_2$  diubah menjadi karbohidrat, kemudian dimakan oleh serangkaian organisme herbivor-karnivor-detritivor. Selanjutnya akan kembali menjadi air ( $H_2O$ ) dan  $CO_2$  dan kembali ke bumi untuk dimanfaatkan oleh tumbuhan hijau membentuk karbohidrat sebagai sumber makanan herbivor.



Gambar 4.4. Model umum Daur Materi

## 1. Daur Air

Daur air (daur hidrologi) berperan penting dalam ketersediaan air secara alami. Air permukaan di daratan (sungai, rawa, dan danau) dan laut menguap (*evaporasi*), juga tumbuhan mengalami *transpirasi* akibat panas cahaya matahari. Selain itu uap air juga berasal dari penguapan pada tumbuhan atau *transpirasi*. Di atmosfer uap air membentuk awan, dan seiring menurunnya suhu, mengalami *kondensasi* kemudian jatuh ke bumi sebagai hujan (*presipitasi*). Setelah air sampai di permukaan tanah ada yang langsung mengalami evaporasi sehingga kembali ke atmosfer, sebagian meresap ke dalam tanah yang kemudian mengisi ruang-ruang di alam tanah (air kapiler), yang selanjutnya diserap oleh akar tumbuhan, dan sebagian lagi mengisi aquifer tanah yang akan keluar sebagai sumber mata air. Air yang masuk ke bagian tanah yang dalam akan menjadi air fosil yang tidak ikut daur air dalam jangka waktu yang lama.

## 2. Daur Karbon dan Oksigen

Karbon merupakan unsur utama komponen penyusun tubuh makhluk hidup, dengan demikian semua makhluk hidup membutuhkan karbon. Oleh karena itu karbon termasuk salah satu unsur makro yang esensial. Pemahaman tentang bagaimana terjadinya daur karbon merupakan hal yang urgen dalam memprediksi dampak naiknya kadar karbon dioksida ( $\text{CO}_2$ ) dan gas rumah kaca lainnya di atmosfer.

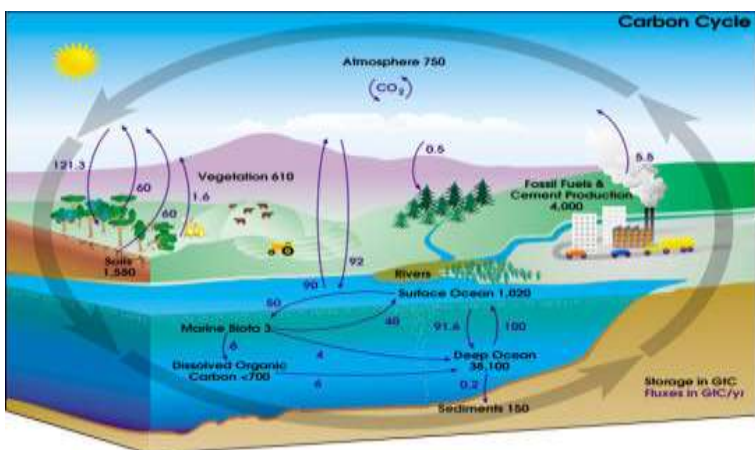
Konsentrasi  $\text{CO}_2$  di atmosfer 0.03%. Sumber utama  $\text{CO}_2$  di udara berasal dari respirasi manusia dan hewan, erupsi vulkanik, pembakaran bahan bakar fosil. Di udara  $\text{CO}_2$  difiksasi oleh organisme fotosintetik untuk fotosintesis dan menghasilkan oksigen yang akan dimanfaatkan oleh organisme untuk berespirasi. Organisme yang mati, akan membentuk batubara (fosil) dan dimanfaatkan sebagai bahan bakar menambah kadar  $\text{CO}_2$  di udara.

Daur karbon melalui kompartemen atmosfer (udara,  $\text{CO}_2$ )-litosfer (tanah, vegetasi), dan hidrosfer (air). Makhluk hidup yang terlibat dalam daur karbon meliputi organisme

fotosintetik (autotrof) mencakup semua organisme yang mampu menambat karbondioksida dari udara, yaitu tumbuhan hijau, alga, dan fitoplankton. Konsumer primer, sekunder, dan tersier yang memakan bahan organik yang diproduksi oleh produser. Konsumer sekunder, dan tersier yang memakan konsumen primer. Selanjutnya dekomposer menguraikan organisme yang mati menjadi unsur-unsur dan gas yang kemudian diserap oleh organisme fotosintetik untuk membentuk bahan organik yang dimakan oleh konsumen primer.

Dalam ekosistem perairan, pertukaran  $\text{CO}_2$  dengan atmosfer berjalan secara tak langsung.  $\text{CO}_2$  berikatan dengan air membentuk asam karbonat yang akan terurai menjadi ion bikarbonat. Bikarbonat diserap alga dan fitoplankton untuk proses fotosintesis memproduksi bahan organik dan oksigen yang digunakan sendiri dan organisme heterotrof.

Peran ekosistem laut dalam pengaturan alami kadar  $\text{CO}_2$  atmosferik sangat penting. Dengan demikian pengetahuan tentang peranan ekosistem laut dan siklus biogeokimianya sangat dibutuhkan. Terutama pengaruh laut terhadap akumulasi  $\text{CO}_2$  antropogenik di atmosfer, distribusi, intensitas, pertukaran musiman  $\text{CO}_2$  antara laut dengan atmosfer, serta respon laut terhadap perubahan iklim.



**Gambar 4.5.** Daur Karbon



**Gambar 4.6.** Daur Oksigen

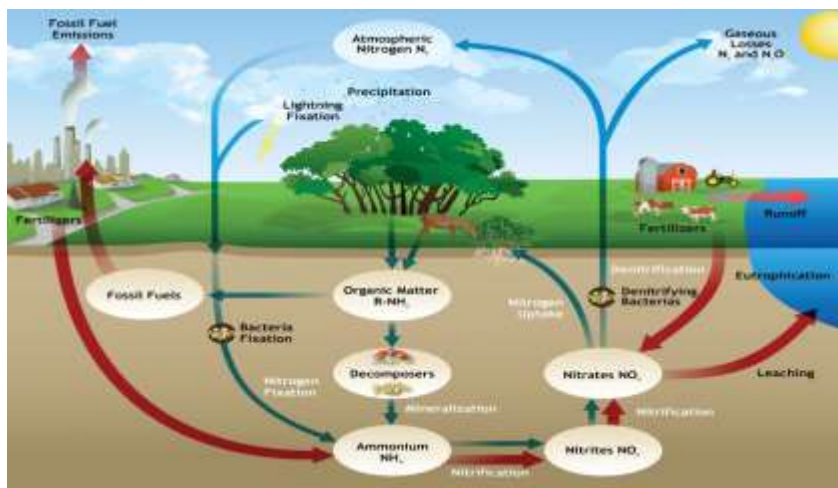
### 3. Daur Nitrogen

Konsentrasi nitrogen bebas diatmosfer sekitar 78%. Organisme tingkat tinggi tidak dapat memfiksasi atau mengikat nitrogen bebas dari udara. Nitrogen bisa difiksasi oleh mikroorganisme. Oleh karena itu fiksasi nitrogen tumbuhan melalui mekanisme simbiosis dengan bakteri pengikat nitrogen.

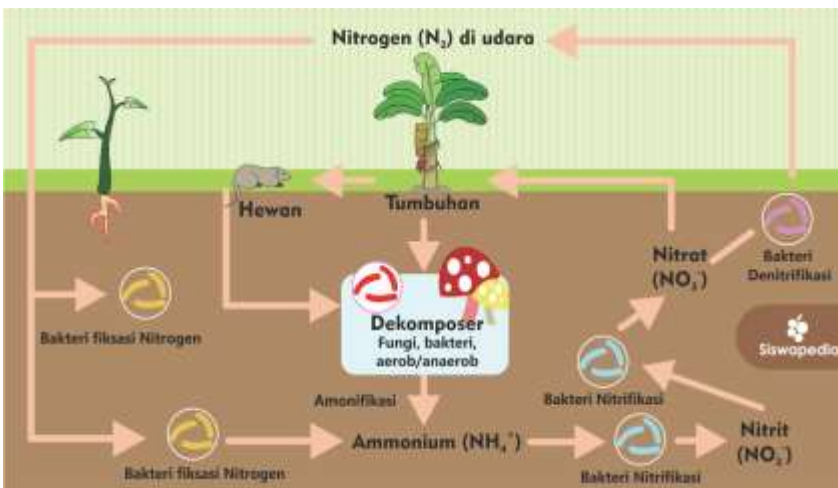
Dalam ekosistem perairan nitrogen terdapat dalam beragam bentuk senyawa, yang terbanyak berbentuk N-molekuler ( $\text{N}_2$ ), kemudian nitrit ( $\text{NO}_2$ ) atau nitrat ( $\text{NO}_3$ ), yang tidak bisa dimanfaatkan oleh organisme. Nitrogen berperan penting pada siklus organik karena menghasilkan asam-asam amino yang menyusun protein. Tumbuh-tumbuhan dan fitoplankton menyerap N-anorganik sebagai nitrogen molekuler. Produser mensintesis protein, dimakan hewan, kemudian jika mati diurai oleh bakteri menjadi bentuk senyawa ( $\text{NO}_2$ ,  $\text{NO}_3$ ,  $\text{NH}_4$ ) dan lepas ke udara dan diserap dari udara (Romimohtarto dan Juwana, 2001).

Di laut distribusi vertikal senyawa nitrogen berbeda-beda. Lapisan permukaan didominasi Nitrat, ammonium tersebar merata, sedangkan nitrit terpusat dekat termoklin. Oleh karena itu saat nitrogen diubah menjadi senyawa anorganik, tenggelam

di bawah termoklin. Termoklin menghalangi migrasi vertikal unsur-unsur nitrogen, akibatnya kadar nitrogen merupakan faktor pembatas produktivitas laut.



Gambar 4.7. Daur Nitrogen

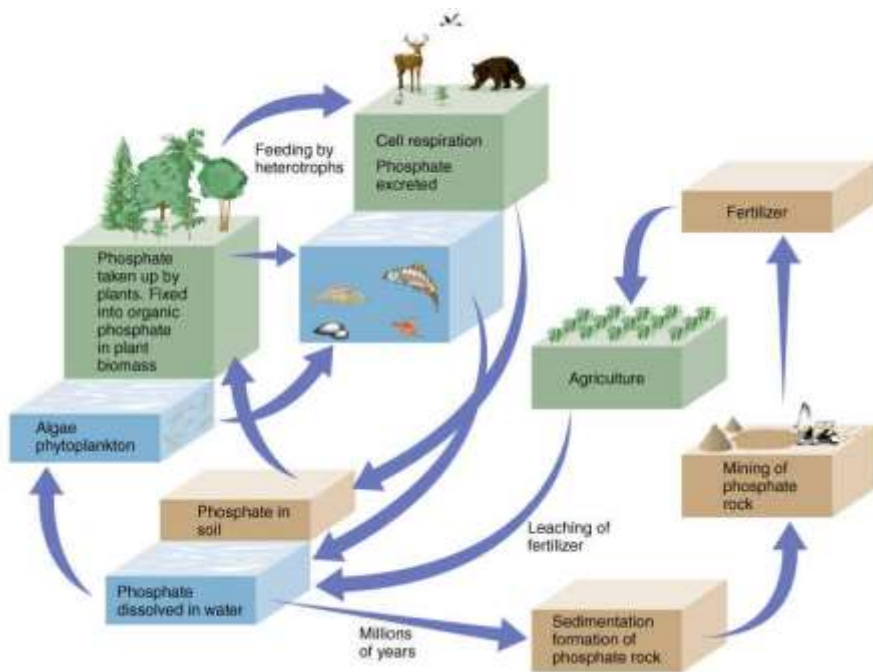


Gambar 4.8. Daur Nitrogen  
(Sumber: Lestari, 2020)

#### 4. Daur Fosfor

Di alam fosfor terdapat sebagai ion fosfat ( $\text{PO}_4^{3-}$ ), yaitu senyawa fosfat anorganik (di air dan tanah) dan senyawa fosfat organik (pada tumbuhan dan hewan). Senyawa fosfat organik pada organisme yang mati diuraikan oleh dekomposer menjadi fosfat anorganik yang terlarut di air tanah atau air laut akan terkikis dan mengendap di sedimen laut. Peristiwa pengikisan dan erosi membentuk fosfat anorganik terlarut di air tanah dan air laut kemudian diserap akar tumbuhan atau fitoplankton (Gambar 4.9).

Mikroba pelarut fosfat (*Aspergillus* sp., *Penicillium* sp., *Pseudomonas* sp., dan *Bacillus megatherium*) melepaskan ikatan fosfat dari mineral liat dan menyediakannya hara bagi organisme fotosintetik (tumbuhan, alga, fitoplankton). Pada umumnya mikroba yang mampu melarutkan fosfat, juga mampu melarutkan Kalium.



**Gambar 4.9.** Daur Fosfor

## 5. Daur Belerang (Sulfur)

Belerang (*Sulfur*) terdapat dalam bentuk sulfat anorganik. Di alam sulfur berasal dari erupsi vulkanik dan hasil pembakaran bahan bakar fosil. Sulfur direduksi oleh bakteri menjadi sulfida, sulfur dioksida atau hidrogen sulfida. Hidrogen sulfida ( $H_2S$ ) berasal dari dekomposisi organisme yang mati dan dapat mematikan organisme akuatik. Sulfur diserap oleh tumbuhan dan fitoplankton dalam bentuk sulfat ( $SO_4$ ).

Sulfur diuraikan menjadi sulfida, hidrogen sulfida, dan sulfur dioksida oleh bakteri *Desulfomaculum* dan *Desulfibrio* yang mereduksi sulfat menjadi sulfida dalam bentuk hidrogen sulfida ( $H_2S$ ).  $H_2S$  lalu dipergunakan oleh bakteri fotoautotrof anaerob yaitu *Chromatium* dan melepaskan sulfur dan oksigen. Sulfur di oksidasi menjadi sulfat oleh bakteri kemolitotrof yaitu *Thiobacillus*.



Gambar 4.10. Daur Sulfur

### 4.3 Aksi dan Interaksi Dalam Ekosistem

Ekologi mengkaji interelasi antar organisme dan komunitas organisme dengan lingkungannya. Lingkungan yang dimaksud, mencakup semua unsur di luar organisme. Faktor lingkungan eksternal meliputi intensitas cahaya, temperatur, salinitas, curah hujan, kelembaban dan topografi, serta manifestasi dari bentuk interelasi tersebut meliputi parasit, predator dan kompetitor.

Ekologi pada awalnya hanya bersifat eksploratif, tidak melakukan percobaan, hanya mempelajari apa yang terjadi di alam. Namun, seiring berkembangnya kebutuhan manusia dan dinamika alam, ekologi telah berkembang menjadi ilmu yang mempelajari struktur dan fungsi ekosistem (alami), sehingga dapat menganalisis dan memberi jawaban terhadap berbagai kejadian alam, misalnya terjadinya tsunami, banjir bandang, tanah longsor, DBD, pencemaran, efek rumah kaca, kerusakan hutan, dan lain-lain.

#### 4.3.1 Interaksi Dalam Ekosistem

Setiap makhluk hidup membutuhkan makhluk hidup lainnya sehingga saling bergantung agar bisa bertahan hidup. Ekosistem tersusun dari komponen abiotik dan biotik yang membentuk kesatuan pendukung kehidupan. Komponen abiotik merupakan komponen ekosistem yang terdiri dari nir hayati atau benda mati, meliputi lingkungan fisik dan kimia sebagai tempat berlangsungnya hidup (habitat). Komponen abiotik dapat berbentuk benda organik, senyawa anorganik, dan kondisi lingkungan yang mempengaruhi distribusi organisme. Komponen biotik terdiri dari organisme autotrof, heterotrof, dan pengurai.

Dalam ekosistem antar makhluk hidup terjadi hubungan, baik dengan spesies yang sama (*intra spesies*) maupun dengan spesies yang berbeda (*antar spesies*), maupun antara makhluk hidup dengan lingkungannya.

*Interaksi Antar-Individu akan Membentuk Populasi* yaitu spesies yang sama yang hidup pada waktu dan habitat tertentu. Populasi potensial melakukan kawin silang dan menghasilkan keturunan yang fertile. Oleh karena itu suatu populasi memiliki karakteristik kesamaan morfologi, fungsi fisiologi, perkawinan silang keturunan yang fertile. Dengan demikian ukuran populasi dapat tumbuh dan berkembang, atau menurun karena diburu,

penyakit, bencana alam, dan persaingan makanan, oksigen, air, dan ruang.

1. *Interaksi Antar-Populasi Membentuk Komunitas*

Interaksi antar populasi pada habitat tertentu membentuk komunitas. Contoh dalam komunitas hutan hujan tropis terdapat populasi tumbuhan, reptilia, burung, mammalia, moluska, cacing, dan mikroorganisme. Beberapa kategori umum tentang interaksi dan hasil akhir yang didapat oleh organisme yang terlibat dapat dilihat pada tabel 4.1.

**Tabel 4.1.** Kategori Interaksi dan Konsekwensinya

| Macam Interaksi | Organisme 1 | Organisme 2       |
|-----------------|-------------|-------------------|
| Kompetisi       | Dirugikan   | Dirugikan         |
| Predasi         | Diuntungkan | Dirugikan         |
| Parasitisme     | Diuntungkan | Dirugikan         |
| Komensalisme    | Diuntungkan | Tidak Berpengaruh |
| Mutualisme      | Diuntungkan | Diuntungkan       |

2. *Kompetisi*

Dalam kompetisi dua makhluk hidup memperebutkan sumberdaya yang sama dan mengakibatkan keduanya mengalami kerugian. Sumberdaya tersebut, dapat berupa makanan, habitat, atau pasangan kawin. Oleh karena kompetisi dapat berupa *kompetisi intraspesifik* (dalam spesies yang sama), atau *kompetisi interspesifik* (berbeda spesies). Akibat adanya kompetisi terjadilah dinamika ukuran populasi.

3. *Predasi*

Predasi terjadi karena satu spesies memakan yang lain. Pemangsa (predator) memperoleh nutrisi dengan memakan makhluk hidup (*prei*).

4. *Simbiosis*

Simbiosis berarti hidup bersama, antara dua spesies yang berbeda. Bentuknya dapat berupa parasitisme, komensalisme, dan mutualisme.

## 5. *Parasitisme*

Merupakan interaksi makhluk hidup dimana satu organisme diuntungkan karena memperoleh sumberdaya, sedangkan organisme yang lain menderita kerugian. Misalnya interaksi antara inang atau hospes dengan parasit.

## 6. *Komensalisme*

Merupakan interaksi dimana satu organisme mendapatkan keuntungan, tetapi organisme lain tidak diuntungkan atau dirugikan). Contoh interaksi antara ikan remora dengan hiu.

## 7. *Mutualisme*

Merupakan bentuk interaksi dimana kedua spesies organisme memperoleh keuntungan. Contoh interaksi antara serangga dengan bunga pada proses penyerbukan bunga (polinasi).

Karakteristi komunitas adalah memiliki keanekaragaman dan pola distribusi spesies. Komunitas yang dewasa ditandai dengan keanekaragaman tinggi, bersifat stabil, dan memiliki *daya lenting* tinggi.

*Interaksi Antara Komunitas dengan Komponen Abiotik Membentuk Ekosistem*, dimana terjadi rantai makanan, pemanfaatan energi dan daur ulang materi. Ukuran ekosistem sangat variatif, mulai kecil hingga. Kubangan air adalah ekosistem yang sempit, atau lautan. Seluruh permukaan bumi disebut biosfer merupakan ekosistem.

*Interaksi Antar-Ekosistem Membentuk Biosfer*. Permukaan bumi yang dihuni makhluk hidup merupakan *biosfer* atau *ekosfer*. Dengan demikian jika terjadi perubahan komposisi atau keadaan lingkungan misalnya akibat pencemaran, kerusakan, atau perubahan iklim, maka akan mengancam kelestarian makhluk hidup, termasuk umat manusia.

Ekosistem sifatnya dinamis, selalu berubah mengarah kepada kestabilan atau kematangan (*klimaks*). Dalam

ekosistem terjadi proses yang kompleks meliputi aliran energi (*energy flux*), rantai makanan (*food chain*), pengendalian (*cybernetic*), keanekaragaman (*diversity*), daur biogeokimia (*biogeochemical cyclus*), dinamika populasi (*population dynamic*), dan evolusi (*evolution*). Setiap ekosistem selalu berkembang menuju kearah keseimbangan atau *suksesi*. Perkembangan ini tergantung pada pola perkembangan komunitasnya.

#### 4.3.2 Hubungan Trofik Dalam Ekosistem

Interaksi antar makhluk hidup, dan antara makhluk hidup dengan lingkungannya dalam ekosistem terbentuk didasarkan atas hubungan saling membutuhkan antara organisme maupun eksploitasi faktor-faktor abiotik untuk kelangsungan hidup organisme. Berdasarkan urgensinya, baik interaksi antar organisme maupun antara organisme dengan lingkungannya dalam rangka memperoleh energi untuk keberlangsungan hidupnya. Energi yang diperoleh tersebut dipergunakan untuk metabolisme dalam rangka pemeliharaan kondisi, bergerak, tumbuh dan berkembang, serta bereproduksi. Atas dasar kepentingan tersebut maka setiap organisme berjuang untuk *survive*, sehingga dapat memenuhi kebutuhan untuk kelangsungan hidup dan eksistensinya.

Dalam ekosistem penyedia energi pertama adalah produser yang mampu mengkonversi unsur hara menjadi bahan organik kaya energi yang bisa dimanfaatkan oleh konsumen primer. Laju pembentukan bahan organik kaya energi ini disebut *produktivitas primer*. Sedangkan jumlah bahan organik (*biomassa*) yang terbentuk dalam proses produktivitas disebut *produktivitas primer kotor*, atau *produksi total*. Setelah digunakan oleh produser untuk metabolisme dan respirasi dihasilkan *produksi primer bersih*, yang merupakan jumlah gram karbon (C) per satuan luas atau volume air per interval waktu, atau jumlah gram karbon per m<sup>2</sup> per hari (gC/m<sup>2</sup>/hari) (Levinton, 1982) atau disebut juga hasil tetap (*standing crop*). Produksi primer inilah yang dapat dimanfaatkan oleh organisme di tingkatan-tingkatan trofik lain (Nontji, 1993). Untuk

mengetahui produktivitas primer ekosistem perairan, dapat diketahui dengan mengukur jumlah karbon, biomassa fitoplankton dan konsentrasi klorofil-a (Nontji, 1993) secara langsung di lapangan (Paterson, 1989). Dalam ekosistem laut sebagai produsen diduduki oleh fitoplankton, bakteri fotosintetik dan khemosintetik, serta hidrofita (rumpun laut atau *seagrass*) (Nybakken, 2001).

