

Pengantar Ilmu Lingkungan

by Rd. Indah Nirtha Nilawati Nps

Submission date: 25-Apr-2023 01:57AM (UTC-0400)

Submission ID: 2074860642

File name: Pengantar_Ilmu_Lingkungan.pdf (14.7M)

Word count: 36784

Character count: 239064



PENGANTAR ILMU LINGKUNGAN



Efbertias Sitorus • Muhammad Ihsan Mukrim • David Soputra
Asmuliani R • Erni Mohamad • Irwan Sofia • Seri Asnawati Munthe
Julhim S. Tangio • Rd. Indah Nirtha NNPS • Mahyati

PENGANTAR ILMU LINGKUNGAN



UU 28 tahun 2014 tentang Hak Cipta

Fungsi dan sifat hak cipta Pasal 4

Hak Cipta sebagaimana dimaksud dalam Pasal 3 huruf a merupakan hak eksklusif yang terdiri atas hak moral dan hak ekonomi.

Pembatasan Perlindungan Pasal 26

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

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

Sanksi Pelanggaran Pasal 113

1. Setiap Orang yang dengan tanpa hak dan/atau tanpa izin Pencipta atau pemegang Hak Cipta melakukan pelanggaran hak ekonomi Pencipta sebagaimana dimaksud dalam Pasal 9 ayat (1) huruf c, huruf d, huruf f, dan/atau huruf h untuk Penggunaan Secara Komersial dipidana dengan pidana penjara paling lama 3 (tiga) tahun dan/atau pidana denda paling banyak Rp500.000.000,00 (lima ratus juta rupiah).
2. Setiap Orang yang dengan tanpa hak dan/atau tanpa izin Pencipta atau pemegang Hak Cipta melakukan pelanggaran hak ekonomi Pencipta sebagaimana dimaksud dalam Pasal 9 ayat (1) huruf a, huruf b, huruf e, dan/atau huruf g untuk Penggunaan Secara Komersial dipidana dengan pidana penjara paling lama 4 (empat) tahun dan/atau pidana denda paling banyak Rp1.000.000.000,00 (satu miliar rupiah).

Pengantar Ilmu Lingkungan

Efbertias Sitorus, Muhammad Ihsan Mukrim, David Soputra
Asmuliani R, Erni Mohamad, Irwan Sofia, Seri Asnawati Munthe
Julhim S. Tangio, Rd. Indah Nirtha NNPS, Mahyati



Penerbit Yayasan Kita Menulis

Pengantar Ilmu Lingkungan

Copyright © Yayasan Kita Menulis, 2022

Penulis:

Efbertias Sitorus, Muhammad Ihsan Mukrim, David Soputra
Asmuliani R, Emi Mohamad, Irwan Sofia, Seri Asnawati Munthe
Julhim S. Tangio, Rd. Indah Nirtha NNPS, Mahyati

Editor: Matias Julyus Fika Sirait

Desain Sampul: Devy Dian Pratama, S.Kom.

Penerbit

Yayasan Kita Menulis

Web: kitamenulis.id

e-mail: press@kitamenulis.id

WA: 0821-6453-7176

IKAPI: 044/SUT/2021

Efbertias Sitorus., dkk.

Pengantar Ilmu Lingkungan

Yayasan Kita Menulis, 2022

xiv; 146 hlm; 16 x 23 cm

ISBN: 978-623-342-614-5

Cetakan 1, Oktober 2022

I. Pengantar Ilmu Lingkungan

II. Yayasan Kita Menulis

Katalog Dalam Terbitan

Hak cipta dilindungi undang-undang

Dilarang memperbanyak maupun mengedarkan buku tanpa

izin tertulis dari penerbit maupun penulis

Kata Pengantar

Puji dan syukur penulis ucapkan kepada Tuhan Yang Maha Esa atas berkat dan rahmat Nya yang diberikan kepada penulis sehingga dapat menyelesaikan buku yang berjudul “Pengantar Ilmu Lingkungan”.

Buku Pengantar Ilmu Lingkungan merupakan disiplin ilmiah yang menginterpretasikan ilmu kimia, fisika, biologi, ekologi, geologi, ilmu tanah, sains atmosfer, dan geografi untuk mempelajari pengelolaan lingkungan, solusi dari pada permasalahan lingkungan.

Dalam buku ini bagaimana prinsip, sistem, sumber daya alam, pengelolaan serta permasalahan yang berada di lingkungan seperti pencemaran air, tanah, dan udara serta itu akan dirangkum melalui peraturan – peraturan tentang lingkungan.

Buku Pengantar Ilmu Lingkungan ini membahas yaitu:

- Bab 1 Prinsip Dasar Pengetahuan Lingkungan
- Bab 2 Lingkungan sebagai Sistem
- Bab 3 Lingkungan Fisik, Kimiawi, dan Hayati
- Bab 4 Permasalahan Lingkungan
- Bab 5 Sumber Daya Alam yang Dapat Diperbarui
- Bab 6 Sumber Daya Alam yang Tak dapat Diperbaharui
- Bab 7 Pencemaran Udara
- Bab 8 Pencemaran Air
- Bab 9 Permasalahan Tanah
- Bab 10 Pembangunan Berwawasan Lingkungan

Penulis menyadari bahwa penulisan buku ini masih jauh dari sempurna, oleh karena itu saran dan kritik yang membangun sangat kami harapkan untuk penyempurnaan buku. Besar harapan para penulis, semoga buku ini

dapat memberi manfaat dan memperkaya khasana Ilmu pengetahuan khususnya pada kajian keilmuan lingkungan, kesehatan, dll.

Dalam kesempatan penulis mengucapkan terimakasih kepada para pihak yang telah membantu menyusun materi ini. Semoga buku ini memberikan manfaat bagi peningkatan kualitas lingkungan Indonesia secara menyeluruh.

Semoga kita senantiasa berada dalam lindungan Tuhan Yang Maha Esa dalam mengerjakan segala tugas dan aktivitas kita, Amin

Medan, September 2022
Tim Penulis

Efbertias Sitorus dkk.

Daftar Isi

Kata Pengantar	v
Daftar Isi	vii
Daftar Gambar	xi
Daftar Tabel.....	xiii
Bab 1 Prinsip Dasar Pengetahuan Lingkungan	
1.1 Pendahuluan.....	1
1.2 Pembagian Lingkungan Hidup.....	2
1.3 Sumber-sumber Daya Alam	5
1.4 Prinsip Lingkungan Hidup.....	7
Bab 2 Lingkungan sebagai Sistem	
2.1 Paradigma terhadap Lingkungan.....	11
2.1.1 Paradigma organis-sistemis	13
2.1.2 Paradigma Gaia	13
2.2 Teori Sistem	14
2.3 Sistem Lingkungan.....	16
2.3.1 Ekosistem	16
2.3.2 Struktur, Batasan dan Skala Ekosistem	16
2.4 Sistem Lingkungan sebagai Sistem Energi	21
Bab 3 Lingkungan Fisik, Kimiawi, dan Hayati	
3.1 Pendahuluan.....	23
3.2 Lingkungan Biotik dan Abiotik.....	24
3.3 Lingkungan Fisik.....	25
3.4 Lingkungan Kimiawi	29
3.5 Lingkungan Hayati	31
3.6 Kegiatan yang Merusak Lingkungan Fisik, Kimiawi dan Hayati	33
Bab 4 Permasalahan Lingkungan	
4.1 Perubahan Iklim, Pemanasan Global, Efek Rumah Kaca, Hujan Asam, dan Penipisan Lapisan Ozon	35
4.2 Menipisnya Keanekaragaman Hayati.....	38
4.3 Pencemaran Lingkungan	40
4.4. Masalah Lingkungan Hidup Alami.....	47

Bab 5 Sumber Daya Alam yang Dapat Diperbarui

5.1 Pengertian Sumber Daya Alam.....	51
5.2 Berbagai Sumber Daya Alam yang dapat diperbarui	52
5.2.1 Air	53
5.2.2 Udara	53
5.2.3 Tanah.....	54
5.2.4 Hewan	55
5.2.5 Biomassa	56
5.2.6 Tumbuhan.....	56
5.2.7 Mutiara.....	58

Bab 6 Sumber Daya Alam yang Tak dapat Diperbaharui

6.1 Sumber Daya Alam.....	61
6.2 Sumber Daya Alam Tak Terbarukan.....	62
6.3 Isu-Isu Terkait Sumberdaya Tak Terbarukan.....	68
6.3.1 Kelangkaan Sumberdaya Alam Tak Terbarukan.....	68
6.3.2 Kondisi Sumberdaya Energi Tak Terbarukan.....	69
6.4 Dampak dari Energi Tak Terbarukan	70