Fitoplankton dan tumbuhan sebagai produsen juga memerlukan energi hasil dari metabolisme bahan organik yang disintesisnya untuk aktivitasnya (respirasi, memelihara homeostatis, tumbuh, dan berkembang) (Campbell *et al.*, 2002), sehingga tidak semua disimpan sebagai biomassa (Lukas dan Lindstrom, 1991). Oleh karena itu, produktivitas primer bersih (*net primary productivity*, NPP) merupakan produktivitas primer kotor yang dikurangi energi untuk respirasi ( $R_s$ ) oleh produsen:

$$\text{NPP} = \text{GPP} - R_s$$

**Dimana:** NPP= *Net Primary Productivity*

GPP= *Gross Primary Productivity*

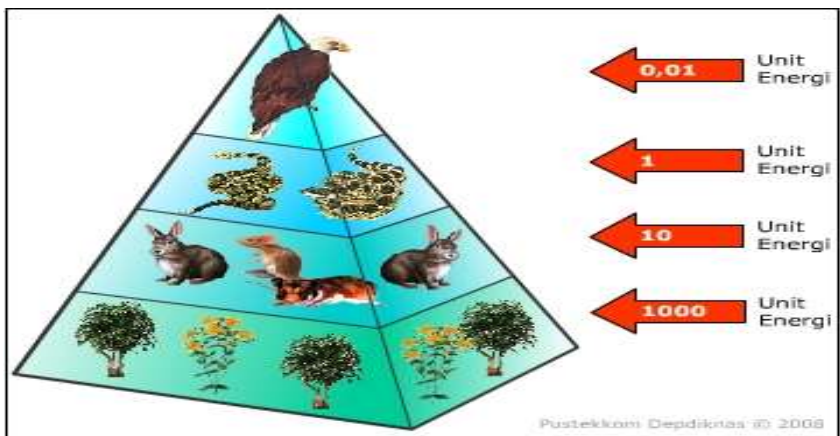
$R_s$  = Respirasi

Produktivitas primer merupakan simpanan energi kimia dalam bentuk biomassa produsen yang tersedia bagi konsumen. Kapasitas produktivitas primer bersih mayoritas produser mencapai 50%–90% dari produktivitas primer kotor. Pada umumnya rasio NPP terhadap GPP lebih kecil untuk produser besar dengan struktur nonfotosintetik yang rumit, misalnya pohon dengan akar dan batang yang besar (Campbell *et al.*, 2002).

Produktivitas primer merupakan energi persatuan luas persatuan waktu ( $\text{J}/\text{m}^2/\text{tahun}$ ), atau biomassa (berat kering organik)( $\text{g}/\text{m}^2/\text{tahun}$ ). Produktivitas primer berbeda dengan total biomassa atau biomassa tanaman tegakan (*standing crop biomass*) produser yang terdapat pada suatu waktu tertentu. Produktivitas primer menunjukkan laju pembentukan biomassa oleh produsen. Dengan demikian sebuah hutan memiliki biomassa tanaman tegakan yang sangat besar, produktivitas primernya belum tentu

lebih besar dari padang rumput yang jenis vegetasinya lebih sedikit (Campbell *et al.*, 2002).

Ekosistem memiliki struktur trofik dan hubungan makan memakan, yang secara umum terdiri dari produser, konsumen, dan dekomposer. Dari tingkatan taraf trofik, secara umum menunjukkan semakin tinggi tingkat trofiknya jumlah individunya semakin sedikit. Struktur trofik berbentuk piramida ekologi.



**Gambar 4.11.** Piramida Energi

## 4.4 Kepunahan

### 4.4.1 Penyebab Kepunahan: Menurunnya Biodiversitas

Salah satu fenomena yang terus terjadi adalah menurunnya keanekaragaman hayati yang merupakan jalan menuju kepunahan spesies tertentu. Secara umum mekanisme punahnya keanekaragaman hayati diakibatkan oleh: perubahan iklim global, invasi spesies baru, deforestasi, industri pertanian dan kehutanan, perubahan ekosistem dan fragmentasi habitat, *overeksploitasi* sumberdaya alam, dan pencemaran.

#### 1. Perubahan iklim global

Terjadinya peningkatan akumulasi *Gas Rumah Kaca* telah menaikkan suhu bumi 1-3°C setiap abad menyebabkan fenomena pemanasan global (*global warming*) dan menyebabkan kenaikan permukaan laut 1-2 meter. Hal ini telah memicu terjadinya perubahan iklim global yang berdampak

terhadap kehidupan organisme, karena mempengaruhi ketersediaan makanan, perubahan mikroklimat habitat, dan pola reproduksinya sehingga dapat menyebabkan terjadinya kepunahan spesies.

## 2. *Invasi Spesies baru*

Pada umumnya spesies invasif sangat adaptif. Oleh karena itu introduksi spesies baru, misalnya pemangsa, menjadi kompetitor bagi spesies asli, sehingga dapat memicu kepunahan.

## 3. *Deforestasi, Industri pertanian dan kehutanan*

Pertumbuhan populasi penduduk dunia yang cenderung memiliki kebutuhan pangan yang relatif sama berpengaruh terhadap komoditi pangan pasar global. Saat ini produk spesies tanaman jumlahnya relatif sedikit yang laku diperdagangkan di pasar dunia, telah efektif mendorong budidaya monokultur, alih fungsi hutan menjadi lahan budidaya (*deforestasi*) yang sangat potensial memicu terjadinya kepunahan spesies.

## 4. *Perubahan Ekosistem dan Fragmentasi habitat*

Pesatnya pembangunan dan eksploitasi sumberdaya alam akibat pertambahan penduduk telah mengubah ekosistem dan menyebabkan fragmentasi habitat. Jika perubahan ekosistem dan fragmentasi habitat tersebut melampaui kemampuan homeostasisnya maka akan terjadi kepunahan.

## 5. *Overeksploitasi Sumberdaya alam*

Pertumbuhan penduduk yang tinggi dan kebutuhan akan bahan baku industri telah menjadi faktor utama pemicu eksploitasi dan ekstraksi sumberdaya alam. Akibatnya terjadi kerusakan ekosistem, musnahnya habitat alami flora dan fauna, serta menurunnya daya dukung lingkungan terhadap kehidupan organisme sehingga menyebabkan terjadinya migrasi, kematian, dan kepunahan.

## 6. *Pencemaran*

Industrialisasi, modernisasi pertanian dan peternakan, serta perubahan gaya hidup telah menyebabkan konsumsi bahan bakar fosil secara signifikan. Hal ini menimbulkan terjadinya pencemaran lingkungan yang berdampak negatif terhadap kesehatan ekosistem dan kelangsungan hidup organisme (Serageldin, 1993).

#### **4.4.2 Upaya Mencegah Kepunahan: Konservasi Biodiversitas**

Kepunahan merupakan proses evolusioner yang akan terus terjadi. Namun dengan mengetahui faktor-faktor yang dapat mengakselerasinya, maka kita dapat mengurangi laju yang mempercepat proses kepunahan. Oleh karena perubahan habitat merupakan faktor utama penyebab terjadinya kepunahan, maka konservasi menjadi syarat mutlak agar laju kepunahan tersebut diperlambat. Untuk itu suaka alam dan suaka margasatwa merupakan sarana konservasi yang paling kompatibel, karena dapat melindungi kelestarian spesies yang dilindungi secara ketat.

Suatu spesies dikategorikan langka dan dilindungi jika jumlahnya tinggal sedikit, banyak dimanfaatkan oleh manusia, dan habitatnya rusak. Salah satu upaya untuk mencegah terjadinya kepunahan adalah melindungi dan mengelola ekosistem berdasarkan kaidah-kaidah ekologi, yaitu *interaksi*, *interdependensi*, *diversitas*, *keseimbangan*, dan *keberlanjutan* yang bersifat fungsional. Adapun aspek ekologi yang perlu diperhatikan dalam pengelolaan sumberdaya hayati, meliputi biogeografi, populasi, keanekaragaman spesies, produktivitas, serta flora dan fauna yang dilindungi.

## DAFTAR PUSTAKA

- Arifin, Saddoen. 2022. Penjelasan Lengkap Rantai Makanan & Jaringan Makanan Beserta Contoh. <https://moondoggiesmusic.com/rantai-makanan/#gsc.tab=0>. Diakses pada tanggal 16 Juli 2022.
- Bengen. 2002. Studying the role of mudtemperature on the hourly variation of the photosynthetic capacity of microphytobenthos in intertidal areas. *C R Acad Sci Paris Life Sci* 319:1153-1158
- Brown, P.R. (ed). 1998. Calcareous Nannofossil Biostratigraphy. Kluwer Academic, Dordrecht. Barrera, E., and C.C. Johnson (eds) 1999. *Evoluti*
- Campbell, N. A., J. B. Reece, L. G. Mitchell. 2002. *Biologi (terjemahan)*, Edisi kelima Jilid 3. Jakarta: Penerbit Erlangga.
- Lestari, Desi. 2020. Siklus atau Daur Biogeokimia. [https://www.siswapedia.com/siklus-atau daur-biogeokimia/](https://www.siswapedia.com/siklus-atau-daur-biogeokimia/). Diakses pada tanggal 16 Juli 2022
- Levinton, J. S., 1982. *Marine Ecology*. Printice – Hall inc.
- Lukas R., and E. Lindstrom, 1991. The Mixed Layer of the Western Equatorial Pacific Ocean. *J. Geophys. Res.*, 96: 3343 – 3357
- Nontji, A. 1993. *Laut Nusantara*. Jakarta: Penerbit Djambatan.
- Nybakken, James. 2001. *Biologi Laut: Suatu Pendekatan Ekologis*. Jakarta: PT. Gramedia Pustaka Utama
- Odum, E.P. 1998. *Dasar-Dasar Ekologi. Edisi 4*. Yogyakarta: Universitas Gadjah Mada Press.
- Odum, E. P. 1971. *Dasar-Dasar Ekologi*. (Terjemahan: T. Samingan). Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Paterson, D.M. 1989. Short-term changes in the erodibility of intertidal cohesive sediments related to the migratorybehavior of epipellic diatoms. *Limnol Oceanogr* 34:223-234
- Romimohtarto, K. Juwana, S. 1999. *Biologi Laut. Ilmu Pengetahuan Tentang Biota Laut*. Jakarta: LIPI.

Serageldin, I. 1993. *Promoting Sustainable Development to World. New Paradigment Enfollowing the Environmental Proceiding of the First Annual and International Conference and Environmentally Sustainable Development.* Sept. 30 – Dec. 1, 1993.



# BAB 5

## MASALAH EKOSISTEM

*Oleh Fitriani Kahar*

### 5.1 Definisi

Definisi ekosistem Woodbury adalah suatu tatanan terpadu yang kompleks di mana habitat, tumbuhan, dan hewan dianggap sebagai satu kesatuan yang utuh, semuanya merupakan bagian dari rantai siklus material dan aliran energi (Ritci, P. 2017).

Ekosistem juga dapat diartikan sebagai suatu kesatuan lingkungan yang tidak hanya mencakup komponen hayati (jenis makhluk hidup) tetapi juga komponen fisik yang saling berinteraksi (iklim, air, tanah) dan komponen kimia (keasaman, salinitas). Faktor-faktor yang dapat dijadikan ciri keutuhan ekosistem adalah energi (tingkat trofik atau pangan, produsen, konsumen, pereduksi), siklus hara (peran yang melaksanakan tingkat nutrien), dan produktivitas (hasil keseluruhan sistem). Berfokus pada komponen biokimia, apa yang dapat hidup dalam suatu ekosistem ditentukan oleh hubungannya dengan spesies lain yang menghuni ekosistem tersebut. Selain itu keberadaannya juga ditentukan oleh keseluruhan jenis serta faktor fisik dan kimia penyusun ekosistem tersebut (Utomo, S.W., Si, M., Sutriyono, I. & Rizal, R. 2012).

Kuranasih & Sani (2014) mengungkapkan bahwa Kurikulum 2013 mengklasifikasikan siswa sebagai mata pelajaran yang peduli dengan lingkungan sosial, alam, dan budaya. Hal ini sesuai dengan pendekatan pembelajaran SETS yang menghubungkan proses belajar mengajar dengan kejadian nyata dalam kehidupan sehari-hari (bersifat kontekstual) dan bersifat komprehensif (terintegrasi dalam empat komponen SETS). Melalui pendekatan SETS ini diharapkan siswa mampu melihat sesuatu secara terpadu dengan memperhatikan unsur-unsur yang terdapat dalam SETS. Guru dapat menghubungkan konsep sains yang diajarkan dengan permasalahan sosial.

Melalui hal ini diharapkan siswa dapat menerapkan pembelajarannya dalam kehidupan sehari-hari dan apa yang dipelajari di sekolah dapat bermanfaat bagi masyarakat dengan tetap memperhatikan dampaknya terhadap lingkungan. Pengembangan modul materi ekologi dengan pendekatan SETS bertujuan agar menarik dan mudah dipahami, serta dapat dipelajari secara mandiri dimana saja, sehingga siswa dapat memperoleh banyak pengalaman belajar dan lebih mengenal fenomena-fenomena disekitarnya.

Diuraikan oleh Binadja & Wardhani (2006), pendekatan SETS adalah metode pembelajaran yang menghubungkan konten pembelajaran dengan aspek ilmiah, lingkungan, teknologi, dan sosial yang saling sesuai sebagai bentuk kolaborasi terpadu. Oleh karena itu SETS dapat dipandang sebagai titik temu (koneksi) antara berbagai ilmu pengetahuan yang telah dikenal masyarakat dan akan diketahui masyarakat di kemudian hari. Binaja dan Wardani (2006).

## **5.2 Ruang Lingkup Ekologi**

Ruang lingkup ekologi mencakup populasi, komunitas, ekosistem, dan biosfer. Ekologi dibagi menjadi autokologi dan sinekologi. Sebagai salah satu cabang ilmu biologi, ekologi juga berkaitan dengan cabang ilmu biologi lainnya seperti morfologi, fisiologi, evolusi, genetika, zoologi, botani, biologi molekuler, dan entomologi (Makunun, 2017).

## **5.3 Komponen ekosistem**

Bagian lingkungan hidup dan benda mati saling berinteraksi dan saling bergantung. Interaksi antara makhluk hidup dan benda tak hidup dalam lingkungan disebut ekosistem. Ekosistem terdiri dari individu, kelompok, dan komunitas (Ibid).

Komponen penyusun keseluruhan ekosistem meliputi komponen biotik dan abiotik. Organisme yang membentuk komunitas dan ekosistem merupakan satu kesatuan yang membentuk suatu jaringan kehidupan kompleks yang saling berhubungan. Materi pembelajaran ekosistem memberikan jawaban atas permasalahan yang ada di alam. Ekosistem terdiri dari

komunitas dan lingkungan abiotiknya, seperti iklim, tanah, air, udara, dan energi (Abu Bakar Siddiq Khatiri, 2012).

Semua makhluk hidup memerlukan lingkungan untuk memenuhi kebutuhannya. Makhluk hidup dan lingkungan hidup saling berinteraksi, lingkungan alam memenuhi kebutuhan makhluk hidup, dan makhluk hidup menjamin dan memelihara kelestarian kondisi lingkungan alam. Hubungan antara makhluk hidup dengan lingkungannya menimbulkan simbiosis yang beragam di alam. Aktivitas kehidupan makhluk hidup yang terjadi di alam merupakan suatu bentuk simbiosis antara makhluk hidup dengan alam. Oleh karena itu mempengaruhi pertumbuhan dan perkembangan makhluk hidup. Dalam komunitas biologis, makhluk hidup mempunyai hubungan saling ketergantungan dengan makhluk hidup lainnya, dan makhluk hidup mempunyai hubungan tidak hanya dengan makhluk hidup lain tetapi juga dengan lingkungan. Ikhwani S.D – IPA 4: untuk SD/MI Kelas IV (Jakarta: Pusat Buku, Departemen Pendidikan Nasional, 2009). Hal. 58-72.

Di alam, jenis makhluk hidup menempati tempat tertentu tergantung habitatnya. Ada yang hidup di air seperti ikan, ada yang hidup di darat seperti manusia dan hewan darat lainnya, dan ada pula yang hidup di langit seperti burung. Meskipun luas habitat di dunia ini tidak bertambah, namun jumlah makhluk hidup relatif meningkat (Emda, A. 2011).

Akibatnya, semakin banyak makhluk hidup yang hidup di permukaan bumi, dan ekosistem bumi semakin mengecil. Organisme menjadi saling bergantung dalam komunitas. Oleh karena itu, makhluk hidup juga mempunyai hubungan dengan lingkungannya. Makhluk hidup selalu bergantung pada lingkungannya (Kerati, A.S. 2010).

Manusia, hewan, dan tumbuhan tentunya mempunyai ciri-ciri yang tercantum dalam ciri-ciri makhluk hidup. Semua makhluk hidup tentu melalui proses kehidupan. Proses kehidupan itu sendiri di alam tidak lepas dari interaksi antara organisme dan ekosistem. Karena proses kehidupan tidak dapat dipisahkan dari ekosistem itu sendiri (Silaen, A. 2008).

Manusia, tumbuhan, dan hewan semuanya adalah makhluk hidup. Manusia bernafas, tumbuhan tumbuh, dan hewan bergerak.

Ini adalah contoh ciri-ciri makhluk. Ciri-ciri makhluk tersebut adalah sebagai berikut.

1. Respirasi (pernapasan)
  2. Olah raga
  3. Kebutuhan pangan atau zat gizi
  4. Pertumbuhan dan perkembangan
  5. Reproduksi (reproduksi)
  6. Peka terhadap rangsangan (hipersensitivitas)
  7. Metabolisme (memetabolisme)
  8. Mengeluarkan hasil sisa (ekskresi)
  9. Beradaptasi dengan lingkungan (adaptasi)
- (Zein. A. 2009)

## 5.4 Jenis-jenis Ekosistem

Ekosistem dunia dapat dibagi menjadi dua wilayah: ekosistem alami dan ekosistem buatan. Ekosistem alami mencakup semua ekosistem yang berasal dari alam dan bukan diciptakan oleh manusia. Mereka dibagi menjadi ekosistem perairan dan darat. Ekosistem perairan sendiri terdiri dari ekosistem air tawar dan ekosistem air asin. Ekosistem darat terdiri dari hutan, padang rumput, gurun, tundra, dan taiga. Ekosistem buatan adalah ekosistem yang diciptakan manusia untuk memenuhi kebutuhan manusia (Karitas, D.P. 2017).

### 1. Ekosistem Akuatik (Air)

Terdiri dari:

#### a. Ekosistem air tawar

Ciri-ciri ekosistem air tawar antara lain fluktuasi suhu yang kecil, berkurangnya penetrasi cahaya, serta pengaruh iklim dan cuaca. Spesies tumbuhan yang paling umum adalah alga, yang lainnya adalah tumbuhan berbiji. Hampir semua filum hewan hidup di air tawar. Organisme yang hidup di air tawar umumnya beradaptasi dengan baik.

#### b. Ekosistem air laut

Habitat laut (marine) dicirikan oleh salinitas (salinitas) yang tinggi dengan ion Cl hingga 55% akibat suhu tinggi dan penguapan yang tinggi, terutama di wilayah laut

tropis. Di daerah tropis, suhu air laut kurang lebih 25 °C. Karena perbedaan suhu yang besar antara bagian atas dan bawah, maka terdapat batas yang disebut daerah termoklin antara lapisan hidrotermal atas dan lapisan air dingin bagian bawah.

c. Ekosistem estuari (muara)

Ini adalah tempat pertemuan sungai dan laut. Muara sering kali dikelilingi oleh dataran pasang surut yang luas dan rawa asin. Ekosistem muara sangat produktif dan kaya akan nutrisi. Komunitas tumbuhan muara meliputi rumput rawa asin, alga, dan fitoplankton. Faunanya meliputi berbagai serangga, kerang, kepiting, dan ikan.

d. Ekosistem Pantai

Nama tersebut berasal dari fakta bahwa *Ipomoea pes caprae*, tanaman yang tahan terhadap gelombang dan angin, tumbuh subur di bukit pasir. Tumbuhan yang hidup pada ekosistem ini menyebar dan berdaun.

e. Ekosistem sungai

Sungai adalah perairan yang mengalir dalam satu arah. Air sungainya dingin dan jernih serta mengandung sedikit sedimen atau makanan. Arus dan gelombang secara konstan memasok oksigen ke air. Suhu air bervariasi tergantung pada ketinggian dan garis lintang. Ekosistem sungai menjadi rumah bagi satwa seperti ikan lele, gurami, penyu, ular, buaya, dan lumba-lumba.

f. Ekosistem terumbu karang

Ekosistem ini terdiri dari karang di dekat pantai. Efisiensi ekosistem ini sangat tinggi. Hewan yang hidup di karang memakan mikroorganisme mati dan bahan organik lainnya. Berbagai invertebrata, mikroorganisme, dan ikan hidup di antara karang dan alga. Herbivora seperti siput, bulu babi, dan ikan menjadi mangsa gurita, bintang laut, dan ikan karnivora. Di dekat pantai terdapat terumbu karang sehingga pantai ini berpasir putih.

- g. Ekosistem laut dalam  
Kedalamannya lebih dari 6.000 m dan biasanya menjadi rumah bagi ikan lele laut dan ikan air asin bercahaya lainnya. Sebagai produsen, terdapat bakteri yang hidup bersimbiosis dengan karang tertentu.
- h. Ekosistem lamun (sea grass)  
Lamun atau rumput laut merupakan satu-satunya kelompok tumbuhan berbunga yang hidup di lingkungan laut. Tumbuhan ini hidup di perairan pantai yang dangkal. Seperti rumput terestrial, ia memiliki pucuk daun tegak dan batang menjalar, yang berpengaruh positif terhadap reproduksi. Berbeda dengan tumbuhan laut lainnya (alga dan alga), rumput laut berbunga, berbuah, dan menghasilkan biji. Rumput laut memiliki akar dan juga sistem internal untuk mengangkut gas dan nutrisi. Rumput laut digunakan sebagai sumber daya hayati untuk berbagai tujuan (Luckman T, 2010).