Bab 7 Pencemaran Udara

7.1 Pendahuluan.....	73
7.2 Pengertian Pencemaran Udara.....	74
7.3 Sumber Pencemaran Udara	75
7.4 Jenis Bahan Pencemar Udara	77
7.5 Efek Pencemaran Udara.....	84
7.6 Upaya Penanggulangan.....	86

Bab 8 Pencemaran Air

8.1 Pendahuluan.....	89
8.2 Definisi Pencemaran Air.....	90
8.3 Sumber Pencemaran Air.....	91
8.3.1 Pencemaran Air dari Limbah Industri	92
8.3.2 Pencemaran Air Dari Limbah Pertanian	93
8.3.3 Pencemaran Air Dari Limbah Rumah Tangga	93
8.4 Komponen Pencemaran Air	94
8.4.1 Limbah Padat.....	94
8.4.2 Limbah Organik dan Olahan Bahan Makanan	95
8.4.3 Limbah Anorganik.....	95
8.4.4 Limbah Cairan Berminyak	96

8.4.5 Limbah Zat Kimia.....	96
8.4.6 Zat Warna Kimia.....	96
8.4.7 Larutan Penyamak Kulit.....	97
8.4.8 Limbah Zat Radioaktif.....	97
8.5 Dampak Pencemaran Air.....	98
8.6 Penanggulangan Pencemaran Air	100

Bab 9 Permasalahan Tanah

9.1 Pendahuluan.....	105
9.2 Penyebab Degradasi Tanah	106
9.2.1 Deforestasi.....	106
9.2.2 Salah Guna dan Proses Pemupukan Yang Berlebihan	106
9.2.3 Kegiatan Pertambangan.....	107
9.3 Dampak Degradasi Tanah	108
9.3.1 Tanah Kering dan Gersang	108
9.3.2 Hilangnya lahan yang subur.....	108
9.3.3 Pencemaran Air dan Sedimentasi.....	108
9.4 Solusi dalam Mengatasi Permasalahan Tanah	109
9.4.1 Reklamasi lahan	109
9.4.2 Mencegah Salinisasi	109
9.4.3 Penggunaan Bahan Organik.....	110
9.4.4 Pengelolaan Tanah dengan Teknik Konservasi.....	111

Bab 10 Pembangunan Berwawasan Lingkungan

10.1 Pendahuluan.....	113
10.2 Konsep Pembangunan Berwawasan Lingkungan	114
10.3 Ciri-Ciri Pembangunan Berwawasan Lingkungan.....	116
10.4 Prinsip Pilar Pembangunan Berkelanjutan	117
10.4.1 Pembangunan Berkelanjutan di bidang Ekonomi	119
10.4.2 Pembangunan Berkelanjutan di bidang Lingkungan	119
10.4.3 Pembangunan Berkelanjutan di bidang Sosial Budaya	120
10.5 Perlindungan Dan Pengelolaan Lingkungan Hidup	121
Daftar Pustaka	125
Biodata Penulis	141

Daftar Gambar

Gambar 2.1: Lingkungan manusia	17
Gambar 5.1: Air sebagai sumber Energi	53
Gambar 5.2: Hewan Darat	55
Gambar 5.3: Hewan Air	55
Gambar 5.4: Biomassa	56
Gambar 5.5: Kerang Mutiara	58
Gambar 6.1: Batubara Adalah Sumberdaya Alam yang Tak Dapat Diperbaharui	65

Daftar Tabel

Tabel 8.1: Jumlah Buangan Air Limbah Daerah Jakarta Setiap Hari.....94

Bab 1

Prinsip Dasar Pengetahuan Lingkungan

1.1 Pendahuluan

Kepedulian akan lingkungan memegang peranan penting dalam pembangunan karena keberlanjutan pembangunan itu sendiri tidak terlepas dari kondisi lingkungan. Namun pada kenyataannya, pembangunan seringkali berkontribusi besar dalam kerusakan lingkungan. Pembangunan umumnya mengakibatkan pertumbuhan laju penduduk yang seiring dengan laju peningkatan kebutuhan sehingga berdampak pada degradasi hutan dan lingkungan (Sarbi, 2018). Tidak hanya degradasi hutan akibat deforestasi demi tujuan pembukaan lahan, meningkatnya populasi ini juga berdampak pada pencemaran lingkungan (Zebua, 2017).

Oleh karena itu, kondisi lingkungan sudah selayaknya menjadi perhatian dalam pembangunan berkelanjutan. Pemeliharaan kondisi lingkungan dalam pembangunan berkelanjutan tidak terlepas dari peranan masyarakat di dalamnya. Masyarakat memainkan peranan signifikan yang berpengaruh pada kegagalan atau keberhasilan pemeliharaan lingkungan. Dalam beberapa kajian mengenai pembangunan berkelanjutan, masyarakat sering dilihat sebagai penerima dampak pembangunan (Kurniawan, 2015; Nss, Suryawardana and

Triyani, 2015). Padahal apabila dikaji lebih dalam lagi, masyarakat memiliki potensi untuk berperan sebagai aktor yang dengan aktif dapat memengaruhi keberlanjutan lingkungan. Masyarakat, melalui sikap dan kesadaran lingkungannya, telah tercatat sebagai pihak yang memberikan pengaruh signifikan dalam melawan pencemaran lingkungan (Chen, Huang and Lin, 2019).

Menurut Mulyanto (2007), lingkungan adalah seluruh faktor luar yang memengaruhi suatu organisme; faktor-faktor ini dapat berupa organisme hidup (biotic factor) atau variabel-variabel yang tidak hidup (abiotic factor). Interaksi-interaksi antara organisme-organisme dengan kedua faktor biotik dan abiotik membentuk suatu ekosistem. Ekosistem adalah tatanan unsur lingkungan hidup yang merupakan kesatuan utuh menyeluruh dan saling memengaruhi dalam membentuk keseimbangan, stabilitas, dan produktivitas lingkungan hidup (Hakim, 2015). Namun, pada hakikatnya keseimbangan alam (balance of nature) menyatakan bahwa bukan berarti ekosistem tidak berubah. Ekosistem itu sangat dinamis dan tidak statis. Komunitas tumbuhan dan hewan yang terdapat dalam beberapa ekosistem secara gradual selalu berubah karena adanya perubahan komponen lingkungan fisiknya. Tumbuhan dan hewan dalam ekosistem juga berubah karena adanya kebakaran, banjir, erosi, gempa bumi, pencemaran, dan perubahan iklim. Walaupun ekosistem selalu berubah, ia mempunyai kemampuan untuk kembali pada keadaan semula selama perubahan itu tidak drastis (Soegianto, 2010). Menurut Undang-Undang Nomor 32 Tahun 2009 tentang Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup, Pasal 1 ayat 1, lingkungan hidup adalah kesatuan ruang dengan semua benda, daya, keadaan, dan makhluk hidup, termasuk manusia dan perilakunya, yang memengaruhi alam itu sendiri, kelangsungan perikehidupan, dan kesejahteraan manusia serta makhluk hidup lain.

1.2 Pembagian Lingkungan Hidup

Pembagian Lingkungan Hidup Pada hakikatnya, lingkungan hidup dapat dibedakan menjadi dua jenis yang di antaranya yaitu:

1. Lingkungan Biotik

Lingkungan biotik adalah semua benda hidup yang ada di sekitar individu, baik manusia, hewan, atau tumbuhan. Tiap unsur ini saling

berhubungan satu sama lainnya. Contoh: sapi akan memakan tumbuhan yaitu rumput untuk mempertahankan hidupnya, kemudian kambing akan dimakan oleh manusia sebagai konsumsi protein hewani. Lalu manusia akan mengeluarkan sisa pencernaan berupa kotoran yang akan menyuburkan rerumputan tersebut. Itu lah selanjutnya disebut dengan rantai makanan antara makhluk hidup yang satu akan saling memakan makhluk hidup yang lainnya begitu seterusnya. Lingkungan ini akan selalu mengalami perubahan, baik perubahan secara mendadak atau tiba-tiba maupun perubahan secara perlahan-lahan. Perubahan yang terjadi terhadap lingkungan mempunyai suatu hubungan satu sama lain dengan ekosistem ataupun benda baik hidup ataupun tidak yang ada disekitarnya. Sebagai contoh hutan di daerah tropis yang mengandung begitu banyak ragam tumbuh-tumbuhan dan hewan di dalamnya, walaupun tanpa perawatan tetap akan dapat mempertahankan kehidupan. Sebaliknya, sawah atau ladang yang merupakan ekosistem yang sengaja dibuat dan tidak akan hidup dengan sendirinya tanpa ada bantuan dari manusia.