## 2. Ekosistem Terrestrial (Darat)

Penentuan zona pada ekosistem darat ditentukan oleh suhu dan curah hujan. Ekosistem darat dapat dikendalikan oleh iklim dan gangguan. Iklim sangat penting dalam menentukan mengapa ekosistem darat ada di lokasi tertentu. Pola ekosistem dapat berubah akibat gangguan seperti sambaran petir, kebakaran, dan aktivitas manusia. Ada beberapa jenis ekosistem darat:

- a. Ekosistem hutan hujan tropis  
Hutan hujan tropis terdapat di daerah tropis dan subtropis. Hal ini ditandai dengan curah hujan tahunan 200 hingga 225 cm. Jenis pohonnya relatif banyak, dan jumlahnya bervariasi tergantung lokasi geografis. Tinggi pohon induk 20-40 meter, dengan cabang tinggi dan daun lebat membentuk tudung (mahkota). Hutan lembab mengalami perubahan iklim mikro, atau iklim di sekitar organisme. Area makanan menerima banyak sinar matahari, fluktuasi suhu dan kelembapan, dengan

suhu sekitar 25°C sepanjang hari. Epifit khas seperti tanaman merambat (rotan) dan anggrek sering terlihat di hutan hujan tropis. Hewan termasuk monyet, burung, badak, babi hutan, harimau, burung hantu, dan banyak lagi.

b. Ekosistem sabana

Sabana tropis ditemukan di daerah dengan curah hujan tahunan 40 hingga 60 inci, namun suhu dan kelembapan bervariasi menurut musim. Sabana terluas di dunia terdapat di Afrika, namun Australia juga memiliki sabana yang luas. Hewan yang hidup di sabana antara lain serangga dan mamalia seperti zebra, singa, dan hyena.

c. Ekosistem padang rumput

Padang rumput terdapat di daerah mulai dari daerah tropis hingga subtropis. Padang rumput dicirikan oleh curah hujan tahunan sekitar 25 hingga 30 cm, curah hujan tidak teratur, porositas (penyerapan air) yang tinggi, dan drainase (aliran air) yang cepat. Tumbuhan yang ada terdiri dari herba dan rerumputan, keduanya bergantung pada kelembapan. Hewan tersebut antara lain: bison, zebra, singa, anjing liar, serigala, gajah, jerapah, kanguru, serangga, tikus, dan ular.

d. Ekosistem gurun

Gurun terdapat di daerah tropis yang berbatasan dengan padang rumput. Ekosistem gurun dicirikan oleh kekeringan dan curah hujan yang rendah (25 cm per tahun). Perbedaan suhu antara siang dan malam sangat besar. Tanaman tahunan gurun berukuran kecil. Selain itu, tanaman keras dengan daun seperti duri, seperti kaktus, atau tanaman keras tak berdaun dengan akar dan jaringan panjang untuk menyimpan air, juga ditemukan di gurun. Hewan yang hidup di gurun pasir antara lain adalah hewan pengerat, semut, ular, kadal, katak, kalajengking, dan beberapa hewan nocturnal lain.

e. Ekosistem hutan gugur

Hutan gugur terdapat di daerah beriklim sedang dengan empat musim, dan ditandai dengan curah hujan yang stabil sepanjang tahun. Jenis pohon sedikit (10-20) dan jaraknya tidak terlalu berdekatan. Hewan yang terdapat di hutan gugur antara lain rusa, beruang, rubah, tupai, burung pelatuk, dan rakun (sejenis luwak).

f. Ekosistem taiga

Taiga tumbuh di daerah pegunungan di belahan bumi utara dan daerah tropis, dan ditandai dengan suhu musim dingin yang rendah. Biasanya, taiga mengacu pada hutan yang terdiri dari tumbuhan runjung, pinus, dan spesies lainnya. Terdapat sedikit semak atau tumbuhan basah, tetapi kehidupan hewan termasuk rusa besar, beruang hitam, ajag, dan burung yang bermigrasi ke selatan pada musim gugur.

g. Ekosistem tundra

Tundra terletak di Lingkaran Arktik di Belahan Bumi Utara dan berada di puncak pegunungan tinggi. Tanaman di kawasan ini hanya tumbuh selama 60 hari. Contoh tumbuhan dominan antara lain lumut gambut, lumut kerak, tumbuhan berbiji tahunan, perdu, dan alang-alang. Secara umum tanaman dapat beradaptasi pada kondisi dingin.

h. Ekosistem karst (batu gamping/gua)

Karst mendapatkan namanya dari wilayah batu kapur di Yugoslavia. Kawasan karst di Indonesia rata-rata mempunyai karakteristik yang kurang lebih sama. Artinya, tanah yang kesuburannya rendah cocok untuk pertanian, mudah erosi, rawan longsor, ventilasinya sedikit, permeabilitasnya rendah, dan didominasi pori-pori mikro. Ekosistem karst memiliki keunikan tersendiri dan menunjukkan berbagai aspek biologis yang tidak ditemukan di ekosistem lain.

3. Ekosistem buatan adalah ekosistem yang diciptakan manusia untuk memenuhi kebutuhan manusia. Ekosistem buatan menerima dukungan energi dari luar, tanaman dan

ternak mudah dipengaruhi oleh manusia dan memiliki keanekaragaman yang rendah. Contoh ekosistem buatan adalah:

- a. Ekosistem bendungan
  - b. Ekosistem hutan tanaman produksi seperti jati dan pinus
  - c. Ekosistem pertanian: sawah tadah hujan, sawah beririgasi, perkebunan kelapa sawit
  - d. Ekosistem pemukiman seperti kota dan desa
  - e. Ekosistem ruang
- (Rachman T, 2010).

## **5.5 Penyebab Kerusakan Ekosistem**

Serangkaian peristiwa yang mengancam dan mengganggu stabilitas kehidupan dan penghidupan masyarakat, baik karena sebab alam maupun perbuatan manusia. Misalnya kerusakan lingkungan, kehilangan harta benda, ketidakbahagiaan, dan dampak psikologis negatif lainnya. Setidaknya ditemukan dua faktor yang menyebabkan kerusakan lingkungan: internal dan eksternal. Faktor internal merupakan kerusakan yang berasal dari dalam bumi atau alam itu sendiri. Kerusakan lingkungan hidup yang disebabkan oleh faktor internal seperti gempa bumi, letusan gunung berapi, badai, dan banjir besar merupakan fenomena alam yang tidak dapat dihindari. Faktor eksternal disebabkan oleh tindakan manusia yang bertujuan untuk meningkatkan kualitas hidup dan kenyamanan, mengabaikan kelestarian lingkungan hidup, seperti pencemaran udara, air, tanah, dan suara akibat industrialisasi, serta kebakaran hutan akibat perluasan perkebunan. (Shorefudin, 2021).

## **5.6 Permasalahan Lingkungan**

Permasalahan ekologi dunia saat ini sedang mengalami banyak perubahan. Perubahan ekosistem bumi disebabkan oleh berbagai faktor, baik alam maupun ulah manusia. Masyarakat sendiri juga mempunyai banyak permasalahan terhadap ekosistem sekitar. Sesuatu seperti tanah longsor yang disebabkan oleh pergerakan tanah di suatu dataran tinggi. Atau masalah yang paling sering terjadi di Indonesia: kebakaran hutan. Kebakaran hutan

terjadi karena dua alasan. Salah satunya adalah musim kemarau panjang, saat hutan mulai mengering. Hal ini juga sering terjadi karena masyarakat memanfaatkan kebakaran hutan untuk memperoleh lahan (Zein, Y.A. & Rohman, A. 2014).

Permasalahan ekologi juga dapat terjadi di perairan, seperti rusaknya terumbu karang akibat seringnya masyarakat membuang sampah ke perairan. Hal ini selanjutnya menyebabkan cepat punahnya ikan hias laut dan habitat terumbu karang (Siregar.CN, 2014).

## 5.7 Kerusakan Ekosistem

Kerusakan lingkungan hidup baik darat, laut, dan udara pada umumnya disebabkan oleh dua faktor, yaitu faktor alam dan faktor manusia. Di sisi lain, kerusakan lingkungan yang disebabkan oleh faktor manusia kemungkinan besar mempunyai dampak kronis dan jangka panjang, baik langsung maupun tidak langsung. Contoh kerusakan lingkungan hidup yang disebabkan oleh aktivitas manusia, khususnya di sisi daratan, antara lain adalah pembalakan liar dengan tujuan pembukaan lahan dan pembakaran hutan. Perusakan lingkungan selalu melibatkan pencemaran lingkungan. Kerusakan lingkungan hidup sendiri merupakan suatu perbuatan yang dilakukan oleh manusia yang secara langsung maupun tidak langsung menyebabkan perubahan fisik dan hilangnya sifat-sifat manusia sehingga mengakibatkan terlampauinya baku mutu mengenai kerusakan lingkungan hidup.



Sumber: <https://redaksi.okezone.com/detail/djamhari/2075>

## 5.8 Kerusakan ekosistem laut akibat dari PLTU

Mengingat pembangunan PLTU terletak di kawasan muara pantai, padang lamun, hutan bakau, dan terumbu karang, maka gangguan terhadap PLTU ini dapat dianggap sebagai kerusakan ekosistem cagar laut. Laut tercemar akibat aktivitas PLTU dan kapal tanker pengangkut batu bara di perairan Jawa dan Kalimantan. Pembangunan PLTU Ujungnegero di Batanes telah menyebabkan kerusakan ekosistem laut. Dampaknya terhadap kehidupan warga yang bekerja sebagai nelayan di sekitar PLTU. Nelayan harus menangkap lebih banyak dibandingkan sebelum ada PLTU. Nelayan akan kesulitan mencari ikan di pesisir pantai Batanes karena limbah yang dihasilkan dari segala industrialisasi di kawasan Batanes akan terbuang sia-sia dan mengalir ke laut sehingga semakin mencemari laut (Abdul Khaliq Napitpur, 2022).

## 5.9 Kerusakan ekosistem darat



**Gambar 5.1.** Kerusakan Ekosistem Hutan

Konversi menjadi perkebunan ini sangat rentan terhadap longsor karena tanah yang ditanami pada lahan tersebut tidak mengandung batuan seperti tanah pegunungan. Tanah longsor sering terjadi di wilayah ini pada musim kemarau, dan kejadian tanah longsor meningkat terutama pada musim hujan, sehingga sangat berbahaya bagi masyarakat yang tinggal di lereng dan sekitarnya. Meski demikian, lahan tersebut tetap menjadi tempat tinggal tetap masyarakat hingga saat ini. Pada perbukitan yang sering terjadi longsor, tanahnya runtuh menjadi tanah datar sehingga sulit untuk ditanami pohon karena sifat dan kontur tanah serta kepemilikan tanah yang terancam. Longsor menyebabkan jenis tanah yang tidak padat dan gembur tidak cocok untuk ditanami tanaman akar tunggang yang semula berada di perbukitan. Hal ini akan mengakibatkan kerusakan lingkungan yang serius, dan juga akan menurunkan produktivitas dan kesejahteraan masyarakat.

## **5.10 Solusi Kerusakan Ekosistem**

### **Upaya mengatasi kerusakan ekosistem darat**

Hanya pohon pinus akar tunggang yang tumbuh di perbukitan yang tersisa. Di sisa wilayah yang terkena dampak tanah longsor, pemerintah daerah bekerja sama dengan Perhutani dan Kementerian Pertanian untuk menerapkan metode reboisasi. Dicampur dengan pohon sengon dan mangga. Namun pemerintah tidak akan serta merta menyediakan seluruh lahan untuk tanaman akar tunggang, melainkan akan mengutamakan dan menjaga aspek kesejahteraan masyarakat dengan melestarikan tanaman jahe dan redberry sebagai ladang perekonomian masyarakat Masu. Guna meningkatkan pemahaman masyarakat akan pentingnya lingkungan hutan di Desa Bananaran, Pemerintah Daerah Kabupaten Ponorogo mengutus BPBD Kabupaten Ponorogo untuk rutin melakukan edukasi lingkungan hidup. Pendidikan lingkungan hidup dilakukan agar masyarakat lebih sadar dan peka terhadap permasalahan lingkungan hidup baik negatif maupun positif, serta tidak mengabaikan manfaat ekonomi dari hortikultura. Penggunaan lahan akan menjadi tantangan masa depan untuk mengatasi krisis perencanaan tata ruang yang diakibatkannya. Perencanaan ruang

yang tepat diperlukan dan dilakukan dalam sistem yang menjamin konsistensi dengan metode:

1. Memberikan pembinaan terhadap kegiatan yang tidak menimbulkan kerusakan lingkungan hidup berdasarkan pengelolaan dan konservasi lingkungan hidup.
2. Keterbatasan kapasitas lahan, termasuk kelestarian lingkungan dan kerentanan terhadap bencana alam.
3. Efisiensi dan sinkronisasi penggunaan ruang dalam penyelenggaraan berbagai kegiatan.

(Risknita.D, 2019)

### **5.11 Perubahan Ekosistem Dan Dampak Lingkungan**

Aktivitas manusia dan bencana alam dapat menyebabkan perubahan ekosistem. Bencana alam seperti letusan gunung berapi dan gempa bumi berada di luar kemampuan manusia. Namun aktivitas manusia seperti polusi dan eksploitasi berlebihan terhadap sumber daya alam secara langsung atau tidak langsung mengubah ekosistem. Perusakan habitat suatu komunitas secara langsung mengubah ekosistem habitat tersebut. Misalnya, eksploitasi ikan di danau dan sungai melalui penggunaan bahan peledak, listrik, dan bahan beracun menyebabkan rusaknya habitat komunitas danau dan sungai, yang pada akhirnya menyebabkan perubahan ekosistem dan berkurangnya keanekaragaman hayati. Ekosistem air tawar memiliki faktor pembatas yang memungkinkan mekanisme yang berfungsi dalam ekosistem dapat berfungsi dengan lancar. Faktor pembatas tersebut berkaitan dengan kondisi habitat air tawar (aquatic environment) antara lain:

1. Temperatur
2. Transpirasi
3. Turbiditas/kekeruhan
4. Arus
5. Gas terlarut dalam air
6. Oksigen terlarut (Dissolved Oksigen/DO)
7. Karbondioksida terlarut
8. Garam biogenik dalam air
9. Na dan K

10. Kalsium dan Magnesium

11. Fosfor

12. Konveksi air

Gangguan seperti peningkatan atau penurunan konsentrasi atau ukuran faktor pembatas tersebut di atas tentunya akan mempengaruhi komunitas dan lingkungan abiotic ekosistem danau dan sungai. Contoh bagaimana pencemaran air yang disebabkan oleh limbah pabrik kertas dapat menimbulkan dampak negatif terhadap lingkungan dan rusaknya ekosistem meliputi:

1. Gangguan terhadap vegetasi

Padi yang ditanam di sawah di daerah yang terkontaminasi sering kali mengalami layu yang menyebabkan ujung daun mengering, membusuk, dan layu.

2. Gangguan terhadap fauna

Hewan dan unggas yang meminum air sungai yang terkontaminasi akan mati atau melahirkan keturunan yang cacat.

3. Gangguan terhadap manusia

Dalam mengelola sawah, terutama pada musim kemarau, petani perlu mengubah cara menanam padi, karena lapisan kertas menumpuk selama musim tanam dan menutupi permukaan tanah. Petani harus menggunakan energi tambahan untuk memulihkan lapisan kertas yang menumpuk di permukaan tanah, sehingga mengakibatkan biaya produksi lebih tinggi. Dari contoh di atas terlihat jelas bahwa gangguan dan pencemaran lingkungan menyebabkan terjadinya perubahan ekosistem (Maknun.D, 2017).

## DAFTAR PUSTAKA

- Abu Bakar Sidik Katili. 2012. Penurunan Jasa (servis) Ekosistem Sebagai Pemicu Meningkatnya Perubahan Iklim Global. Hlm. 17
- Abdul Khaliq Napitupulu. 2022. Pencegahan Kerusakan Ekosistem Laut Di Sekitar Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) Batang Dalam Perspektif Fikih Lingkungan. Jurnal Mahasiswa FIAI-UII, at-Thullab 4(1), 909-925
- Ahmad Zulfikar Zein. 2009. Mengenal Alam IPA III : untuk SD / MI Kelas III (Budi . — Jakarta : Pusat Perbukuan, Departemen Pendidikan Nasional.
- Binadja & Wardhani (2006)
- Detiknews. 2023. Kebakaran Hutan di Yunani Dugaan Penyebab dan Kondisi Terkini. <https://news.detik.com/internasional/d-6842922/kebakaran-hutan-di-yunani-dugaan-penyebab-dan-kondisi-terkini>
- Diana Puspa Karitas. 2017. Ekosistem buku tematik terpadu kurikulum 2013 edisi revisi 2017 (Jakarta: Pusat Kurikulum dan Perbukuan, Balitbang, Kemdikbud, 2013),10.
- Dinda Riskanita. 2019. Upaya Pemerintah Daerah Mengatasi Kerusakan Lingkungan Akibat Alih Fungsi Lahan Berdasarkan Konsep Negara Kesejahteraan. Jurnal Penelitian Hukum: Universitas Muhammadiyah Yogyakarta. 28(2). 123-134
- Djohar Maknun. 2017. Ekologi Populasi, Komunitas, Ekosistem Mewujudkan Kampus Hijau Asri, Islami, dan Ilmiah. Nurjati Press: Cirebon.
- Emda, A. (2011). Pemanfaatan Media Dalam Pembelajaran Biologi Di Sekolah. Jurnal Ilmiah Didaktika: Media Ilmiah Pendidikan Dan Pengajaran, 12(1), 149-162.
- Fakultas Pertanian Universitas Pattimura (Bpfp-Unpatti), 57
- Heri Sulistyanto dan Edy Wiyono, Ilmu Pengetahuan Alam untuk SD dan MI kelas VI (Jakarta :Pusat Perbukuan, Departemen Pendidikan Nasional, 2008), 35.

- Ikhwani S.D –Ilmu Pengetahuan Alam 4: untuk SD/MI Kelas IV (Jakarta: Pusat Perbukuan, Departemen Pendidikan Nasional, 2009). Hlm. 58-72.
- Kurinasih I & Sani B. 2014. *Implementasi Kurikulum 2013 Konsep & Penerapan*. Surabaya: Kata Pena.
- Kerati, A. S. 2010. Etika Lingkungan Hidup. Penerbit Buku Kompas.
- L, Sholehuddin. 2021. Ekologi dan Kerusakan Lingkungan dalam Persepektif Al-Qur'an. Al-Fanar: Jurnal Ilmu Al-Qur'an dan Tafsir. 4(2), 113-134
- Oszaer, R. 2007. Pembangunan Hutan Berbasis Ekosistem Dan Masyarakat. Badan Penerbit
- Ritci, P. 2017. Penerapan Peraturan Menteri Perhubungan No. 4 Tahun 2005 Untuk Melaksanakan Pencegahan Polusi Laut Jenis Minyak Sebagai Upaya Untuk Menjaga Ekosistem Peralian Indonesia. Syntax Literate; Jurnal Ilmiah Indonesia, 2(5), 140-150
- Siregar, C. N. 2014. Partisipasi Masyarakat dan Nelayan dalam Mengurangi Pencemaran Air Laut di Kawasan Pantai Manado-Sulawesi Utara. Jurnal Sositologi, 13(1), 25-33.
- Supardi, I. 1984. Lingkungan hidup dan kelestariannya. Alumni.
- Silaen, A. P. 2008. Pelestarian Fungsi Hutan Dan Lingkungan Hidup Dalam Perspektif Hukum Lingkungan. Majalah Ilmiah Visi, 16(3).
- Taufiqur Rachman. 2010. Konsep Dasar Ekosistem. Sistem Lingkungan Industri. 1-16 Utomo, S. W., Si, M., Sutriyono, I., & Rizal, R. 2012. Pengertian, Ruang Lingkup Ekologi dan Ekosistem.
- Zein, Y. A., & Rohman, A. 2014. Problematika Penetapan Kawasan Hutan Di Wilayah Masyarakat Adat Dalam Rangka Pembangunan Berkelanjutan Di Kota Tarakan. Pandecta: Research Law Journal, 9(1), 137-141.

# **BAB 6**

## **PEMANASAN GLOBAL DAN DAMPAK TERHADAP EKOSISTEM**

*Oleh Hafidawati*

### **6.1 Pendahuluan**

Pemanasan global merupakan peningkatan konsentrasi Gas Rumah Kaca (GRK) di atmosfer, telah menjadi masalah di seluruh dunia yang memerlukan perhatian serius dari berbagai pihak. Pada dasarnya, secara esensial, GRK diperlukan untuk menjaga stabilitas suhu bumi secara objektif. Hal ini berguna untuk mengatasi kesulitan bertahan hidup pada suhu di bawah nol derajat Celsius. Dengan adanya peningkatan suhu ini, bumi menjadi lebih hangat, menciptakan kondisi yang mendukung kehidupan. Suhu yang dianggap ideal bagi kehidupan bumi berkisar antara 14 derajat Celsius hingga 35 derajat Celsius. Namun, jika pemanasan berlanjut melebihi batas ideal tersebut, maka pemanasan global dapat mengancam kelangsungan hidup di planet ini. (Rusmadi, 2019). Dampak pemanasan global terhadap ekosistem di seluruh dunia mengakibatkan perubahan iklim dan mengancam keberlanjutan kehidupan di Bumi.

Pemanasan global merujuk pada kenaikan suhu rata-rata di atmosfer dan permukaan bumi. Tetapi di balik angka-angka statistik tersebut, dampak pemanasan global melibatkan semua bentuk kehidupan, dari spesies kecil di tanah hingga megafauna di hutan belantara. Perubahan iklim yang disebabkan oleh pemanasan global memunculkan kebutuhan untuk memahami konsekuensinya tidak hanya sebagai tuntutan ilmiah, melainkan juga sebagai panggilan etika dan tanggung jawab bersama sebagai warga bumi. (Utina, R Dengan menyelidiki dampak pemanasan global terhadap manusia, hewan, dan tumbuhan dalam ekosistem secara mendalam, buku ini bertujuan memberikan pemahaman yang komprehensif dan mendorong kesadaran akan pentingnya melindungi lingkungan.

Bab ini akan membahas dampak pemanasan global pada kesehatan manusia, ketahanan pangan, biodiversitas, dan ketidakseimbangan ekosistem. Top of Form

Kemudian, akan dieksplorasi langkah-langkah mitigasi dan adaptasi yang dapat dilakukan untuk menjaga ekosistem dan membentuk masa depan yang berkelanjutan. Diharapkan dapat meningkatkan pemahaman tentang peran kita dalam menghadapi tantangan pemanasan global dan berusaha mencapai solusi yang memberikan manfaat bagi semua bentuk kehidupan di bumi ini.