2. Lingkungan Non-biotik.

Lingkungan ini adalah segala benda mati dan keadaan fisik yang ada di sekitar kita, misalnya sinar matahari, suhu dan kelembaban, batubatuan, tanah mineral, air, udara dan lain-lain.

Komponen atau kelompok lingkungan nonbiotik akan saling berinteraksi satu sama lainnya sebagai contoh: apabila di suatu wilayah kekurangan suplai sinar matahari, maka di daerah tersebut akan menjadi sangat lembab karena tidak mendapatkan sinar matahari yang dibutuhkan. Maka, suhu di wilayah tersebut menjadi rendah atau dingin. Komponen lingkungan fisik juga akan berinteraksi dengan lingkungan biotik, misalnya manusia yang bercocok tanam akan selalu memupuk tanahnya agar tanaman tersebut hidup subur dan dapat tumbuh dengan baik, seperti halnya hujan apabila curah hujan kurang akan memberikan pengaruh terhadap persediaan air bagi manusia, hewan, dan tumbuhan. Sejalan

dengan itu L.L. Bernard membagi lingkungan hidup menjadi empat macam bagian, di antaranya:

- a. Lingkungan fisik atau anorganik, yaitu lingkungan yang terdiri dari gaya kosmik dan *fisiogeografis* seperti tanah, udara, laut, radiasi, gaya tarik, ombak, dan sebagainya.
- b. Lingkungan biologi atau organik, yaitu segala sesuatu yang bersifat biotis berupa *mikroorganisme*, parasit, hewan, tumbuh-tumbuhan. Termasuk juga disini, lingkungan prenatal dan proses-proses biologi seperti reproduksi, pertumbuhan, dan sebagainya.
- c. Lingkungan sosial, ini dapat dibagi kedalam tiga bagian yaitu:
 - 1) Lingkungan fisiosial, yaitu yang meliputi kebudayaan materil: peralatan, senjata, mesin, gedung-gedung dan lain-lain.
 - 2) Lingkungan biososial manusia dan bukan manusia, yaitu manusia dan interaksinya terhadap sesamanya dan tumbuhan beserta hewan domestik dan semua bahan yang digunakan manusia yang berasal dari sumber organik.
 - 3) Lingkungan psikososial, yaitu yang berhubungan dengan tabiat batin manusia seperti sikap, pandangan, keinginan, keyakinan. Hal ini terlihat melalui kebiasaan, agama, ideologi, bahasa dan lain-lain.
 - 4) Lingkungan komposit, yaitu lingkungan yang diatur secara institusional, berupa lembaga-lembaga masyarakat, baik yang terdapat di daerah kota ataupun desa (Siahaan, 2004).

Namun para ahli juga berpendapat lain mengenai pembagian lingkungan hidup ini. Para ahli berpendapat bahwa lingkungan itu terdiri dari tiga bagian, di antaranya:

1. Lingkungan fisik (*physical environment*), yaitu segala sesuatu di sekitar kita yang bersifat benda mati seperti gedung, sinar, air, dan lain sebagainya.
2. Lingkungan biologis (*biological environment*), yaitu segala sesuatu yang berada disekitar kita yang bersifat organis, seperti manusia, binatang, jasad renik, tumbuh-tumbuhan dan sebagainya.

3. Lingkungan sosial (social environment), yaitu manusia-manusia lain yang berada di sekitar atau kepada siapa kita mengadakan hubungan pergaulan (Amsyari, 1977).

Dari beberapa pendapat yang dikemukakan oleh para ahli tentang pembagian lingkungan diatas, kita dapat menarik garis besar pengelompokan lingkungan hidup ke dalam dua kelompok yaitu:

1. Lingkungan hidup fisik berupa gedung, danau, gunung, cahaya dan sebagainya.
2. Lingkungan hidup biologis/organis, yaitu manusia, hewan, tumbuh-tumbuhan dan makhluk-makhluk mikroorganism (Siahaan, 2004).

1.3 Sumber-sumber Daya Alam

Berbagai cara telah dilakukan manusia dalam menggunakan sumber-sumber daya alam berupa tanah, air dan udara. jenis lingkungan hidup dan pemanfaatannya dapat diuraikan sebagai berikut:

1. Tanah

Bumi kita ini terdiri atas beberapa lapisan tanah dan batuan. Tanah di permukaan bumi dimanfaatkan untuk bercocok tanam karena mengandung banyak humus. Tanah liat digunakan untuk membuat tembikar dan batu bata. Pada lapisan tanah yang lebih dalam, dapat ditemukan berbagai bahan mineral. Bahan mineral tersebut terdiri atas bahan logam dan bahan bukan logam. Mineral logam contohnya nikel, besi, tembaga, aluminium, timah, emas, dan perak. Bahan tersebut digunakan untuk membuat berbagai alat dapur, kabel listrik, perkakas, alat bengkel, dan perhiasan. Sumber daya alam dalam lapisan tanah ada yang dimanfaatkan sebagai bahan bakar. Contohnya, batubara, minyak bumi, dan gas alam. Sumber daya alam ini terbentuk dari hewan atau tumbuhan yang telah terkubur dalam lapisan tanah jutaan tahun lalu. Batu bara dimanfaatkan sebagai bahan bakar untuk pembangkit listrik, kompor arang, dan tungku

peleburan logam. Minyak bumi mentah diolah menjadi premium, premiks, solar, minyak tanah, aspal, gas elpiji (LPG), dan plastik. Gas alam dapat diolah menjadi gas alam cair yang digunakan sebagai bahan bakar di berbagai industri. Tanah termasuk salah satu sumber daya alam nonhayati yang penting untuk menunjang pertumbuhan penduduk dan sebagai sumber makanan bagi berbagai jenis makhluk hidup.

Perkembangan produktivitas tanaman pertanian dan perkebunan secara langsung terkait dengan tingkat kesuburan dan kualitas tanah. Tanah tersusun atas beberapa komponen, seperti udara, air, mineral, dan senyawa organik. Pengelolaan sumber daya nonhayati ini menjadi sangat penting mengingat pesatnya pertumbuhan penduduk dunia dan kondisi pencemaran lingkungan yang ada sekarang ini. Tanah adalah bagian kerak bumi yang tersusun dari mineral dan bahan organik. Menurut Peraturan Pemerintah RI No. 150 Tahun 2000 tentang Pengendalian Kerusakan Tanah untuk Produksi Biomassa, dinyatakan bahwa tanah adalah salah satu komponen lahan berupa lapisan teratas kerak bumi yang terdiri atas bahan mineral dan bahan organik serta mempunyai sifat fisik, kimia, biologi, dan mempunyai kemampuan menunjang kehidupan manusia dan makhluk hidup lainnya (Zulkifli and Suslia, 2017).

Tanah sangat penting peranannya bagi semua kehidupan di bumi, karena tanah mendukung kehidupan tumbuhan dengan menyediakan unsur hara, air, dan sebagai penopang akar. Struktur tanah yang berongga-rongga menjadi tempat yang baik bagi akar untuk bernapas, tumbuh, dan berkembang. Tanah berfungsi juga menjadi habitat hidup berbagai mikroorganisme. Bagi sebagian besar hewan yang ada di darat, tanah menjadi tempat untuk hidup dan bergerak. Tanah tersusun atas komponen padat, cair, dan gas. Sifat adsorptif dari humus dan mineral dari tanah menyebabkan tanah memiliki daya sangga. Komponen polutan (baik organik maupun anorganik) yang masuk dalam tanah akan direspons oleh tanah melalui mekanisme adsorpsi dan desorpsi

2. Udara

Udara adalah suatu elemen yang sangat penting dalam kehidupan di muka bumi ini. Tanpa udara, manusia dan hewan tidak dapat bernafas, dan tumbuhan pun tidak dapat melakukan fotosintesis. Pentingnya suatu udara bagi kehidupan di muka bumi ini membuat kita harus tetap menjaganya agar tidak udara tidak tercemar. Pencemaran udara bisa saja berdampak pada kelangsungan hidup kita tanpa kita sadari, oleh karena itu penanggulangan pencemaran udara perlu kita lakukan agar tetap terjaga dan tetap lestari