## **6.2 Pemanasan Global : Definisi dan Penyebab**

### **6.2.1 Definisi**

Menurut Budiman (2014), pemanasan global adalah fenomena kenaikan suhu rata-rata permukaan bumi dan atmosfer dalam periode waktu tertentu yang signifikan akibat peningkatan konsentrasi gas rumah kaca, seperti karbon dioksida ( $\text{CO}_2$ ), metana ( $\text{CH}_4$ ), dan nitrogen oksida ( $\text{NO}_x$ ). Efek rumah kaca terjadi karena gas-gas ini menangkap panas di atmosfer. Aktivitas manusia, terutama pembakaran bahan bakar fosil dan perubahan penggunaan lahan, menjadi faktor utama peningkatan konsentrasi gas-gas ini dan percepatan perubahan iklim global. Selama abad terakhir, suhu rata-rata permukaan bumi meningkat sebesar  $0,74^\circ\text{C} + 0,18^\circ\text{C}$ , kondisi ini dinyatakan oleh Panel Antar Pemerintah tentang Perubahan Iklim (IPCC) dan didukung oleh tiga puluh lembaga ilmiah dan akademisi yang tergabung dalam negara G8, bahwa peningkatan suhu rata-rata global sejak pertengahan abad ke-20 ini diperkirakan dari emisi polutan yang dihasilkan dari aktivitas manusia.

### **6.2.2 Faktor -faktor Penyebab Pemanasan Global**

Rata-rata suhu permukaan bumi dan atmosfer dapat meningkat karena berbagai faktor, termasuk proses alami dan aktivitas manusia. Faktor-faktor ini disebut sebagai faktor pemanasan global. Perubahan penggunaan lahan, pembakaran bahan bakar fosil, dan emisi gas rumah kaca adalah beberapa hal yang dapat meningkatkan suhu udara dan permukaan. (Andriyani, R., dkk. 2019).

## 1. Gas Rumah Kaca:

Gas rumah kaca adalah kelompok gas dalam atmosfer yang memiliki kemampuan untuk menangkap dan mempertahankan panas di bumi. Kondisi ini menghasilkan efek rumah kaca, yaitu suatu fenomena yang menyebabkan kenaikan suhu permukaan bumi, yang disebabkan karena radiasi matahari yang masuk sebagian besar tertahan oleh gas-gas ini. Efek rumah kaca alami Bumi adalah apa yang membuat planet ini tetap hangat dan mendukung kehidupan. (Pujiastuti,D, 2013 ).

Jenis Gas Rumah Kaca yang saat ini terbanyak keberadaan di atmosfer ada;ah karbondioksida ( $\text{CO}_2$ ) sebanyak 61%, methane ( $\text{CH}_4$ ) sebanyak 15%, nitrous okside ( $\text{N}_2\text{O}$ ) sebanyak 4%, Sulfur Hexafluoride ( $\text{SF}_6$ ). Chloroflourcarbon (CFC) sebanyak 12% dengan jenis Haloflourocarbon (HFC) dan Perflourocarbon (PFC) dan dari sumber lain sebesar 8%. Gas-gas tersebut menangkap radiasi panas dari matahari yang dipantulkan oleh permukaan bumi. Peningkatan konsentrasi gas-gas ini disebut dengan Efek rumah kaca yang disebabkan terutama karena aktivitas manusia seperti pembakaran bahan bakar. Meskipun gas rumah kaca tidak mempengaruhi makhluk hidup secara langsung, tetapi dampaknya akan muncul melalui proses dan perantara yang ada di lingkungan biogeokimia. Sifat gas rumah kaca meningkatkan suhu Bumi dengan menangkap radiasi gelombang pendek matahari dan memantulkannya kembali ke bumi,

Efek rumah kaca memberikan beberapa keuntungan bagi semua bentuk kehidupan di permukaan Bumi. Tanpa efek rumah kaca, suhu rata-rata permukaan Bumi akan mencapai  $-18^\circ\text{C}$ . Seiring dengan akumulasi gas rumah kaca di atmosfer, lebih banyak radiasi akan terperangkap daripada yang dibutuhkan planet ini, mengakibatkan kelebihan panas.. (Mulyani et al., 2011).

## **2. Pembakaran Bahan Bakar Fosil:**

Menurut Sulistyono (2012), pembakaran bahan bakar fosil seperti batu bara, minyak, dan gas alam melepaskan gas rumah kaca ke atmosfer, yang menjadi penyebab pemanasan global. Produk-produk minyak, seperti bahan bakar motor (BBM) dan bahan bakar non-motor (NBBM), adalah hasil samping dari pengolahan minyak. Bahan bakar yang diperoleh dan/atau diolah dari minyak bumi disebut sebagai "Bahan Bakar Minyak" (BBM) menurut Undang-Undang No. 22 tahun 2001 yang mengatur Minyak dan Gas Bumi. Avgas (aviation gasoline), Avtur (aviation turbine), bensin (mogas), minyak tanah (kerosene), minyak diesel, dan minyak bakar (fuel oil) semuanya termasuk dalam kategori bahan bakar minyak. Konsumsi bahan bakar global, khususnya untuk bahan bakar minyak (BBM), akan meningkat seiring dengan ekspansi industri dan infrastruktur transportasi. Hal ini pada akhirnya akan mengakibatkan peningkatan emisi karbon dioksida dari pembakaran bahan bakar fosil.

## **3. Alih Fungsi Lahan:**

Deforestasi dan perubahan dalam penggunaan lahan lainnya dapat mengubah albedo permukaan bumi, yang dikenal sebagai daya pantul cahaya matahari; mempengaruhi siklus air; dan melepaskan karbon yang disimpan dalam tanah dan tumbuhan. Dunggio et al. (2013) Perubahan fungsi lahan, atau perubahan tata guna lahan, hampir tidak dapat dihindari selama proses pembangunan (Lisdiyono, 2004). Seringkali, pertumbuhan penduduk yang cepat dan peningkatan kebutuhan lahan masyarakat menyebabkan konflik kepentingan tentang penggunaan lahan dan ketidaksesuaian penggunaan lahan dan rencana peruntukannya (Khadiyanto, 2005). Namun, lahan itu sendiri terbatas dan hanya dapat ditambah melalui reklamasi (Sujarto, 1985 dalam Untoro, 2006). Secara fisik, kota berkembang ke arah pinggiran karena keterbatasan lahan perkotaan.

Kondisi ini menimbulkan permasalahan lingkungan yang paling utama diantaranya adalah kerusakan lahan yang disebabkan oleh penebangan hutan, dan alih fungsi lahan untuk perkebunan (Akhmadian, 2016). Kondisi luas hutan yang mengalami penurunan disebabkan oleh konvensi lahan untuk infrastruktur, permukiman, pertanian, pertambangan, dan perkebunan dikenal sebagai deforestasi (Addinul Yakin, 2017). Deforestasi akan menyebabkan terjadinya perubahan lahan hutan menjadi lahan non-hutan yang disertai dengan kebakaran hutan, yang menyebabkan terjadinya pemanasan global. (Syah, 2017).

### **6.3 Fenomena Terjadinya Global Warming**

Pemanasan global terjadi akibat peningkatan konsentrasi gas rumah kaca di atmosfer, yang memperkuat efek rumah kaca alami. Selain dari berbagai aktivitas manusia yang kadang-kadang merusak lingkungan, faktor lain yang berkontribusi terhadap pemanasan global melibatkan kebiasaan konsumsi, pilihan gaya hidup, dan pertumbuhan populasi yang tidak teratur. (Mulyani, A.S. 2021).

Pemanasan global merupakan fenomena global yang disebabkan oleh kegiatan manusia, terutama karena alih guna lahan dan penggunaan bahan bakar fosil. Efek rumah kaca terjadi ketika kegiatan tersebut menghasilkan peningkatan jumlah gas di atmosfer, terutama gas karbon dioksida ( $\text{CO}_2$ ). Karena benda-benda di dalam rumah kaca terhalang oleh dinding kaca, sinar matahari terhalang dan udara panas tidak dapat keluar dari rumah kaca, suhunya meningkat. Duarsa, (2008) menjelaskan bagaimana akumulasi gas rumah kaca di atmosfer menjadi penghalang pancaran radiasi panas bumi, seperti kaca yang mudah ditembus oleh sinar tampak, tapi mengurung gelombang panjang (infra merah). Sehingga radiasi gelombang panjang tersebut terpancar dilapisan atmosfer dan terperangkap. Menurut peneliti dari Center for International Forestry Research (CIFR), radiasi gelombang panjang matahari, juga dikenal sebagai gelombang panas atau infra merah, yang dipancarkan ke bumi oleh gas rumah kaca menyebabkan pemanasan global (Vivi Triana, 2008). Sinar infra merah yang akan menyebabkan gelombang panas akan berputar-

putar di dalam lapisan stratosfer dan sebagian terserap oleh gas-gas rumah kaca. ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{N}_2\text{O}$  dll) dan ini yang membuat suhu udara lebih panas

Ilustrasi fenomena terjadinya Efek Gas Rumah Kaca, dapat dilihat pada Gambar 6.1.



Gambar 6.1. Ilustrasi Gas Rumah Kaca

## 6.4 Dampak Pemanasan Global terhadap Manusia dan Lingkungan

### 6.4.1 Dampak terhadap Perubahan iklim

Pemanasan global mengakibatkan peningkatan suhu bumi, yang dapat berdampak negatif pada berbagai ekosistem yang disebabkan karena perubahan iklim global. Efek dari pemanasan global adalah curah hujan yang tinggi, gagal panen, kepunahan berbagai spesies, dan penipisan lapisan ozon di atmosfer bumi. Dampak lebih lanjut dari pemanasan global akibat pencairan glasier dan es di kutub dapat mengakibatkan naiknya permukaan air bumi di seluruh dunia (Agnes, S,R , 2021).

## **Bagaimana perubahan iklim dapat disebabkan oleh pemanasan global?**

Sistem iklim global terdiri dari banyak sistem yang saling berhubungan, oleh karena itu, hierarki iklim dunia akan mengalami perubahan ketika jumlah energi yang meningkat. Peningkatan suhu ini mengakibatkan terjadinya pembentukan awan yang dapat memicu badai dan topan dengan energi yang lebih besar daripada sebelumnya. Pemanasan global juga menyebabkan salju, yang dihasilkan oleh peningkatan suhu atmosfer. Lapisan es kutub dan gunung akan mencair, meluas batas permukaan air laut, dan membuat bumi menjadi lebih kering. Kondisi ini menggambarkan terjadinya perubahan iklim

### **6.4.2 Dampak Pemanasan Global terhadap Kesehatan Manusia**

Perubahan iklim dapat menyebabkan masalah kesehatan seperti heatstroke, penyebaran penyakit tropis, dan tekanan pada sistem kesehatan. Dampak yang ditimbulkan dari kejadian penyakit tersebut ditularkan melalui vektor (*vector-borne diseases*) yang dapat ditularkan melalui air (*water-borne diseases*), melalui udara (*air-borne disease*) maupun melalui makanan (*foodborne diseases*). Vektor adalah hewan avertebrata yang menyebarkan agen penyakit dari reseptor yang rentan ke reseptor lain. Sebuah agen penyakit berkembang biak dari satu tahap ke tahap lain dalam tubuh melalui vektor biologi, (Suryawan A, 2019).

Salah satu contoh kasus penyakit yang disebabkan oleh kondisi pemanasan global adalah penyakit Demam Berdarah Dengue (DBD). Koopman (1991) meninjau dampak pemanasan global terhadap terjadinya risiko terjadinya penyakit malaria, dimana dari hasil penelitiannya diketahui bahwa kenaikan rata-rata temperatur lingkungan sebesar 3-4 °C akan menaikkan reproduksi virus dengue dua kali lipat dari kondisi normal. Ditambahkan dari penelitian pada tahun 1995 oleh Carcavallo yang dirangkum dalam International Panel on Climate Change (IPCC) report tahun 1996, yang menyebutkan kemunculan satu generasi *A. Aegypti* rata-rata adalah selama 15 hari dengan kondisi range temperatur 27°C- 28°C.

### **6.4.3 Dampak terhadap Keamanan Pangan**

Terkait dengan keamanan pangan, pemanasan global yang berdampak terhadap perubahan iklim akan mempengaruhi produksi pangan dan keberlanjutan sistem pangan global. Beberapa penelitian yang telah dilakukan oleh para ahli secara global, menunjukkan bahwa perubahan iklim dapat mempengaruhi ketersediaan pasokan bahan makanan, yang kemufian dapat mempengaruhi pemenuhan kebutuhan akan zat gizi. Dampak lebih lanjut dari kurangnya pasokan bahan makanan akan menyebabkan kurang gizi kronis sehingga dapat menyebabkan stunting. Selain itu dapat menyebabkan terjadinya perubahan ekonomi (pendapatan), lingkungan (akses ke sanitasi dan air), dan kondisi sosial (pendidikan).

### **Bagaimana perubahan iklim efeknya pada Keamanan Pangan?**

Perubahan iklim akan berdampak pada penyediaan nutrisi untuk masa depan, hal ini menjelaskan Lintasan perubahan iklim yang tinggi yang memiliki dampak yang lebih besar terhadap stunting di daerah tertentu. Kondisi ini akan mempengaruhi kehidupan pertanian, perikanan, peternakan, dan mata pencaharian lainnya.. (Sefu,2014). Hasil yang paling signifikan terkait dengan pola yang mendasari yaitu harga pangan yang meningkat jika dibandingkan pendapatan di negara-negara dengan tingkat kemiskinan yang tinggi, yang menyebabkan kesulitan pemenuhan gizi. Satu contoh kasus kesulitan pangan akibat perubahan iklim global adalah berdasarkan hasil kajian yang dilakukan oleh Program Konsultatif Grup Penelitian Pertanian Internasional (CGIAR), yang melakukan penelitian tentang pertanian, keamanan pangan, dan perubahan iklim di Benua Afrika, dimana ditemukan bahwa menanam jagung dan tanaman pokok lainnya tidak lagi mungkin dilakukan di tiga persen lahan Afrika, yang dihuni oleh 35 juta orang. Upaya untuk meningkatkan ketahanan pangan akibat dari perubahan iklim yang tidak dapat dihindari dan mengurangi emisi gas karbon, maka Institut Penelitian Jagung Internasional menyarankan sistem agri-pangan yang cerdas iklim (Climate Smart Agriculture Sistem) (Suryaman, A, dkk , 2019). Sistem pertanian cerdas iklim (CSA) adalah bentuk sinergi antara peningkatan

produktivitas lahan dan pendapatan pertanian, adaptasi dan mitigasi terhadap perubahan iklim dengan melakukan peningkatan produktivitas pertanian, mengajarkan bagaimana cara budi daya pertanian yang tahan terhadap perubahan iklim, bagaimana dapat meningkatkan pendapatan petani, mengurangi resiko gagal panen, dan dapat mengurangi emisi gas rumah kaca.

#### **6.4.4 Dampak Pemanasan Global terhadap Flora dan Fauna**

Peningkatan suhu yang terkait dengan perubahan iklim akan memberikan pengaruh secara langsung terhadap habitat flora (tumbuhan) dan fauna (hewan). Perubahan musim dengan perubahan suhu ekstrim akan dapat mempengaruhi musim tumbuhan berbunga (sistem reproduksi tanaman) dan dampak kekeringan akibat peningkatan suhu akan mempengaruhi daya tahan hidup tumbuhan,

Di lingkungan Fauna, perubahan suhu dan iklim menyebabkan terjadinya perubahan habitat, dengan banyaknya spesies hewan yang mengalami perubahan habitat dan distribusi geografis. Dampak biodiversitas akibat dari pemanasan global akan dapat menyebabkan kepunahan hewan secara massal dan mengancam keberlanjutan ekosistem. Peningkatan suhu di suatu wilayah secara ekstrim menyebabkan terjadinya migrasi hewanyang bergerak menuju daerah yang lebih sejuk.

#### **6.4.5 Upaya Mitigasi dan Adaptasi Pemanasan Global**

Mitigasi Pemanasan Global merupakan langkah-langkah untuk mengurangi dampak dari resiko yang diakibatkan emisi gas rumah kaca. Untuk menghentikan peningkatan gas rumah kaca, ada dua metode utama. Pertama, menghentikan pelepasan karbon dioksida ke atmosfer dengan menyimpan gas atau bagian karbonnya di tempat lain. Teknik ini dikenal sebagai carbon sequestration, atau menghilangkan karbon. Kedua, mengurangi produksi gas rumah kaca dengan bijak menggunakan listrik, dari emisi makanan , dan bepergian dengan sistem transportasi, (Wikipedia, 2008)

Mengendalikan emisi dari sumber penghasil gas rumah kaca adalah cara yang terbaik untuk mengurangi pemanasan global

terutama dari kegiatan yang menggunakan bahan bakar fosil yang merupakan sumber emisi Gas Rumah kaca terbesar. Menurunkan emisi GRK bukanlah hal yang mudah karena masih banyak negara-negara besar di dunia tidak menunjukkan sikap yang serius terhadap masalah pemanasan global dan tidak mengikuti Protokol Kyoto (Ismail, 2002). Cara yang bisa dilakukan saat ini salah satunya adalah memperbanyak penyerapan karbon yaitu dengan penanaman pohon lebih banyak sehingga dapat menyerap karbondioksida dari udara. Pohon, terutama pohon muda dan cepat pertumbuhan, menyerap karbondioksida dengan sangat baik. banyak, membaginya melalui fotosintesis, dan menyimpan karbon dalam kayu itu sendiri (Prihanta, 2007).

## **6.5 Penutup**

Sejak diciptakannya, Bumi telah banyak mengalami transformasi, tetapi selalu dapat menghasilkan kesetimbangan baru. Peningkatan aktifitas manusia telah menyebabkan terjadinya peningkatan panas bumi yang signifikan yang telah samapai ke batas alam untuk mengembalikan keseimbangan.

Pemanasan global merupakan salah satu akibat dari kesalahan manusia dalam mengelola lingkungan. Sehingga perlu upaya bersamaa untuk mengatasi dan mengurangi dampaknya. Apapun upaya adaptasi dan mitigasi yang dilakukan, jika tidak dilakukan secara bersamaan, tidak akan memberikan hasil sesuai yang diharapkan. Untuk dapat mengelola lingkungan, setiap orang harus mengalami perubahan budaya yaitu melalui pendidikan, budaya yang dapat diterapkan dan akan menjadi tindakan yang nyata dilingkungan.

## DAFTAR PUSTAKA

- Adriyani, R dan Sujoso A.D.P. 2019. Ekologi Pemanasan Global dan kesehatan, Penerbit Aseni ISBN 978-623-7185-09-3
- Adiputra, A., & Barus, B. 2018. Analisis Risiko Bencana Kebakaran Hutan Dan Lahan DiPulau Bengkalis. Jurnal Geografi Edukasi Dan Lingkungan (JGEL), 1(2), 55–62.
- Agnes Sri Mulyani, 2021, Antisipasi Terjadinya Pemanasan Global Dengan Deteksi Dini Suhu Permukaan Air Menggunakan Data Satelit, Jurnal Centech, Volume 2, Nomer 1, April 2021, halaman 22-29.
- Akhmaddhian, S. 2016. Penegakan Hukum Lingkungan dan Pengaruhnya Terhadap Pertumbuhan Ekonomi di Indonesia (Studi Kebakaran Hutan Tahun 2015). UNIFIKASI: Jurnal Ilmu Hukum, 3(1).
- A. Latief Azis. Dkk. 2019. The Impact of Climate Change in Child Health : Risk and Responses. CV.Prima Media, ISBN 976-623-91407-4-8.
- D.J. Jacob. 1999. Introduction to Atmospheric Chemistry (Princeton University Presss, Princeton, NJ, 1999).
- Dewa, D. D., & Sejati, A. W. 2019. Pengaruh Perubahan Tutupan Lahan Terhadap EmisibGRK pada Wilayah Cepat Tumbuh di Kota Semarang. Jurnal Penginderaan Jauh Indonesia, 1(1), 24–31.
- Duarsa, ABS. 2008. Dampak Pemanasan Global Terhadap Resiko terjadinya Malaria. Jurnal Kesehatan Masyarakat Andalas, Vol.2 No.2 published 12 May (2008).
- Dunggio M.f dan Wunarlani, I. 2013. Pengaruh Alih Fungsi Lahan Terhadap Perubahan Iklim (Studi Kasus Kota Gorontalo). Jurnal Teknik, Universitas Negeri Gorontalo. ISSN 1693-6191. Volume 11, Nomor 2, Desember , pp 1132013.
- Dwi Pujiastuti. 2009. Analisis Korelasi Radiative Forcing Metana (Ch<sub>4</sub>) Dengan Perubahan Temperatur Di Kototabang Tahun 2004 – 2009 Laboratorium Fisika Bumi Jurusan Fisika Universitas Andalas Padang E-mail: dwi\_pujiastuti@yahoo.com

- Eko.T dan Rahayu.S (2012). Perubahan Penggunaan Lahan dan Kesesuaiannya Terhadap RDTR di
- H. Wahyuni & Suranto. (2021). Dampak Deforestasi Hutan Skala Besar terhadap Pemanasan Global di Indonesia. *Jurnal Ilmiah Ilmu Pemerintahan*. Volume 6 Nomor 1, tahun 2021, DOI: 10.14710/jiip.v6i1.10083
- IPCC, 2001. *Climate Change 2001 : The Scientific Basis. Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge Univ. Press. New York
- IWGCH, 2009. *A Human Health perspective on cClimate Change*. [www.Niejs.gov/climatereport](http://www.Niejs.gov/climatereport).
- Lisdiono. 2004. Penyimpangan Kebijakan Alih Fungsi Lahan Dalam Pelestarian Lingkungan Hidup. *Jurnal Hukum dan Dinamika Masyarakat Edisi Oktober 2004*. Fakultas Hukum Untag, Semarang
- Measey M, (2010) Indonesia : A Vulnerable Country in the Face of Climate Change. *Global Majority E-Journal*, Vol. 1 no 1 (June 2010) pp 31-45
- Mulyani, T, Sari, F dan Nissa, N.A. (2011). *Eco-Development Menuju MDGs 2015*. *Jurnal Ilmiah*. Semarang: Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Diponegoro: Vol 1. No. 1.
- Neiburger, Morris., Edinger, James G., Bonner, William D. 1995. *Memahami Lingkungan Atmosfer Kita*, edisi kedua, terjemahan Ardina Purbo. ITB, Bandung
- Prihanta,Wahyu. 2007. "Strategi Pusat Studi Lingkungan dan Kependudukan". Universitas Muhammadiyah Malang dalam Rangka Perang Menyeluruh Terhadap Global Warming, Seminar Nasional BKPSL
- Prihanta, W, (2011) Adaptasi dan Mitigasi Global Warming Sebagai Upaya Menyelamatkan Kehidupan di Bumi, *Jurnal Universitas Malang*, Volume 14 Nomor 1 Januari - Juni 2011 156
- Seifu H, Torleif L, Damen HM and Tassew W, 2014. Climate change, crop production and child under nutrition in Ethiopia; a longitudinal panel study. *BMC Public Health*. volume 14, Article number 13: 884-896

- Singh, B.R, 2015. Global Warming- Causes, impact and remedies. Janeza Trdine 9, 51000 Rijeka, Croatia.
- Smith, Steven. J., Wigley T.M.L., 2000, Global Warming Potensial, Kluwer Academic Publisher, Climate Change 44: 459 – 469
- Salby, Murry L. 1995. Fundamentals of Atmospheric Physics. Academic Press, University of Colorado. Tjasyono, Bayong. 2008. Sains Atmosfer. Pusat Penelitian dan Pengembangan Badan Meteorology dan Geofisika, Jakarta. [http://en.NOAA.com/Methane in atmosphere](http://en.NOAA.com/Methane%20in%20atmosphere), diakses 16 Agustus 2010
- Sulistyono, S (2012) Pemanasan Global (Global Warming) Dan Hubungannya Dengan Penggunaan Bahan Bakar Fosil. Swara Patra, Vol 2, No.2 (2012)
- Vivi Triana, 2008. Pemanasan Global, Jurnal Kesehatan Masyarakat, Universitas Andalas, Padang



# **BAB 7**

## **KAITAN PENDEKATAN RANTAI DAN JARING-JARING MAKANAN DAN PENGELOLAAN EKOSISTEM BERKELANJUTAN**

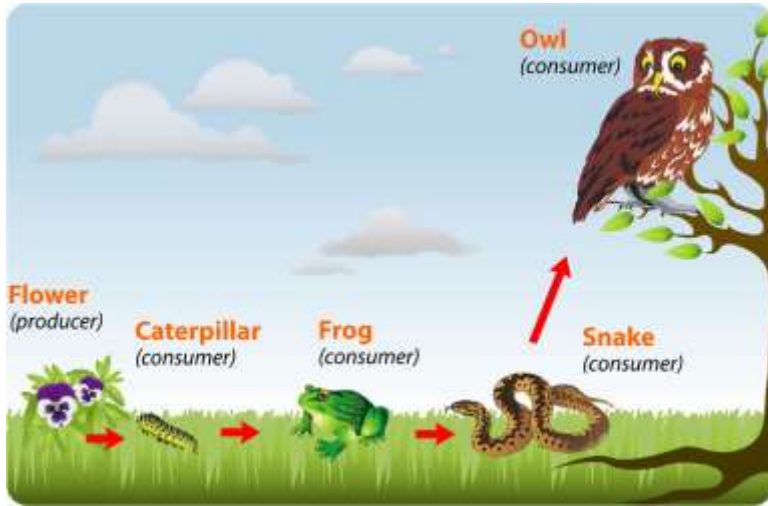
*Oleh Daawia*

Untuk memahami kaitan rantai dan jaring-jaring makanan dan pengelolaan ekosistem yang berkelanjutan sebaiknya kita memahami dulu konsep rantai makanan, jaring-jaring makanan dan ekosistem yang berkelanjutan.

### **7.1 Konsep Rantai Makanan**

Rantai makanan pertama kali diperkenalkan Al-Jahiz seorang ilmuwan dari Bangsa Arab pada abad ke-9. Konsep rantai makanan tersebut lalu dipopulerkan oleh Charles Sutherland Elton seorang ahli Zoologi berkebangsaan Inggris pada tahun 1927 dalam bukunya *Animal Ecology*. Charles Sutherland Elton juga memperkenalkan konsep jaring-jaring makanan.

Rantai makanan merupakan diagram yang menggambarkan bagaimana makhluk hidup memperoleh makanan dan menggambarkan bagaimana aliran energi dan nutrisi dari satu spesies ke spesies lainnya dalam suatu ekosistem. Rantai makanan menggambarkan bagaimana energi ditransfer dan bagaimana organisme berinteraksi di dalam ekosistem dari produsen, berbagai tingkat konsumen dan pengurai atau dekomposer. Rantai makanan berbeda dengan jaring-jaring makanan karena rantai makanan lebih sederhana hanya melewati satu jalur aliran nutrisi atau energi. Pada saat pemindahan energi dalam suatu rantai makanan 80-90 % energi kimia hilang dalam bentuk energi panas yang menyebabkan Panjang rantai makanan pendek yaitu hanya sekitar 4 atau 5 tingkat tropik seperti tampak pada gambar 7.1.



**Gambar 7.1.** Rantai makanan pada ekosistem darat (juventudugtleon.blogspot.com, 2021).

Energi mengalir dari produsen, konsumen, dan pengurai. Produsen adalah organisme autotrof seperti tumbuhan yang mampu menghasilkan sendiri makanannya dengan menggunakan sinar matahari melalui proses fotosintesis. Konsumer adalah organisme yang tidak dapat menghasilkan makanannya sendiri atau disebut juga heterotrof. Untuk memperoleh energi konsumen memakan organisme lain seperti sapi, domba, belalang, burung elang, harimau, singa dan sebagainya. Pengurai atau dekomposer adalah organisme yang menguraikan bahan organik dari organisme yang telah mati kembali pada ekosistem seperti bakteri dan jamur. Dekomposer berada pada tahap akhir rantai makanan yang merompak sampah dari semua organisme yang berasal dari berbagai tingkat tropik.

Setiap rantai makanan merupakan diagram deskriptif yang mencakup serangkaian anak panah, masing-masing menunjuk dari satu spesies ke spesies lainnya, mewakili aliran energi makanan dari satu kelompok organisme pemberi makan (produsen) ke kelompok organisme lain (konsumen).

Ada dua jenis rantai makanan: rantai makanan penggembalaan, dimulai dengan autotrof, dan rantai makanan detrital, dimulai dengan bahan organik mati (Smith & Smith 2009).

Dalam rantai makanan penggembalaan, energi dan nutrisi berpindah dari tumbuhan ke herbivora yang memakannya, dan ke karnivora atau omnivora yang memangsa herbivora.

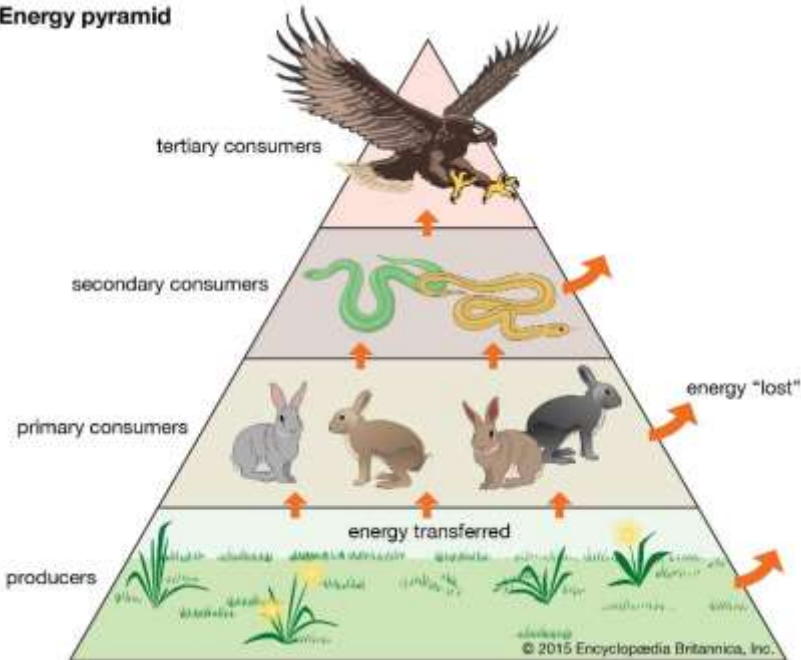
Dalam rantai makanan detrital, bahan organik mati dari tumbuhan dan hewan dipecah oleh pengurai, misalnya bakteri dan jamur, dan berpindah ke hewan detritivora dan kemudian karnivora.

## **7.2 Konsep Jaring-jaring Makanan**

Jaring-jaring makanan merupakan gabungan dari rantai makanan yang saling terhubung membentuk jaring-jaring yang kompleks dalam suatu ekosistem. Pada dasarnya, jaring-jaring makanan mewakili hubungan makan dan dimakan dalam suatu komunitas (Smith dan Smith 2009). Hal ini juga menyiratkan transfer energi makanan dari sumbernya pada tumbuhan melalui herbivora ke karnivora (Krebs 2009).

Organisme ditempatkan pada jaring-jaring makanan didasarkan pada tingkat tropik. Tingkat tropik suatu organisme ditentukan berdasarkan pada bagaimana organisme tersebut makan dan menunjukkan posisinya dalam jaring-jaring makanan secara keseluruhan. Ada empat atau lima tingkat trofik utama adalah produsen primer, konsumen primer, konsumen sekunder, konsumen tersier, dan predator puncak. Jaring-jaring makanan menunjukkan bagaimana berbagai tingkat trofik dalam rantai makanan yang berbeda terhubung satu sama lain dan bagaimana energi berpindah melalui berbagai tingkat trofik dalam suatu ekosistem seperti yang ditunjukkan pada Gambar 7.2.

### Energy pyramid



**Gambar 7.2.** Tingkat trofik dalam ekosistem  
(juventudugtleon.blogspot.com, 2021).

Tidak seperti rantai makanan, jaring-jaring makanan lebih realistis. Jaring-jaring makanan tidak lurus atau linier. Produser primer membuat makanannya sendiri melalui proses yang disebut fotosintesis. Fotosintesis mengubah energi cahaya matahari menjadi energi kimia yang digunakan tumbuhan untuk membuat makanan. Tumbuhan dan alga adalah contoh produsen primer. Makhluk hidup ini bisa juga disebut autotroph.

Konsumen primer: Hewan yang memakan produsen primer adalah konsumen primer. Mereka disebut primer karena merekalah yang pertama kali memakan organisme pembuat makanannya sendiri, yang disebut produsen primer. Makhluk ini juga bisa disebut herbivora. Kelinci, berang-berang, gajah, dan rusa merupakan contoh hewan yang termasuk dalam kelompok ini.

Konsumen sekunder: Organisme yang memakan konsumen tingkat pertama disebut konsumen sekunder. Hewan-hewan ini termasuk karnivora atau omnivora, karena mereka memakan

hewan yang memakan tumbuhan. Omnivora memakan hewan dan tumbuhan lain. Karnivora hanya memakan hewan lain. Contoh konsumen sekunder misalnya beruang.

**Predator:** Predator puncak hidup di tingkat paling atas, yaitu tingkat terakhir. Predator puncak berada di puncak rantai makanan karena tidak mempunyai musuh alami. Singa adalah contohnya.

**Pengurai:** Organisme lain yang memakan tumbuhan dan hewan mati dan menguraikannya disebut pengurai. Jamur adalah contoh pengurai. Organisme lain, yang disebut detritivora, memakan hewan dan tumbuhan yang mati

Ada berbagai tipe jaring-jaring makanan yang berbeda dalam cara mereka menyatu dan apa yang mereka tunjukkan dan tekankan tentang organisme dalam ekosistem yang ditunjukkannya.

### **7.2.1 Jaring-Jaring Makanan Penghubung (Connectance Food Web)**

Ilmuan menggunakan anak panah untuk menggambarkan suatu spesies dikonsumsi spesies lainnya. Dalam hal ini setiap anak panah memiliki bobot yang sama. Hanya intensitas kekuatan konsumsi satu spesies dengan spesies lainnya tidak diilustrasikan.

### **7.2.2 Jaring-Jaring Makanan Interaksi**

Sama dengan Jaring-Jaring Makanan Penghubung dimana anak panah menggambarkan suatu spesies dimakan oleh spesies lain. Perbedaannya adalah pada anak panah pada Jaring-Jaring Makanan Interaksi diberi bobot yang ditandai dengan tanda lebih gelap, lebih besar atau lebih tebal untuk mengilustrasikan intensitas kekuatan makan suatu spesies.

### **7.2.3 Jaring Makanan Aliran Energi**

Jaring Makanan Aliran Energi mengilustrasikan hubungan antar organisme dalam ekosistem dengan mengukur dan menunjukkan energi berkelanjutan antara organisme.

### **7.2.4 Jaring Makanan Fosil**

Jaring-Jaring Makanan Fosil bersifat dinamis dan berfluktuasi karena hubungan makan dan dimakan spesies dalam

suatu ekosistem dapat berubah seiring waktu. Ilmuan merekonstruksi hubungan antar spesies tersebut berdasarkan bukti fosil.

#### **7.2.5 Jaring Makanan Fungsional**

Jaring Makanan Fungsional mengilustrasikan hubungan antara spesies dalam suatu ekosistem dengan menggambarkan bagaimana tingkat pertumbuhan suatu populasi mempengaruhi tingkat pertumbuhan populasi lainnya.

#### **7.2.6 Jaring Makanan Berdasarkan Jenis ekosistem**

Jaring makanan dapat dibagi berdasarkan jenis-jenis ekosistem. Sebagai contoh, jaring-jaring makanan air mengilustrasikan hubungan spesies yang berkelanjutan pada ekosistem perairan. Sedangkan jaring-jaring makanan terestrial menunjukkan hubungan spesies pada ekosistem di darat.

### **7.3 Ekosistem yang Berkelanjutan**

Keberlanjutan ekologis adalah berfungsinya sistem-sistem di Planet Bumi yang bekerja sama di seluruh ekosistem untuk mengatur planet ini. Hal ini mencakup sistem iklim, udara, air, tanah, keanekaragaman hayati (spesies dan habitat), dan jasa ekosistem seperti penyerbukan dan fotosintesis.

Faktor keberlanjutan ekologi bergantung pada kemampuan ekosistem untuk meregenerasi sumber daya yang dimanfaatkan dan memperbaiki dirinya sendiri setelah terjadi gangguan atau bencana alam. Untuk mencapai kelestarian ekologi, produksi barang dan jasa yang dilakukan oleh manusia dalam memenuhi kebutuhannya tidak boleh merusak ekosistem atau menyebabkan ekosistem melebihi kemampuannya untuk berfungsi dan memulihkan diri.

Mengapa penting mengelola ekosistem secara berkelanjutan. Karena air, udara, tanah, keanekaragaman hayati, dan jasa ekosistem semuanya penting bagi keberlanjutan ekologi. Untuk mencapai keberlanjutan, ekosistem harus bebas dari polutan, terlindung dari erosi, memiliki iklim yang terkendali, dan menjaga tingkat nutrisi, salinitas, dan partikel yang sehat. Dan yang tak

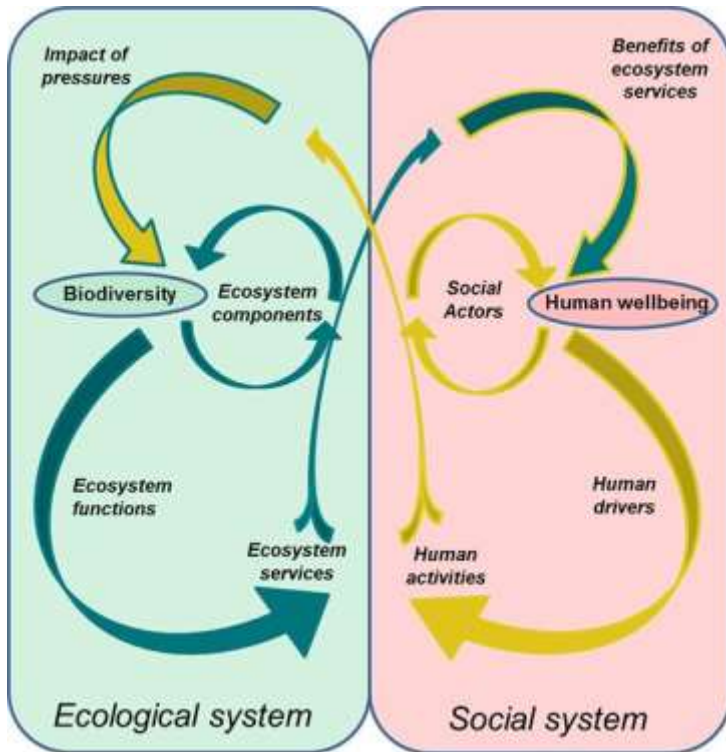
penting adalah eksistensi rantai makanan dan jaring-jaring makanan dalam ekosistem tidak boleh terganggu atau putus.

Menjaga kelestarian ekologi penting bagi fungsi sistem di planet ini. Manusia memperoleh manfaat yang tak terhitung jumlahnya dari kelestarian bumi, dan kita tidak dapat hidup tanpanya. Air bersih, yang merupakan kebutuhan penting manusia, sangat bergantung pada siklus nutrisi, perlindungan dari polutan, mitigasi kekeringan, dan lain-lain. Semua faktor yang menghasilkan air bersih dan dapat digunakan ini dapat dengan mudah terganggu jika ekosistem tidak berfungsi dengan baik, terutama bagi ekosistem yang tidak berfungsi dengan baik. yang mengandalkan air sumur.

Keberlanjutan ekosistem juga melindungi planet Bumi dari penggunaan sumber daya yang berlebihan. Sumber daya seperti kayu, air, dan lahan untuk konsumsi manusia harus dipantau dan dilacak dari waktu ke waktu untuk memastikan bahwa manusia tidak mengurangi sumber daya setelah pemulihan.

Manusia juga memperoleh manfaat dari kelestarian lingkungan pada tingkat intrinsik, yaitu manfaat pada tingkat spiritual, rekreasional, dan intelektual. Manfaat kesehatan dari menghabiskan waktu di alam termasuk risiko penyakit jantung yang lebih rendah, peningkatan kesejahteraan, risiko tekanan darah tinggi yang lebih rendah, dan dapat membantu meningkatkan kesehatan mental.

Dekade Restorasi Ekosistem Perserikatan Bangsa-Bangsa (2021-2030) menantang semua orang untuk secara besar-besaran meningkatkan upaya restorasi yang memberikan kehidupan baru ke dalam ekosistem kita yang terdegradasi. Memulihkan ekosistem yang terancam di bumi secara intrinsik menghubungkan kita dengan peluang masa depan yang lebih sehat. Diperlukan kerjasama antar bangsa untuk mengembalikan kehidupan dan fungsi ekosistem yang rusak melalui restorasi yang ekstensif dan proaktif membangun kembali kawasan yang terdegradasi untuk memperbaiki habitat satwa liar, melindungi tanah dan daerah aliran sungai, mendukung ketahanan ekonomi, dan menghadapi perubahan iklim dengan lebih baik.



**Gambar 7.3.** Sistem sosial-ekologi (diadopsi dan dimodifikasi dari (Gómez et al. 2016))

Sistem sosial-ekologi terdiri dari sisi penawaran berbasis sistem ekologi di mana aliran jasa ekosistem ke dalam sistem sosial berkontribusi pada kesejahteraan manusia dan sistem sosial berdasarkan sisi permintaan dimana aktivitas manusia dan tekanannya berdampak pada komponen ekosistem dan fungsinya seperti diilustrasikan pada gambar 7.3.

Pengelolaan sumber daya berbasis ekosistem dimaksudkan untuk memulihkan, meningkatkan dan atau melindungi ketahanan ekosistem. Hal ini menekankan pada faktor keterkaitan yang kompleks dalam sistem sosial-ekologis; berurusan dengan skala yang memadai (baik dari segi waktu dan ruang); mendorong pengelolaan adaptif terhadap sistem yang kompleks dan dinamis; dan mengadopsi kerangka penilaian dan pengelolaan terpadu. Pendekatan ini memberikan nilai ekonomi dan non-ekonomi

terhadap keanekaragaman hayati (Jasa ekosistem) melalui ekonomi lingkungan dan ekologi.

Ada ekosistem yang terancam punah di seluruh dunia yang keanekaragaman dan keberlanjutannya setiap hari terancam oleh tindakan manusia. Salah satu contoh paling relevan dari ekosistem yang terancam punah dan dengan cepat menjadi tidak berkelanjutan adalah terumbu karang di seluruh dunia. Penangkapan ikan dengan sianida, penambangan karang untuk dijadikan oleh-oleh, dan aktivitas manusia secara umum di kawasan terumbu karang telah menyebabkan terancamnya kelestarian lingkungan.

Untungnya, masih ada contoh ekosistem berkelanjutan yang tersisa di seluruh dunia. Salah satu contoh yang paling menonjol adalah kawasan Appalachian di barat daya Amerika Serikat, yang merupakan salah satu kawasan dengan keanekaragaman hayati yang kaya. Selain hutannya yang lebat, kota yang menggunakan kembali dan mendaur ulang serta hidup selaras dengan lingkungan sekitarnya juga dianggap sebagai ekosistem yang berkelanjutan.

## **7.4 Kaitan Teori Rantai dan Jaring-Jaring Makanan dengan Pengelolaan Ekosistem Berkelanjutan**

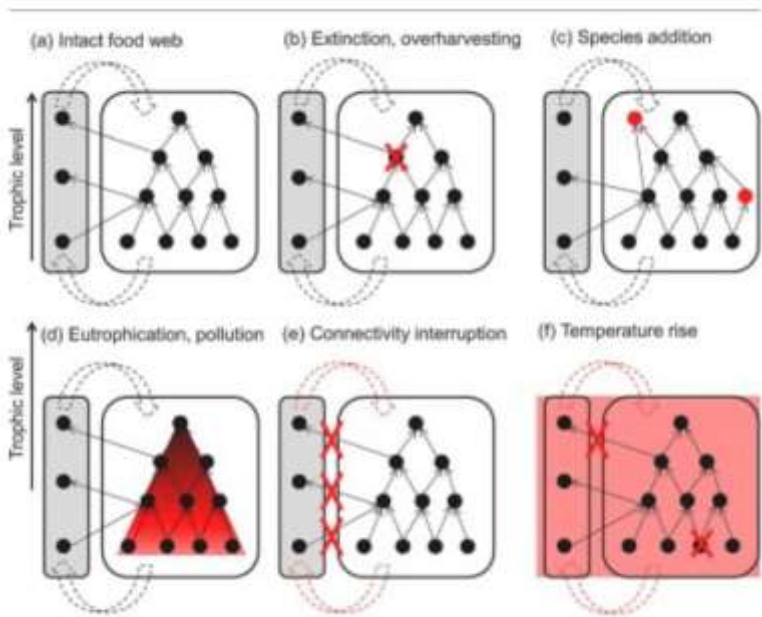
Jumlah populasi manusia di planet Bumi hingga saat ini telah mencapai 8 milyar. Untuk memenuhi kebutuhannya manusia menggunakan kemajuan ilmu pengetahuan dan teknologi dengan eksploitasi sumber daya alam secara besar-besaran yang telah melewati ambang batas atas daya dukung lingkungan.

Pembangunan yang serampangan telah mengganggu keseimbangan ekosistem dimana ada 3 hal yang mendasar dari ekosistem yaitu faktor biotik (makhluk hidup), faktor abiotik (lingkungan) serta hubungan timbal balik terjadi antar kedua faktor tersebut. Keseimbangan suatu ekosistem akan terjadi, bila komponen-komponen ekosistem dalam jumlah yang berimbang. Keseimbangan tersebut harus tetap terjaga sehingga akan menjadi keberlanjutan dan aliran energi dalam rantai makanan dan jaring-jaring makanan dalam ekosistem akan tetap terjaga. Untuk menjaga keseimbangan ekosistem yang berkelanjutan manusia harus mampu melestarikan keanekaragaman hayati dan melindungi

habitat serta mempersiapkan strategi untuk menghadapi ancaman kerusakan ekosistem. Pembangunan yang berkelanjutan harus mengintegrasikan 3 komponen penting yaitu ekologi, sosial dan ekonomi menjadi satu kesatuan.

Ekosistem di seluruh dunia terkena dampak tunggal dan kumulatif akibat tekanan antropogenik yang bekerja bersamaan secara spasial maupun temporal (Vitousek *et al.*, 1997). Konsep rantai makanan dan jaring-jaring sangat penting untuk memahami dan mengukur dampak berbagai pemicu stres terhadap ekosistem.

Ketahanan ekosistem terhadap perubahan lingkungan tampaknya sangat erat terkait dengan ketahanan jaring-jaring makanan (Kuiper *et al.*, 2015), yang merupakan perancah dari ekosistem yang menghubungkan komponen utama biotik dan abiotik dan menerjemahkan struktur keanekaragaman hayati ke dalam fungsi ekosistem (Thompson dkk., 2012). Pada intinya, jaring-jaring makanan adalah jaringan simpul adaptif (entitas trofik) yang berinteraksi melalui aliran energi dan materi di dalam dan di seluruh ekosistem (gambar 7.4).



**Gambar 7.4.** Skema Efek Langsung dari Berbagai Tipe Dampak Terhadap Jaring-jaring Makanan, Alp & Cucherousset, 2021)

Pada gambar 7.4. Sumber daya dan konsumen diwakili oleh lingkaran hitam, tanda panah menunjukkan aliran energi dan aliran materi di antara keduanya. Kotak berwarna putih dan abu-abu melambangkan dua jaring-jaring makanan yang berdekatan dan terhubung (misalnya jaring-jaring makanan daratan dan lautan) dan simbol berwarna merah melambangkan dampaknya. Tanda panah putus-putus melambangkan pertukaran timbal balik materi dan energi antara jaring-jaring makanan yang berdekatan, dengan putaran umpan balik potensial yang terjadi dengan jeda spasial atau temporal. 7.4a adalah Jaring-jaring makanan yang utuh; 7.4b jaring makanan yang mengalami hilangnya spesies karena kepunahan atau pemanenan berlebihan; 7.4c jaring-jaring makanan yang dipengaruhi oleh penambahan spesies non-asli ditingkat trofik yang berbeda; 7.4d jaring-jaring makanan yang terkena dampak eutrofikasi atau polusi dari bawah ke atas dengan potensi biomagnifikasi di bagian atas rantai makanan; 7.4e sebuah jaring makanan yang mengalami gangguan konektivitas dengan ekosistem disekitarnya; 7.4f jaring-jaring makanan yang terkena dampak lingkungan global seperti kenaikan suhu dengan dampak umum pada metabolisme dan dampak spesifik pada nodus dan aliran tertentu.

Berbagai aktivitas manusia “menyerang ekosistem dari atas hingga ke bawah secara bersamaan” (McCann, 2011). Kegiatan manusia tersebut berdampak secara umum pada ekosistem dan jaring-jaring makanan pada khususnya dapat mempengaruhi berbagai tingkat organisasi biologis dan menyebar lebih jauh melalui mekanisme yang berbeda seperti yang ditunjukkan gambar 7.4. Sifat tekanan yang bervariasi menentukan (a) “serangan awal permukaan”, yang mungkin berupa simpul spesifik, keseluruhan tingkat trofik, aliran tertentu atau bahkan seluruh jaring-jaring makanan dan (b) tipe kemungkinan mekanisme ekologi yang dapat dipicu sebagai respon. Sebagai akibatnya, satu atau beberapa atribut jaring makanan dapat mengalami perubahan yang mengakibatkan konfigurasi topologi baru, perubahan pada tingkat kendali yang diberikan oleh tingkat trofik yang lebih tinggi ke tingkat trofik yang lebih rendah (kekuatan interaksi) atau besaran dan arah aliran. Perubahan atribut jaring-jaring makanan yang berbeda sebagai

respon terhadap tekanan dapat terjadi secara bersamaan atau progresif: misalnya perubahan topologi dapat mengakibatkan modifikasi aliran dan interaksi kekuatan antara simpul tertentu atau sebaliknya.

Penebangan (misalnya melalui pemanenan berlebihan, perusakan habitat, masuknya patogen baru) atau penambahan (misalnya melalui kesengajaan atau pengenalan spesies non-asli secara tidak sengaja) dari simpul tertentu secara langsung mempengaruhi topologi jaring makanan (Gbr. 7.4b dan 7.4 c). Hal ini dapat mengakibatkan terjadinya reorganisasi jaring-jaring makanan, karena adanya konfigurasi interaksi interspesifik yang baru (misalnya predasi dan kompetisi) (Eby *et al.*, 2006).

Ekosistem di seluruh dunia terkena dampak tunggal dan kumulatif dari akibat tekanan antropogenik yang bekerja bersamaan secara spasial maupun temporal (Vitousek *et al.*, 1997). Konsep rantai makanan dan jaring-jaring sangat penting untuk memahami dan mengukur dampak berbagai pemicu stres terhadap ekosistem.

Ketahanan ekosistem terhadap perubahan lingkungan tampaknya sangat erat terkait dengan ketahanan jaring makanan (Kuiper *et al.*, 2015), perancah dari ekosistem yang menghubungkan komponen utama biotik dan abiotik dan menerjemahkan struktur keanekaragaman hayati ke dalam fungsi ekosistem (Thompson dkk., 2012). Pada intinya, jaring makanan adalah jaringan simpul adaptif (entitas trofik) yang berinteraksi melalui aliran energi dan materi di dalam dan di seluruh ekosistem (Gambar. 7.4a).

Penyebaran lebih lanjut dari efek stresor bergantung pada struktur dan kekuatan interaksi trofik (Hansson *et al.*, 2013). Saat melibatkan tingkat trofik yang lebih tinggi dalam sistem dengan kontrol top-down yang kuat (misalnya melalui predator puncak), dampak perubahan topologi dapat menyebar melalui mekanisme cascading (Estes *et al.*, 2011).

Sebaliknya jika identitas taksonomi dan biomassa produsen primer pada dasar jaring-jaring makanan terpengaruh (misalnya karena eutrofikasi atau paparan polutan), dampak sekundernya dapat menyebar dari bawah ke atas sepanjang rantai makanan

hingga ke tingkat trofik yang lebih tinggi seperti tampak pada gambar 7.4d (Fleeger *et al.*, 2003).

Dalam hal kontaminasi atau polusi beracun, hal ini mungkin disertai dengan penguatan efek melintasi tingkat trofik dari bawah ke atas rantai makanan (biomagnifikasi) (Vander Zanden dan Rasmussen, 1996) atau pelemahannya melalui biodilusi (Watanabe *et al.*, 2008). Penting untuk dicatat bahwa struktur jaring-jaring makanan dapat mempengaruhi sifat dan besarnya efek ini. Sebagai contoh menaikkan posisi tingkat trofik predator pada jaring makanan yang terekspos pada eutrofikasi dapat mengakibatkan akumulasi kontaminan yang lebih tinggi di dalamnya jaringan predator (Kelly *et al.*, 2006; Barst *et al.*, 2020).

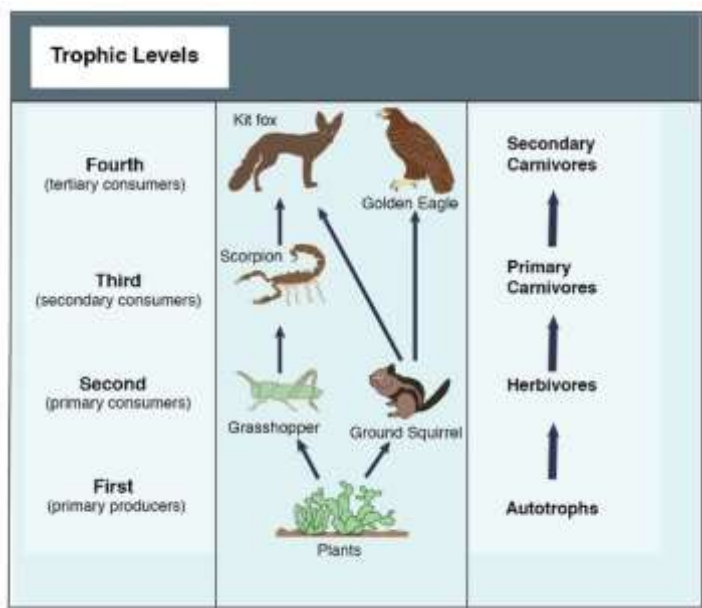
Teori rantai makanan dan jaring-jaring makanan dapat menjadi pedoman yang kuat untuk manajemen ekosistem yang kompleks dan berkelanjutan karena alasan-alasan berikut:

#### **7.4.1 Jaring-jaring makanan dikonstruksi untuk menjelaskan interaksi spesies**

Tujuan mendasar konstruksi jaring-jaring makanan adalah untuk menggambarkan hubungan makan antar spesies dalam suatu ekosistem secara langsung dalam suatu komunitas atau ekosistem. Spesies yang terlibat dalam jaring-jaring makanan dapat dibedakan menjadi spesies yang berperan sebagai produsen yang bersifat autotrof seperti tumbuhan, spesies perantara (herbivora dan karnivora tingkat menengah) seperti belalang dan kalajengking) atau predator puncak (karnivora tingkat tinggi seperti rubah) (Gambar 7.5).

Pengelompokan spesies berdasarkan cara makan ini disebut tingkat trofik. Spesies yang menempati tingkat trofik terendah adalah produsen primer. Produsen mengubah bahan kimia anorganik dan menggunakan energi matahari untuk menghasilkan energi kimia. Tingkat trofik kedua adalah herbivora yang merupakan konsumen pertama. Tingkat trofik yang selanjutnya adalah karnivora yang memakan hewan pada tingkat trofik di bawahnya (herbivora). Konsumen kedua (tingkat trofik 3) dalam jaring-jaring makanan gurun meliputi burung dan kalajengking, dan konsumen tersier pada tingkat trofik keempat

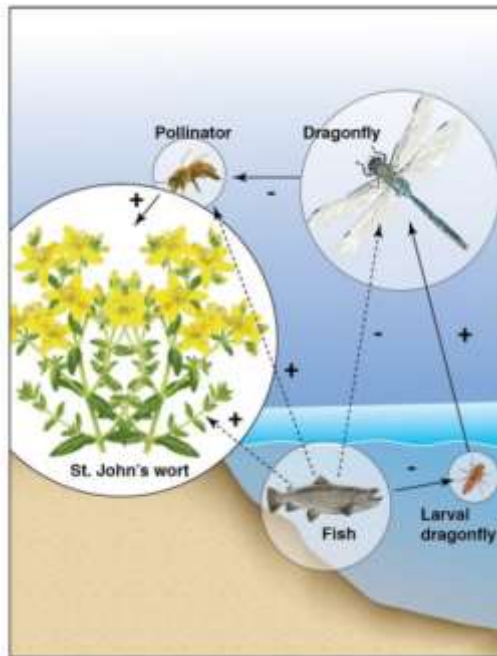
mencakup predator burung dan rubah. Mengelompokkan semua spesies ke dalam kelompok fungsional yang berbeda atau tingkat trofik membantu menyederhanakan dan memahami hubungan antar spesies dalam ekosistem.



**Gambar 7.5.** Jaring-Jaring Makanan Sederhana yang mewakili ekosistem padang rumput di daerah gurun (Cain, et.al 2008)

**7.4.2 Jaring-jaring makanan menggambarkan interaksi spesies secara tidak langsung**

Interaksi tidak langsung terjadi bila dua spesies tidak saling berinteraksi secara langsung, tetapi dipengaruhi oleh spesies lainnya. Spesies dapat mempengaruhi satu sama lain dengan berbagai cara seperti yang ditunjukkan Gambar. 7.6.



**Gambar 7.6.** Menunjukkan interaksi jaring-jaring makanan (Hui, 2012)

Gambar 7.6 di atas mengilustrasikan bahwa ikan mempunyai pengaruh tidak langsung terhadap populasi beberapa spesies di dalam dan sekitar kolam. Tanda panah tebal mengilustrasikan efek langsung, dan panah putus-putus menjelaskan efek tidak langsung; sifat efeknya ditunjukkan dengan + atau -. Ikan memiliki pengaruh tidak langsung, melalui kaskade trofik, pada beberapa spesies terestrial: capung dewasa (-), penyerbuk (+), dan tumbuhan (+).

#### **7.4.3 Jaring makanan dapat digunakan untuk mempelajari kontrol struktur komunitas dari bawah ke atas atau dari atas ke bawah.**

Jaring-jaring makanan menggambarkan aliran energi dari produsen primer ke konsumen primer (herbivora), dan dari konsumen primer ke konsumen sekunder (karnivora). Struktur jaring makanan menunjukkan bahwa produktivitas dan kelimpahan populasi pada tingkat trofik tertentu dikendalikan oleh

produktivitas dan kelimpahan populasi pada tingkat trofik di bawahnya (Smith & Smith 2009). Fenomena ini disebut pengendalian bottom-up. Korelasi kelimpahan atau produktivitas antara konsumen dan sumber daya mereka dianggap sebagai bukti adanya pengendalian dari bawah ke atas. Misalnya, kepadatan populasi tumbuhan mengendalikan kelimpahan populasi herbivora yang pada gilirannya mengendalikan kepadatan populasi karnivora. Dengan demikian, biomassa herbivora biasanya meningkat seiring dengan produktivitas primer di ekosistem darat.

Pengendalian dari atas ke bawah terjadi ketika kepadatan populasi konsumen dapat mengendalikan sumber dayanya, misalnya populasi predator dapat mengendalikan kelimpahan spesies mangsa (Power 1992). Di bawah kendali top-down, kelimpahan atau biomassa di tingkat trofik yang lebih rendah bergantung pada pengaruh konsumen di tingkat trofik yang lebih tinggi. Kaskade trofik adalah jenis interaksi top-down yang menggambarkan efek tidak langsung dari predator. Dalam kaskade trofik, predator menyebabkan efek yang mengalir ke bawah rantai makanan dan mempengaruhi biomassa organisme setidaknya pada dua mata rantai jauhnya. Nelson Hairston, Frederick Smith dan Larry Slobodkin pertama kali memperkenalkan konsep pengendalian top-down dengan proposisi "dunia ini hijau" yang sering dikutip (Power 1992; Smith & Smith 2009). Mereka mengusulkan agar dunia menjadi hijau karena karnivora menekan herbivora dan mengendalikan populasi herbivora. Jika tidak, herbivora akan memakan sebagian besar tumbuhan. Memang benar, studi eksklusi burung menunjukkan bahwa terdapat lebih banyak serangga dan kerusakan daun secara signifikan pada lahan tanpa burung dibandingkan dengan lahan kontrol (Marquis & Whelan 1994).

Pendekatan rantai makanan dan jaring-jaring makanan memiliki kaitan yang erat dengan pengelolaan ekosistem berkelanjutan. Berikut adalah beberapa hubungan antara keduanya. Pendekatan rantai makanan menyelidiki transfer energi dan materi melalui berbagai tingkatan trofik (produsen, konsumen, dekomposer). Sedangkan jaring-jaring makanan menyajikan

gambaran yang lebih kompleks tentang bagaimana spesies berinteraksi dan membagi sumber daya.

Dengan memahami keseimbangan dalam rantai dan jaring makanan akan membantu pengelolaan ekosistem dengan mengidentifikasi spesies yang krusial dan mempertahankan keberlanjutan melalui manajemen populasi yang bijaksana. Keseimbangan ekosistem mengacu pada kondisi di mana semua komponen ekosistem, termasuk organisme dan lingkungannya, berinteraksi secara harmonis sehingga menjaga kelangsungan hidup dan perkembangan spesies. Keseimbangan ini menciptakan suatu sistem yang dapat mempertahankan keberlanjutan, stabilitas, dan produktivitas ekosistem.

## **7.5 Faktor-faktor yang menjaga keseimbangan ekosistem**

### **7.5.1 Keseimbangan Populasi**

Keseimbangan jumlah individu suatu spesies dalam suatu ekosistem penting untuk mencegah populasi yang berlebihan atau punah. Sebagai contoh pada ekosistem hutan, keseimbangan antara populasi predator seperti harimau dan mangsanya seperti rusa membantu mencegah kerusakan ekosistem oleh pertumbuhan populasi yang tidak terkendali.

### **7.5.2 Keseimbangan Trofik**

Keseimbangan dalam tingkatan trofik memastikan transfer energi dan sumber daya dalam rantai makanan. Sebagai contoh pada ekosistem laut, keseimbangan antara pemangsa seperti hiu dan ikan yang dimangsa membantu mengatur populasi ikan dan mencegah efek domino di rantai makanan laut.

### **7.5.3 Siklus Biogeokimia yang Seimbang**

Siklus unsur kimia seperti karbon, nitrogen, dan fosfor dalam jumlah yang seimbang mendukung kehidupan dan produktivitas ekosistem. Hutan-hutan yang sehat dapat menyeimbangkan siklus karbon dengan menyerap karbon dioksida melalui fotosintesis dan melepaskannya melalui dekomposisi.

#### **7.5.4 Keseimbangan Keanekaragaman Hayati**

Keseimbangan antara berbagai spesies membantu mencegah dominasi satu spesies dan mempertahankan keanekaragaman hayati. Sebagai contoh pada ekosistem savana, keberagaman spesies rumput, pohon, dan hewan seperti gajah dan zebra menciptakan keseimbangan yang mendukung keberlanjutan ekosistem.

#### **7.5.5 Keseimbangan Faktor Lingkungan**

Faktor fisik seperti suhu, kelembaban, dan cahaya yang seimbang mendukung kehidupan dan reproduksi organisme. Keseimbangan air dalam ekosistem hutan hujan membantu menjaga kelembaban yang diperlukan oleh tanaman dan hewan di lingkungan tersebut.

Ketidakseimbangan ekosistem dapat menyebabkan berbagai konsekuensi, termasuk penurunan keanekaragaman hayati, kerusakan habitat, dan bahkan kehilangan fungsi ekosistem yang kritis. Oleh karena itu, penting untuk menjaga dan memahami keseimbangan ekosistem untuk melindungi integritas lingkungan dan kehidupan di planet ini.

Penggunaan pendekatan rantai makanan dan jaring-jaring makanan dalam memahami perubahan lingkungan dengan cara mengidentifikasi dampak perubahan di satu tingkat trofik dan bagaimana hal itu dapat merambat ke tingkat trofik lainnya. Memahami bagaimana perubahan di satu bagian ekosistem dapat memengaruhi keseluruhan jaring-jaring makanan membantu pengelolaan adaptif yang mempertimbangkan dampak jangka panjang dari tindakan manusia.

Melalui pemahaman rantai makanan dan jaring-jaring makanan, kita dapat melihat bagaimana perubahan lingkungan yang dapat memiliki dampak yang mendalam dan kompleks pada ekosistem, dengan konsekuensi jangka panjang terhadap keberlanjutan dan keanekaragaman hayati.

## DAFTAR PUSTAKA

- Alp, M. & Julien, C. 2021. Food webs speak of human impact: Using stable isotope-based tools to measure ecological consequences of environmental change. *Food Web*. Vol. 30:1-11.
- Barst, B.D., Hudelson, K., Lescord, G.L., Santa-Rios, A., Basu, N., Crémazy, A., Drevnick, P.E., 2020. Effects of non-native fish on lacustrine food web structure and mercury biomagnification along a dissolved organic carbon gradient. *Environ. Toxicol. Chem.* 39, 2196–2207.
- Cain, M. L., Bowman, W. D. & Hacker, S. D. 2008. *Ecology*. Sunderland MA: Sinauer Associate Inc.
- Eby, L.A., Roach, W.J., Crowder, L.B., Stanford, J.A., 2006. Effects of stocking-up freshwater food webs. *Trends Ecol. Evol.* 21, 576–584
- Estes, J.A., Terborgh, J., Brashares, J.S., Power, M.E., Berger, J., Bond, W.J., Carpenter, S.R., Essington, T.E., Holt, R.D., Jackson, J.B.C., Marquis, R.J., Oksanen, L., Oksanen, T., Paine, R.T., Pikitch, E.K., Ripple, W.J., Sandin, S.A., Scheffer, M., Schoener, T.W., Shurin, J.B., Sinclair, A.R.E., Soulé, M.E., Virtanen, R., Wardle, D.A., 2011. Trophic downgrading of planet earth. *Science* 333, 301–306.
- Fleeger, J.W., Carman, K.R., Nisbet, R.M., 2003. Indirect effects of contaminants in aquatic ecosystems. *Sci. Total Environ.* 317, 207–233.
- Gómez, C. M., Delacámara, G., Arevalo-Torres, J., Barbieri, J., Barbosa, A.L., & Iglesias-Campos, A. 2016. The Aqua Cross Innovative concept. Deliverable 3.1, European Union's Horizon 2020 Framework Programme for Research and Innovation Grant Agreement No. 642317.
- Hansson, L.A., Nicolle, A., Granéli, W., Hallgren, P., Kritzberg, E., Persson, A., Bjork, J., Nilsson, P.A., Bronmark, C., 2013. Food-chain length alters community responses to global change in aquatic systems. *Nature. Climate Change* 3, 228.
- Hui, D. (2012) Food Web: Concept and Applications. *Nature Education Knowledge* 3(12):6

- Kelly, E.N., Schindler, D.W., Louis, V.L.S., Donald, D.B., Vladicka, K.E., 2006. Forest fire increases mercury accumulation by fishes via food web restructuring and increased mercury inputs. *Proc. Natl. Acad. Sci.* 103, 19380–19385.
- Krebs, C. J. 2009, *Ecology* 6<sup>th</sup> ed. San Francisco CA: Pearson Benjamin Cummings.
- Kuiper, J.J., Van Altena, C., De Ruiter, P.C., Van Gerven, L.P., Janse, J.H., Mooij, W.M., 2015. Food-web stability signals critical transitions in temperate shallow lakes. *Nat. Commun.* 6, 7727.
- Marquis, R. J. & Whelan, C. 1994. Insectivorous birds increase growth of white oak through consumption of leaf-chewing insects. *Ecology* 75, 2007–2017
- McCann, K.S., Rooney, N., 2009. The more food webs change, the more they stay the same. *Philos. Trans. Biol. Sci.* 364, 1789–1801.
- Power, M. E. 1992. Top-down and bottom-up forces in food webs: do plants have primacy? *Ecology* 73, 733–746
- Smith, T. M. & Smith, R. L. 2009. *Elements of Ecology* 7<sup>th</sup> ed. San Francisco CA: Pearson Benjamin Cummings.
- Thompson, R.M., Brose, U., Dunne, J.A., Hall Jr., R.O., Hladysz, S., Kitching, R.L., Martinez, N.D., Rantala, H., Romanuk, T.N., Stouffer, D.B., Tylianakis, J.M., 2012. Food webs: reconciling the structure and function of biodiversity. *Trends in Ecology & Evolution* 27, 689–697.
- Vander Zanden, M.J., Vadeboncoeur, Y., 2002. Fishes as integrators of benthic and pelagic food webs in lakes. *Ecology* 83, 2152–2161.
- Vitousek, P.M., Mooney, H.A., Lubchenco, J., Melillo, J.M., 1997. Human domination of Earth's ecosystems. *Science* 277, 494–499
- Watanabe, K., Monaghan, M.T., Takemon, Y., Omura, T., 2008. Biodilution of heavy metals in a stream macroinvertebrate food web: evidence from stable isotope analysis. *Sci. Total Environ.* 394, 57–67

# **BAB 8**

## **MASALAH KEBAKARAN HUTAN DI INDONESIA**

*Oleh Patrich Phill Edrich Papilaya*

### **8.1 Pendahuluan**

Kebakaran hutan merupakan fenomena alam yang terjadi di berbagai belahan dunia. yang dapat disebabkan oleh faktor alam seperti petir atau aktivitas manusia. termasuk pembakaran lahan dan pembuangan puntung rokok. Ini adalah isu global yang memengaruhi ekosistem. iklim. dan kehidupan manusia. Laporan dari Chinese Academy of Sciences (CAS) menunjukkan bahwa kebakaran hutan global menghasilkan emisi 33.9 miliar ton karbon dioksida (CO<sub>2</sub>) antara tahun 2001 dan 2022. yang lebih tinggi dari emisi dari pembakaran bahan bakar fosil di Jepang. negara dengan emisi CO<sub>2</sub> terbesar keenam di dunia. Meningkatnya frekuensi "peristiwa kebakaran hutan ekstrem" merupakan pendorong utama lonjakan emisi ini (Zou et al. 2020)

Penelitian menunjukkan bahwa peningkatan jumlah kebakaran hutan sebagian besar didorong oleh gelombang panas dan kekeringan yang sering terjadi akibat perubahan iklim. CO<sub>2</sub> yang dilepaskan oleh kebakaran hutan turut berkontribusi pada pemanasan global. menciptakan siklus umpan balik antara keduanya (You. 2023). Selain itu. aktivitas manusia juga memegang peran penting. Banyak kebakaran hutan sebenarnya disebabkan oleh tindakan manusia. seperti membuat api untuk menghangatkan diri di malam hari. menyalakan kembang api. atau membuang puntung rokok.

Laporan tersebut juga menyoroti sepuluh insiden kebakaran hutan ekstrem yang terjadi antara tahun 2018 dan 2023. masing-masing menghasilkan lebih dari 600 juta ton CO<sub>2</sub>. Kejadian ini terkonsentrasi di lima negara dengan hutan luas: Rusia. Brasil. Kanada. Australia. dan Indonesia . Selain itu. kebakaran hutan

menghasilkan sejumlah besar gas rumah kaca dan partikel ke atmosfer. yang lebih banyak dari yang diperkirakan dalam target iklim negara. Kebakaran hutan dan perubahan iklim adalah konsep yang saling terkait. Ketika vegetasi terbakar, karbon yang tersimpan di dalamnya dilepaskan, yang merupakan alasan utama mengapa kebakaran hutan skala besar mengeluarkan CO<sub>2</sub> atmosfer. sehingga bertanggung jawab meningkatkan laju perubahan iklim secara signifikan. Penting untuk mengukur kontribusi kebakaran hutan global dan tren emisi gas rumah kaca. Dalam konteks ini, penilaian emisi karbon skala benua pertama kali dicoba menggunakan dataset berbasis darat untuk kebakaran ekosistem hutan. Penelitian yang signifikan telah diterbitkan menggunakan data penginderaan jauh dari pantai ke pantai. Sementara data berbasis darat berharga, mereka memiliki beberapa pembatasan yang dapat diatasi oleh penginderaan jauh. Data kebakaran berbasis darat terutama terbatas pada area yang terbakar total, dengan kelengkapannya berubah setiap tahun dengan lokasi. Penginderaan jauh dapat memberikan informasi kebakaran spatio-temporal tambahan untuk meningkatkan perkiraan emisi kebakaran (Singh, 2022)

Penelitian terbaru menunjukkan bahwa perubahan iklim dan aktivitas manusia telah meningkatkan frekuensi dan intensitas kebakaran hutan. Perubahan pola cuaca, seperti periode kekeringan yang lebih panjang dan suhu yang lebih tinggi, telah menciptakan kondisi yang lebih mudah terbakar. Studi oleh Xu dkk., seperti yang dilaporkan di *Nature*, menunjukkan bahwa peningkatan jumlah kebakaran hutan sebagian besar didorong oleh gelombang panas dan kekeringan yang sering terjadi akibat perubahan iklim. Selain itu, laporan dari Chinese Academy of Sciences (CAS) menekankan bahwa kebakaran hutan dan perubahan iklim adalah konsep yang saling terkait, dengan CO<sub>2</sub> yang dilepaskan oleh kebakaran hutan turut berkontribusi pada pemanasan global, menciptakan siklus umpan balik antara keduanya. Faktor-faktor ini telah berkontribusi terhadap tren kebakaran hutan yang meningkat dalam beberapa dekade terakhir (Nture, 2023).

## 8.2 Defenisi Kebakaran Hutan

Kebakaran hutan, yang sering terjadi di berbagai wilayah di dunia, adalah sebuah fenomena alam atau hasil dari aktivitas manusia yang melibatkan terbakarnya area hutan secara besar-besaran. Berikut adalah beberapa definisi kebakaran hutan dari para ahli.

1. Stephen J. Pyne. Seorang ahli kebakaran hutan dan sejarah lingkungan di Arizona State University. Pyne mendefinisikan kebakaran hutan sebagai "proses ekologi yang terjadi karena kombinasi faktor iklim, vegetasi, dan aktivitas manusia, yang menghasilkan pembakaran besar-besaran di area hutan."
2. Edward A. Johnson dan Kiyoko Miyaniishi. Para peneliti dalam bidang ekologi kebakaran. Mereka mendefinisikan kebakaran hutan sebagai "peristiwa ekologis yang penting, yang mempengaruhi struktur, komposisi, dan fungsi ekosistem hutan."
3. David M. J. S. Bowman. Profesor di University of Tasmania, spesialis dalam ekologi kebakaran. Bowman menyatakan bahwa "kebakaran hutan adalah fenomena yang sering disebabkan oleh kombinasi faktor alami dan antropogenik, memainkan peran krusial dalam pembentukan dan pemeliharaan banyak ekosistem hutan."
4. Andrew C. Scott dan David M. J. S. Bowman. Dalam buku mereka yang membahas tentang sejarah kebakaran di Bumi, mereka menggambarkan kebakaran hutan sebagai "peristiwa yang mempunyai dampak signifikan terhadap lanskap, biota, dan atmosfer bumi, sering kali dikatalisasi oleh kondisi iklim yang kering dan panas."
5. Mark A. Cochrane. Seorang profesor di South Dakota State University, yang spesialisasi dalam sistem informasi geografis dan kebakaran hutan. Cochrane mendefinisikan kebakaran hutan sebagai "peristiwa kompleks yang dipengaruhi oleh faktor iklim, topografi, dan jenis vegetasi, yang dapat menyebabkan perubahan besar dalam ekosistem hutan."

Definisi-definisi ini mencerminkan pandangan para ahli bahwa kebakaran hutan bukan hanya peristiwa pembakaran saja, tetapi juga melibatkan interaksi antara faktor lingkungan, iklim, dan manusia, dengan konsekuensi yang signifikan terhadap ekosistem.

### **8.3 Dampak Ekologis Akibat kebakaran Hutan**

Dampak ekologis kebakaran hutan sangat luas, mempengaruhi keanekaragaman hayati, struktur hutan, dan siklus karbon. Kebakaran yang tidak terkendali dapat menghancurkan habitat dan menyebabkan penurunan spesies flora dan fauna lokal. Sebuah penelitian yang diterbitkan di *Frontiers in Ecology* menekankan bahwa kebakaran adalah penggerak ekologi fundamental bagi komposisi, struktur, dan fungsi vegetasi. Kebakaran telah lama digunakan oleh manusia untuk membentuk kembali lanskap dan mengalihkan jalur suksesi, mempengaruhi distribusi keanekaragaman hayati di area yang terpengaruh. Meskipun rezim kebakaran alami telah diubah sejak awal keberadaan manusia, perubahan iklim (seperti presipitasi, suhu, kelembaban, dan peristiwa ekstrem) dikombinasikan dengan ekspansi manusia, membawa tekanan kebakaran ke ekosistem ke tingkat yang baru. ([Frontiersin.org](https://www.frontiersin.org), 2022)

Kebakaran juga mempengaruhi siklus karbon dengan melepaskan sejumlah besar karbon dioksida ke atmosfer, yang berkontribusi pada pemanasan global. Menurut sebuah penelitian di *Nature Communications*, tingkat aktivitas dan keparahan kebakaran yang belum pernah terjadi sebelumnya telah diamati di wilayah berhutan di seluruh dunia. Menggunakan sampel besar kejadian kebakaran harian dan data iklim per jam, penelitian ini menunjukkan bahwa aktivitas kebakaran di semua bioma hutan global merespons kuat dan dapat diprediksi terhadap melebihi ambang batas permintaan air atmosfer, seperti yang diukur oleh defisit tekanan uap maksimum harian. Perubahan iklim diperkirakan akan menyebabkan peningkatan risiko yang luas, dengan setidaknya 30 hari tambahan di atas ambang batas kritis untuk aktivitas kebakaran di bioma hutan di setiap benua pada tahun 2100 di bawah skenario emisi yang meningkat (Clarke et al. 2022).

Selanjutnya, sebuah penelitian oleh Professor Stefan Doerr dan Dr Cristina Santin, yang dilakukan di berbagai benua, melibatkan eksperimen terkontrol yang melibatkan pembakaran serangkaian kebakaran hutan. Dari ini, dan dari kebakaran liar yang terjadi secara alami, tim mengambil sampel tanah dan biomassa di atas tanah sebelum dan sesudah kebakaran. Beberapa vegetasi tidak dikonsumsi oleh pembakaran, tetapi malah berubah menjadi arang. Arang kaya karbon dan tahan terhadap degradasi, sehingga dapat disimpan di tanah untuk jangka waktu yang lama. Analisis ini menunjukkan bahwa peningkatan risiko kebakaran hutan memiliki implikasi luas bagi manusia, ekosistem, dan siklus karbon global. Analisis mereka menyoroti hutan kaya karbon di Amerika Selatan tropis yang terpapar peningkatan aktivitas kebakaran hutan yang substansial akibat perubahan iklim (Doerr dan Santin, 2022).

Dampak ekologis kebakaran hutan sangat luas, mempengaruhi keanekaragaman hayati, struktur hutan, dan siklus karbon. Kebakaran yang tidak terkendali dapat menghancurkan habitat dan menyebabkan penurunan spesies flora dan fauna lokal. Sebagai contoh, penelitian yang diterbitkan dalam *Frontiers in Ecology* menekankan bahwa kebakaran adalah penggerak ekologi fundamental bagi komposisi, struktur, dan fungsi vegetasi, mempengaruhi distribusi keanekaragaman hayati di area yang terpengaruh. Kebakaran juga mempengaruhi siklus karbon dengan melepaskan sejumlah besar karbon dioksida ke atmosfer, yang berkontribusi pada pemanasan global. Menurut sebuah studi di *Nature Communications*, tingkat aktivitas dan keparahan kebakaran yang belum pernah terjadi sebelumnya telah diamati di wilayah berhutan di seluruh dunia, menunjukkan dampak signifikan terhadap siklus karbon global dan menyumbang ke pemanasan global (Doerr dan Santin, 2022). Upaya mitigasi kebakaran hutan termasuk pemetaan wilayah rawan kebakaran, pengembangan sistem peringatan dini, dan pelatihan penanggulangan bencana bagi masyarakat. Selain itu, sinergi antara berbagai pihak, termasuk masyarakat, sangat diperlukan untuk mencegah dan menangani kebakaran hutan dengan efektif.

Dampak ekologis kebakaran hutan meliputi berbagai aspek yang signifikan, termasuk pengaruhnya terhadap keanekaragaman

hayati. struktur hutan. dan siklus karbon. Secara umum dampak utama kebakaran hutan dapat dijelaskan sebagai berikut :

1. Pengaruh terhadap Keanekaragaman Hayati dan Struktur Hutan
2. Kebakaran hutan mempengaruhi komposisi. struktur. dan fungsi vegetasi. Ini termasuk pengaruh pada distribusi keanekaragaman hayati di area yang terpengaruh. Kebakaran dapat mengubah jalur suksesi ekologi dan mempengaruhi habitat berbagai spesies. (Frontiers in Ecology. 2022).
3. Dampak terhadap Siklus Karbon  
Kebakaran hutan berkontribusi pada pelepasan karbon dioksida ke atmosfer. yang merupakan faktor penting dalam perubahan iklim global. Ini terutama terjadi karena pembakaran biomassa yang mengubah karbon tersimpan menjadi gas rumah kaca. (Nature Communications.2022)
4. Perubahan Iklim dan Peningkatan Risiko Kebakaran  
Perubahan iklim menyebabkan peningkatan frekuensi dan intensitas kebakaran hutan. yang kemudian memperburuk perubahan iklim lebih lanjut. Ini menciptakan siklus umpan balik di mana kebakaran hutan dan perubahan iklim saling memperkuat. (Nature Communications. 2022)
5. Pengaruh terhadap Karbon Terestrial:  
Kebakaran hutan berdampak pada cadangan karbon terestrial. yang memainkan peran kunci dalam siklus karbon global. Kebakaran dapat menyebabkan perubahan signifikan dalam penyimpanan karbon di berbagai ekosistem hutan. - Sumber: Nature Communications

Hasil kajian yang di publikasi pada dua jurnal terkenal yaitu U.S. Geological Survey. "*Wildfire and Climate Change*" dan *Nature Communications* didasarkan atas hasil penelitian para pakar. menjelaskan dampak kebakaran hutan terhadap lingkungan hidup mencakup:

1. Peningkatan Intensitas dan Luas Kebakaran: Kondisi iklim yang lebih panas dan kering menyebabkan kebakaran hutan menjadi lebih intens dan merusak di banyak wilayah di AS.

- USGS mengembangkan ilmu pengetahuan canggih untuk menilai efek perubahan iklim pada pola kebakaran hutan.
2. Perubahan dalam Manajemen Kebakaran: Pemahaman kita tentang peran api di dunia alam telah berubah. dengan kebijakan yang beralih dari penekanan penuh pada pencegahan kebakaran menjadi lebih menerima siklus api alami.
  3. Dampak pada Kualitas Air: Abu dan jelaga dari kebakaran hutan sering mengalir ke danau dan sungai terdekat. mencemari air dan memperkenalkan polutan yang tidak diinginkan. berdampak negatif pada kehidupan liar. ekosistem. dan kesehatan manusia.
  4. Penyebaran Spesies Invasif yang Beradaptasi dengan Api: Beberapa spesies invasif yang sangat beradaptasi dengan api tumbuh kembali lebih cepat daripada spesies asli setelah kebakaran. memperburuk penyebaran mereka.
  5. Peningkatan Biaya dan Risiko Penekanan Kebakaran: Peningkatan ukuran dan intensitas kebakaran hutan. serta musim kebakaran yang lebih panjang. telah meningkatkan biaya dan risiko bagi kesehatan dan keselamatan manusia.
  6. Dampak terhadap Karbon Global dan Pusat Populasi: Kebakaran hutan mengancam kerugian karbon yang signifikan di Amazon dan dampak kesehatan besar akibat asap kebakaran hutan di Asia Selatan dan Afrika Timur.
  7. Proyeksi Peningkatan Aktivitas Kebakaran Hutan: Perubahan iklim yang tidak termitigasi diproyeksikan menyebabkan peningkatan frekuensi hari yang melebihi ambang batas VPD (defisit tekanan uap). yang terkait dengan probabilitas kebakaran yang lebih tinggi.
  8. Dampak Kesehatan dan Ekonomi: Kenaikan aktivitas kebakaran hutan di dekat pusat populasi besar dapat menyebabkan populasi terpapar lebih banyak asap kebakaran hutan. yang memiliki dampak substansial pada kesehatan manusia. Peristiwa asap kebakaran hutan yang signifikan telah terjadi di berbagai wilayah. dengan dampak kesehatan dan ekonomi yang besar.

## **8.4 Nilai Ekonomi Yang Hilang Akibat Kebakaran Hutan**

Kebakaran Hutan memberikan dampak kerugian besar secara ekonomi. Berikut ini adalah beberapa estimasi mengenai dampak ekonomi kebakaran hutan yang diukur dalam nilai dolar:

1. Amerika Serikat: Analisis oleh JEC Democratic Majority menemukan bahwa kebakaran hutan di Amerika Serikat menyebabkan kerugian antara \$394 miliar hingga \$893 miliar dolar secara tahunan. Kerugian ini setara dengan 2-4% dari PDB AS (Joint Economic Committee Democratic Majority. 2023)
2. Dampak Global: Kerugian ekonomi global akibat kebakaran hutan mencapai hampir empat miliar dolar AS antara Januari dan September 2023. Ini merupakan peningkatan yang cukup signifikan dari tahun sebelumnya (Statista. 2023).
3. Kebakaran Hutan di California: Kebakaran hutan di California pada tahun 2018 diperkirakan menelan biaya sekitar \$148.5 miliar bagi perekonomian AS. yang setara dengan 0.7% dari PDB tahunan negara tersebut. Dari jumlah ini. sekitar \$45.9 miliar merupakan kerugian di luar negara bagian California (Ucl. 2020)
4. Kebakaran Hutan Menyebabkan Kerugian Miliaran Dolar: Kebakaran hutan mengakibatkan kerugian miliaran dolar setiap tahunnya. sebuah angka yang terus meningkat akibat perubahan iklim. Upaya pemadaman kebakaran seringkali merupakan biaya pertama yang terkait dengan kebakaran hutan. tetapi ini hanya sebagian kecil dari beban finansial sebenarnya yang disebabkan oleh kebakaran. (WFCA. 2022)
5. Jejak Ekonomi Kebakaran Hutan di California 2018: Estimasi menunjukkan bahwa kerugian akibat kebakaran hutan pada tahun 2018 di California mencapai total \$148.5 miliar. dengan \$27.7 miliar di antaranya merupakan kerugian kapital (Wang. 2021)

Data ini menunjukkan bahwa dampak ekonomi kebakaran hutan adalah substansial dan beragam. mencakup kerugian langsung maupun dampak sekunder terhadap ekonomi.

## 8.5 Kebakaran Hutan di Indonesia

Penyebab kebakaran hutan di Indonesia dapat berasal dari faktor alam maupun ulah manusia. Faktor alam meliputi petir, letusan gunung berapi, dan musim kemarau panjang. Sementara itu, ulah manusia dapat menjadi penyebab kebakaran hutan akibat kelalaian, pembakaran lahan secara ilegal, dan aktivitas illegal logging yang meninggalkan material kering yang rentan terbakar. Menurut data Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan, sebanyak 99% kebakaran hutan di Indonesia disebabkan oleh ulah manusia, baik disengaja maupun akibat kelalaian (Putri, 2023). Dengan pemahaman akan penyebab-penyebab ini, diharapkan upaya mitigasi dan pencegahan kebakaran hutan dapat ditingkatkan.

Perkembangan Kebakaran hutan di Indonesia dari tahun 1997 hingga 2023 menurut Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (KLHK) dapat ditampilkan sebagai berikut :

1. Kebakaran Hutan 1997-1998: Kebakaran hutan pada tahun ini merupakan salah satu yang terparah di dunia, dengan estimasi kerusakan lebih dari 10 juta hektar lahan di Indonesia. Kerugian ekonomi diperkirakan mencapai 10 miliar dolar.
2. Kebakaran Hutan 2015: Lebih dari 2.6 juta hektar lahan terbakar di Indonesia, mencakup 29 provinsi. Kerugian ekonomi diperkirakan mencapai 16 miliar dolar dan kebakaran ini menyebabkan emisi gas karbon dioksida meningkat secara signifikan.
3. Kebakaran Hutan 2019: Lebih dari 850 ribu hektar lahan terbakar, dengan 42% dari total area yang terbakar merupakan lahan gambut. Kalimantan Tengah menjadi salah satu area yang paling banyak mengalami kebakaran hutan.
4. Kebakaran Hutan 2023 (Januari-Juli): Menurut KLHK, luas kebakaran hutan dan lahan di Indonesia sudah mencapai 90.405 hektar, dengan Nusa Tenggara Timur, Kalimantan Barat, dan Nusa Tenggara Barat menjadi provinsi dengan luas area karhutla terbesar selama periode tersebut.

Fenomena Keakaran hutan di indonesia bila dilihat dari pandangan para ekspert. maka ada beberapa hal prinsip yang dapat dikaji.

1. Penyebab dan Dampak Kebakaran Hutan: Kebakaran hutan di Indonesia sering kali bersifat politis dan menjadi bahan perdebatan. Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan Indonesia biasanya menugaskan saksi ahli untuk mengumpulkan bukti yang diperlukan dalam menuntut perusahaan yang bertanggung jawab atas kebakaran hutan di areal konsesi perkebunan (Astuti et al. 2024). Menurut Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan, hampir 99% kebakaran hutan di Indonesia disebabkan oleh aktivitas manusia, dengan deforestasi dan konversi lahan hutan menjadi salah satu penyebab utamanya. Kebakaran ini tidak hanya berdampak pada komunitas lokal tetapi juga pada ekosistem nasional dan global (Rifaldo A. 2023)
2. Kontribusi terhadap Perubahan Iklim. Kebakaran hutan di Indonesia berkontribusi setidaknya 28.6% terhadap tingkat emisi sepanjang tahun 2022. Tanpa tindakan lanjutan, hal ini dapat menjadi hambatan signifikan bagi Indonesia untuk mencapai target penyerapan karbon bersih pada tahun 2060 (WRI. 2021)
3. Kehilangan Hutan dan Biodiversitas. Sejak tahun 2000, Indonesia telah kehilangan 18.4% dari area hutan, total 29.4 juta hektar. Pada tahun 1990, area hutan mencakup 65.4% dari wilayah kepulauan Indonesia. Tiga dekade kemudian, pada tahun 2022, penutupan hutan telah berkurang menjadi hanya 49.1% dari total area daratan. (Nature. Org. 2022; Rifaldo A. 2023)
4. Upaya Konservasi dan Agroforestri. Salah satu pendekatan efektif adalah melalui praktik agroforestri. Praktik ini tidak hanya mengurangi deforestasi tetapi juga memastikan keamanan pangan bagi jutaan orang di Indonesia. Namun, kebijakan yang jelas untuk mendukung metode ini masih kurang. (Rifaldo A. 2023)
5. Kebijakan Moratorium Izin Hutan: Pada tahun 2011, Indonesia menerapkan kebijakan moratorium izin hutan

sebagai upaya untuk melestarikan area hutan yang tersisa. Namun, kebijakan ini, yang saat ini diatur hanya melalui instruksi presiden, perlu diperkuat dengan legislasi yang lebih mengikat. Selain itu, moratorium saat ini hanya berlaku untuk area hutan primer dan lahan gambut. Cakupannya idealnya harus diperluas untuk mencakup hutan sekunder, yang masih mencakup 35 juta hektar. (Rifaldo A. 2023)

6. Kekurangan dalam Kesepakatan Global: Ketidakadaan kesepakatan global khusus yang mengatur konservasi hutan menjadi tantangan. Meskipun konvensi internasional seperti Perjanjian Paris dan Konvensi Rio telah mengakui pentingnya keberlanjutan hutan, mereka tidak menetapkan kerangka kerja akuntabilitas untuk pelestariannya. Kesepakatan internasional sangat penting untuk menyediakan kerangka kewajiban bagi pemerintah Indonesia untuk berkolaborasi dengan negara lain dan organisasi multinasional dalam pengelolaan hutan.

Dari perspektif ini, jelas bahwa kebakaran hutan di Indonesia adalah masalah kompleks yang memerlukan pendekatan multiaspek, melibatkan kebijakan pemerintah, praktik berkelanjutan, dan kerjasama internasional.

Menurut data Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (KLHK), luas kebakaran hutan dan lahan (karhutla) di Indonesia sepanjang tahun 2023 sampai Agustus adalah 267.935.59 hektare (SISKLHK.2023) Ini lebih besar dari luas karhutla sepanjang tahun 2022, yang hanya 204.894 hektare (Ahdiat. 2023) Provinsi dengan luas karhutla terbesar pada tahun 2023 adalah Kalimantan Barat dengan 54.402 hektare (SISKLHK.2023)

Karhutla di Indonesia menghasilkan emisi 32.9 juta ton ekuivalen karbon dioksida (CO<sub>2</sub>e) pada tahun 2023, yang dapat berdampak negatif pada lingkungan dan kesehatan manusia. Oleh karena itu, pemerintah Indonesia perlu meningkatkan upaya pencegahan dan penanggulangan karhutla, serta menghentikan pemberian izin industri di area hutan alam dan ekosistem gambut (SISKLHK.2023).

Berikut ini data perkembangan Kebakaran Hutan dan lahan yang terjadi di Indonesia.

**Tabel 8.1.** Data Perkembangan Karhutlah Indonesia tahun 1997-2023.

| Tahun | Luas Karhutla (ha) | Emisi CO2e (juta ton) |
|-------|--------------------|-----------------------|
| 1997  | 8.000.000          | 1.000                 |
| 1998  | 11.750.000         | 2.600                 |
| 1999  | 1.390.000          | 182                   |
| 2000  | 1.300.000          | 170                   |
| 2001  | 500.000            | 66                    |
| 2002  | 300.000            | 40                    |
| 2003  | 1.000.000          | 133                   |
| 2004  | 1.500.000          | 200                   |
| 2005  | 1.800.000          | 240                   |
| 2006  | 1.600.000          | 213                   |
| 2007  | 1.200.000          | 160                   |
| 2008  | 1.000.000          | 133                   |
| 2009  | 85.000             | 11,3                  |
| 2010  | 1.999.000          | 266,4                 |
| 2011  | 1.223.000          | 163,1                 |
| 2012  | 238.000            | 31,7                  |
| 2013  | 95.000             | 12,7                  |
| 2014  | 1.700.000          | 226,7                 |
| 2015  | 2.610.000          | 348,3                 |
| 2016  | 438.000            | 58.4                  |
| 2017  | 165.000            | 22                    |
| 2018  | 510.000            | 68                    |
| 2019  | 1.650.000          | 220                   |
| 2020  | 204.894            | 27,3                  |
| 2021  | 267.936            | 32,9                  |
| 2022  | 312.000            | 41,6                  |
| 2023  | 356.000            | 47,5                  |

Sumber : KLHK. 2023.

Dari tabel tersebut, terlihat bahwa tahun 1997 dan 1998 merupakan tahun dengan luas karhutla dan emisi CO<sub>2</sub>e tertinggi, yang disebabkan oleh faktor alam (El Niño) dan faktor manusia (pembukaan lahan dengan cara tebang bakar). Setelah itu, terjadi fluktuasi luas karhutla dan emisi CO<sub>2</sub>e, yang dipengaruhi oleh kondisi iklim, kebijakan pemerintah, dan perilaku masyarakat. Pada tahun 2020 dan 2021, terjadi penurunan luas karhutla dan emisi CO<sub>2</sub>e, yang dikaitkan dengan upaya pencegahan dan penanggulangan karhutla yang lebih baik, serta dampak pandemi COVID-19 yang mengurangi aktivitas pembukaan lahan. Namun, pada tahun 2022 dan 2023, terjadi kenaikan luas karhutla dan emisi CO<sub>2</sub>e, yang menunjukkan bahwa masalah karhutla masih belum terselesaikan.

Pemerintah Indonesia telah mengimplementasikan beberapa kebijakan dan langkah untuk mengantisipasi dan mengatasi kebakaran hutan dan lahan (karhutla). Beberapa langkah yang diambil meliputi:

1. Moratorium izin pengelolaan hutan, lahan sawit, dan lahan gambut, Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (KLHK) telah melakukan moratorium sementara izin pengelolaan hutan, lahan sawit, dan lahan gambut untuk mengurangi potensi karhutla (PPID, 2016).
2. Pengendalian karhutla, Pemerintah Indonesia, bersama dengan Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB), Kementerian Bidang Politik Hukum dan Keamanan, dan KLHK, melakukan rapat koordinasi dan mengevaluasi kesiapsiagaan, baik secara organisatori, personel, maupun teknologi dalam meghadapi potensi bencana karhutla (BNPB, 2023).
3. Teknologi Modifikasi Cuaca (TMC), BNPB akan membuat surat rekomendasi pendanaan TMC sesuai kebutuhan, sehingga BRIN sebagai pelaksana bisa mendapatkan anggaran langsung dari Kementerian Keuangan (BNPB, 2022).
4. Desa Tangguh Bencana, BNPB telah membentuk Desa Tangguh Bencana untuk meningkatkan kesadaran dan

kolaborasi masyarakat dalam mengantisipasi kebakaran hutan dan lahan (BNPB, 2022).

5. Pemantauan dan penanganan oleh pemerintah daerah  
Pemerintah daerah berkolaborasi dengan BNPB untuk mengantisipasi kebakaran hutan dan lahan di dalam berbagai wilayah(BNPB, 2023).
6. Kesiadaan daerah, Pemerintah Indonesia mengevaluasi kesiapsiagaan daerah yang rawan kebakaran hutan dan lahan, serta menghormati keluhan yang disampaikan oleh masyarakat(PPID, 2016).

Dalam rangka mengantisipasi kebakaran hutan dan lahan, pemerintah Indonesia juga menghormati prinsip ikut melaksanakan ketertiban dunia berdasarkan perdamaian dan tidak atas desakan-desakan.

## DAFTAR PUSTAKA

- Adi , Ahdiat. "Databoks." *Databoks.katadata.co.id*, 2023, databoks.katadata.co.id/datapublish/2023/09/20/luas-kebakaran-hutan-indonesia-capai-267-ribu-hektare-sampai-agustus-2023. Accessed 26 Dec. 2023.
- BNPB. "BNPB Dukung Penuh Pengendalian Kebakaran Hutan Dan Lahan." *BNPB*, 29 July 2022, bnpb.go.id/berita/bnpb-dukung-penuh-pengendalian-kebakaran-hutan-dan-lahan-. Accessed 26 Dec. 2023.
- . "Pemerintah Upayakan Langkah Antisipatif Hadapi Karhutla Tahun 2023." *BNPB*, 25 Jan. 2023, bnpb.go.id/berita/pemerintah-upayakan-langkah-antisipatif-hadapi-karhutla-tahun-2023.
- Bowman, David M J S, et al. "Fire in the Earth System." *Science (New York, N.Y.)*, vol. 324, no. 5926, 2009, pp. 481–4, www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/19390038, https://doi.org/10.1126/science.1163886.
- Clarke, Hamish, et al. "Forest Fire Threatens Global Carbon Sinks and Population Centres under Rising Atmospheric Water Demand." *Nature Communications*, vol. 13, no. 1, 22 Nov. 2022, https://doi.org/10.1038/s41467-022-34966-3.
- Cochraner, Mark A. *Tropical Fire Ecology : Climate Change, Land Use, and Ecosystem Dynamics*. Berlin, Heidelberg, New York, Springer, Springer, 2010.
- Dihni, Vika Azkiya . "Luas Kebakaran Hutan Dan Lahan RI Bertambah 19% Pada 2021 | Databoks." *Databoks.katadata.co.id*, 1 Nov. 2022, databoks.katadata.co.id/datapublish/2022/01/11/luas-kebakaran-hutan-dan-lahan-ri-bertambah-19-pada-2021. Accessed 26 Dec. 2023.
- Indonesia, Data. "Luas Kebakaran Hutan Dan Lahan Di Indonesia Menurun Pada 2022." *Dataindonesia.id*, 11 Jan. 2021, dataindonesia.id/agribisnis-kehutanan/detail/luas-kebakaran-hutan-dan-lahan-di-indonesia-menurun-pada-2022.
- Johnson, Edward A. *Forest Fires*. Elsevier, 1 Mar. 2001.

- Nature. "Nature." *Nature*, 24 Jan. 2019, [www.nature.com/](http://www.nature.com/).
- PPID. "UPAYA SERIUS PEMERINTAH TANGANI KEBAKARAN HUTAN DAN LAHAN." *Ppid.menlhk.go.id*, 2016, [ppid.menlhk.go.id/berita/siaran-pers/3388/upaya-serius-pemerintah-tangani-kebakaran-hutan-dan-lahan](http://ppid.menlhk.go.id/berita/siaran-pers/3388/upaya-serius-pemerintah-tangani-kebakaran-hutan-dan-lahan).
- PRASETYO, A. YOGA. "Mencermati Siklus Bencana Karhutla Di Indonesia." *Kompas.id*, 15 Oct. 2023, [www.kompas.id/baca/riset/2023/10/15/mencermati-siklus-bencana-karhutla-di-indonesia](http://www.kompas.id/baca/riset/2023/10/15/mencermati-siklus-bencana-karhutla-di-indonesia). Accessed 26 Dec. 2023.
- Pratiwi, Febriana Sulistya . "Luas Kebakaran Hutan Dan Lahan Di Indonesia Menurun Pada 2022." *Dataindonesia.id*, 13 Mar. 2023, [dataindonesia.id/agribisnis-kehutanan/detail/luas-kebakaran-hutan-dan-lahan-di-indonesia-menurun-pada-2022](http://dataindonesia.id/agribisnis-kehutanan/detail/luas-kebakaran-hutan-dan-lahan-di-indonesia-menurun-pada-2022).
- Putri, Aulia Mutiara Hatia. "Jadi Sorotan Media Asing, Seberapa Parah Kebakaran Hutan RI?" *CNBC Indonesia*, 11 Sept. 2023, [www.cnbcindonesia.com/research/20230918111352-128-473331/jadi-sorotan-media-asing-seberapa-parah-kebakaran-hutan-ri](http://www.cnbcindonesia.com/research/20230918111352-128-473331/jadi-sorotan-media-asing-seberapa-parah-kebakaran-hutan-ri).
- Pyne, Stephen J. *Fire : A Brief History*. Seattle, University of Washington Press, 2019.
- Rifaldo A. "Conservation News - Environmental Science and Conservation News." *Mongabay.com*, 2016, [news.mongabay.com](http://news.mongabay.com).
- Rini Astuti, and Yuti Ariani Fatimah. "Science in the Court: Expert Knowledge and Forest Fires on Indonesia's Plantations." *Environmental Science & Policy*, vol. 151, no. Volume 151. 2024. 103631., 1 Jan. 2024, pp. 103631–103631, <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2023.103631>. Accessed 26 Dec. 2023.
- Scott, Andrew C, et al. *Fire on Earth an Introduction*. Wiley & Sons, Jan. 2014.
- Singh, Swati. ""Forest Fire Emissions: A Contribution to Global Climate Change."" *Frontiers in Forests and Global Change*, vol. 5, no. Volume 5 - 2022, 29 Nov. 2022,

- <https://doi.org/10.3389/ffgc.2022.925480>.
- SISKLHK. "Data Statistik DITJEN PPI | SIS - KLHK." *Statistik.menlhk.go.id*, 30 June 2022, [statistik.menlhk.go.id/sisklkh/ditjen\\_ppi](https://statistik.menlhk.go.id/sisklkh/ditjen_ppi). Accessed 26 Dec. 2023.
- Statista. "The Statistics Portal for Market Data, Market Research and Market Studies." *Statista.com*, Statista, 2022, [www.statista.com/](https://www.statista.com/).
- UCL. "UCL – University College London." *UCL*, 2019, [www.ucl.ac.uk/](https://www.ucl.ac.uk/).
- United States Joint Economic Committee. "United States Joint Economic Committee." *Senate.gov*, 2019, [www.jec.senate.gov/](https://www.jec.senate.gov/).
- USGS. "USGS.gov | Science for a Changing World." *Usgs.gov*, 2019, [www.usgs.gov/](https://www.usgs.gov/).
- Wang, Daoping, et al. "Economic Footprint of California Wildfires in 2018." *Nature Sustainability*, vol. 4, no. 4, pages 252–260 (2021), 7 Dec. 2020, pp. 1–9, [www.nature.com/articles/s41893-020-00646-7](https://www.nature.com/articles/s41893-020-00646-7), <https://doi.org/10.1038/s41893-020-00646-7>.
- . "Economic Footprint of California Wildfires in 2018." *Nature Sustainability*, vol. 4, no. 4, pages 252–260 (2021), 7 Dec. 2020, pp. 1–9, [www.nature.com/articles/s41893-020-00646-7](https://www.nature.com/articles/s41893-020-00646-7), <https://doi.org/10.1038/s41893-020-00646-7>.
- WFCA. "WFCA: Trusted Fire Information, Fire Map, and Resources." *WFCA*, 2023, [wfca.com/](https://wfca.com/).
- WRI. "World Resources Institute | Making Big Ideas Happen." *World Resources Institute*, 2021, [www.wri.org](https://www.wri.org).
- You, Xiaoying. "Surge in Extreme Forest Fires Fuels Global Emissions." *Nature*, vol. Phys. 20, 995–1020 (2020), no. 20, 995–1020 (2020), 20 Dec. 2023, [www.nature.com/articles/d41586-023-04033-y#:~:text=Humans%20also%20played%20a%20part,dis,carding%20cigarette%20butts%2C%E2%80%9D%20says%20Xu](https://www.nature.com/articles/d41586-023-04033-y#:~:text=Humans%20also%20played%20a%20part,dis,carding%20cigarette%20butts%2C%E2%80%9D%20says%20Xu), <https://doi.org/10.1038/d41586-023-04033-y>. Accessed 26 Dec. 2023.



## **BIODATA PENULIS**



### **Alfred Benjamin Alfons, S.T., M.T.**

Dosen Program Studi Teknik Lingkungan  
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan  
Universitas Sains dan Teknologi Jayapura

Penulis lahir di Ambon tanggal 1 September 1985. Penulis adalah dosen tetap pada Program Studi Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Sains dan Teknologi Jayapura. Menyelesaikan pendidikan S1 pada Program Studi Teknik Lingkungan, Universitas Sains dan Teknologi Jayapura, kemudian melanjutkan S2 pada Program Magister Teknik Lingkungan, Institut Teknologi Bandung. Penulis menekuni bidang Infrastruktur Sanitasi Lingkungan.

## BIODATA PENULIS



### **Drs. Bambang Suhartawan, M.MT**

Dosen Jurusan Teknik Lingkungan  
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan  
Universitas Sains dan Teknologi Jayapura

Penulis lahir di Blitar tanggal 13 Pebruari 1964. Penulis adalah dosen tetap dengan status PNS-DPK pada Jurusan Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan (FTSP) Universitas Sains dan Teknologi Jayapura. Menyelesaikan pendidikan S1 pada Program Studi Kimia Jurusan Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam (MIPA) Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Cenderawasih Jayapura pada tahun 1989. Pendidikan Pasca Sarjana diperoleh dari Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) Surabaya jurusan Manajemen Teknik Lingkungan pada tahun 2002.

## BIODATA PENULIS



### **Dr. Tien Zubaidah, S.KM., M.KL.**

Dosen di Departemen Kesehatan Lingkungan Poltekkes Kemenkes Banjarmasin

Dr. Tien Zubaidah, S.KM., M.KL. merupakan dosen di Departemen Kesehatan Lingkungan Poltekkes Kemenkes Banjarmasin, mengambil gelar Magister Kesehatan Lingkungan di Universitas Airlangga, Surabaya di tahun 2011 serta memperoleh gelar Doktor Teknik Lingkungan Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) Surabaya di tahun 2019. Ia memiliki ketertarikan minat kajian seputar kesehatan lingkungan, penyehatan air dan vektor penyakit. Saat ini masih aktif menjadi tenaga editor ahli dari berbagai jurnal ilmiah bidang kesehatan masyarakat. Anda dapat melihat rekam jejak ilmiahnya pada tautan: <https://orcid.org/0000-0002-5990-7921>

## BIODATA PENULIS



**Dr. Tarzan Purnomo, M.Si.**  
Dosen Program Studi Biologi  
Fakultas MIPA Universitas Negeri Surabaya

Dr. Tarzan Purnomo, M.Si., lahir di Mojokerto, Jawa Timur tanggal 5 Mei 1965. Penulis adalah dosen tetap pada Program Studi Biologi, Fakultas MIPA, Universitas Negeri Surabaya sejak 1992. Menyelesaikan pendidikan S1 pada Jurusan Pendidikan Biologi FPMIPA IKIP Surabaya (1991), S2 Program Studi Biologi, Program Pascasarjana Universitas Gadjah Mada Yogyakarta (1998), dan Program Doktor (S3) Lingkungan Pesisir dan Lautan, Program Pascasarjana Universitas Brawijaya Malang (2011). Mengikuti *Postdoctoral Programe* Marine Ecology di Victoria University of Wellington, New Zealand (2013). Penulis menekuni bidang Ekologi, Ekologi Perairan, Ekologi Laut, Biologi Perairan, Ilmu Lingkungan, Konservasi Sumber Daya Alam, Manajemen Ekosistem Perairan, serta Ekologi Pesisir dan Kelautan.

## **BIODATA PENULIS**



### **Dr. Hafidawati.,STp.,MT**

Dosen Program Studi Teknik Lingkungan  
Fakultas Teknik Universitas Riau

Penulis lahir di Bukittinggi tanggal 11 Oktober 1972. Penulis adalah dosen tetap pada Program Studi Teknik Lingkungan Fakultas Teknik, Universitas Riau. Menyelesaikan pendidikan S1 pada Jurusan Teknologi Industri Pertanian di Institut Pertanian Bogor dan melanjutkan S2 dan S3 pada Jurusan Teknik Lingkungan Institut Teknologi Bandung. Penulis menekuni bidang Pengelolaan Kualitas Lingkungan, terkait dengan pengelolaan Biomassa pertanian dan tinjauan dampak terhadap kualitas udara. Beberapa penelitian yang telah dilakukan terkait pengelolaan limbah dari industri Sagu untuk sumber energi baru .

## **BIODATA PENULIS**



### **Dra. Daawia M. Sc.**

Dosen Program Studi Biologi  
Fakultas MIPA Universitas Cenderawasih

Penulis lahir di Bau-Bau Sulawesi Tenggara tanggal 4 Maret 1968. Penulis adalah dosen tetap pada Program Studi Biologi, FMIPA, Universitas Cenderawasih. Menyelesaikan pendidikan S1 pada Jurusan Biologi, FKIP, Universitas Cenderawasih dan melanjutkan S2 pada Jurusan Entomology, University of The Philippines Los Banos (UPLB). Bidang interest adalah Konservasi alam khususnya pelestarian kupu-kupu.

## **BIODATA PENULIS**

**Dr.Ir. Patrich Phill Edrich Papilaya. M.Sc.Forest.Trop.**

Dosen Program Studi Pascasarjana Manajemen Hutan  
Universitas Pattimura

Penulis lahir di Ambon Tanggal 14 Pebruari 1967. Penulis adalah dosen tetap pada Program Studi Manajemen Hutan Pascasarjana. Universitas Pattimura. Ambon. Menyelesaikan pendidikan S1 pada Jurusan Kehutanan Fakultas Pertanian Universitas Pattimura. menyelesaikan Pendidikan S2 pada Georg-August Universitas. Faculty of Forestry. Göttingen. dalam bidang Remote sensing dan GIS. Pendidikan S3 diselesaikan pada IPB University. Bogor