3. Air

Air merupakan sumber kehidupan bagi manusia. Ketergantungan manusia pada air sangat tinggi; air dibutuhkan untuk keperluan hidup sehari-hari seperti untuk minum, memasak, mandi, mencuci, dan sebagainya. Air juga dijadikan sebagai sumber mata pencarian seperti menangkap ikan, membudidayakan ikan, dan lain-lain. Bahkan air juga berguna sebagai prasarana pengangkutan. Mengingat pentingnya air bagi kehidupan manusia, Pemerintah mengeluarkan Peraturan Pemerintah No. 82 Tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air, guna menjamin kualitas air untuk kebutuhan hidup bangsa Indonesia. Tujuan pengelolaan kualitas air adalah untuk menjamin kualitas air yang diinginkan sesuai dengan peruntukannya, sedangkan tujuan pengendalian air adalah untuk menjamin kualitas air agar sesuai dengan baku mutu air melalui upaya pencegahan dan penanggulangan pencemaran air serta pemulihan kualitas air.

1.4 Prinsip Lingkungan Hidup

Lingkungan hidup pada prinsipnya merupakan suatu sistem yang saling berhubungan satu dengan yang lainnya sehingga pengertian lingkungan hidup hampir mencakup semua unsur ciptaan Tuhan Yang Maha Kuasa di bumi ini. Itulah sebab lingkungan hidup termasuk manusia dan perilakunya merupakan

unsur lingkungan hidup yang sangat menentukan. Namun, tidak dapat dipungkiri bahwa lingkungan saat ini oleh sebagian kalangan dianggap tidak bernilai, karena lingkungan hidup (alam) hanya sebuah benda yang diperuntukkan bagi manusia. Dengan kata lain, manusia merupakan penguasa lingkungan hidup, sehingga lingkungan hidup hanya dipersepsikan sebagai obyek dan bukan sebagai subyek. Perlindungan dan pengelolaan lingkungan hidup merupakan upaya manusia untuk berinteraksi dengan lingkungan guna mempertahankan kehidupan untuk mencapai kesejahteraan dan kelestarian lingkungan. Istilah pengelolaan dapat memiliki suatu arti yaitu mengendalikan, menyelenggarakan pemerintahan dan sebagainya.

Di Indonesia mengenal adanya prinsip-prinsip pengelolaan lingkungan hidup yang baik. Asas-asas perlindungan dan pengelolaan lingkungan hidup merupakan suatu hal yang esensial dalam prosedur administratif pada izin lingkungan sebagai instrument pencegahan pencemaran lingkungan hidup. Asas-asas pengelolaan lingkungan hidup termuat dalam **Undang-Undang Nomor 32 tahun 2009 tentang Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup** pada pasal 2.

Asas-asas pengelolaan lingkungan hidup terdiri dari empat belas asas di antaranya (Silalahi, 1996):

1. Asas tanggung jawab negara adalah:
 - a. negara menjamin pemanfaatan sumber daya alam akan memberikan manfaat yang sebesar-besarnya bagi kesejahteraan dan mutu hidup rakyat, baik generasi masa kini maupun generasi masa depan.
 - b. negara menjamin hak warga negara atas lingkungan hidup yang baik dan sehat.
 - c. negara mencegah dilakukannya kegiatan pemanfaatan sumber daya alam yang menimbulkan pencemaran dan atau kerusakan lingkungan hidup.
2. Asas kelestarian dan keberlanjutan adalah
Bahwa setiap orang memikul kewajiban dan tanggung jawab terhadap generasi mendatang dan terhadap sesamanya dalam satu generasi dengan melakukan upaya pelestarian daya dukung ekosistem dan memperbaiki kualitas lingkungan hidup.

3. Asas keserasian dan keseimbangan adalah:
Bahwa pemanfaatan lingkungan hidup harus memperhatikan berbagai aspek seperti kepentingan ekonomi, sosial, budaya, dan perlindungan serta pelestarian ekosistem.
4. Asas keterpaduan adalah
Bahwa perlindungan dan pengelolaan lingkungan hidup dilakukan dengan memadukan berbagai unsur atau mensinergikan berbagai komponen terkait.
5. Asas manfaat adalah
Bahwa segala usaha dan/atau kegiatan pembangunan yang dilaksanakan disesuaikan dengan potensi sumber daya alam dan lingkungan hidup untuk peningkatan kesejahteraan masyarakat dan harkat manusia selaras dengan lingkungannya.
6. Asas kehati-hatian adalah
Bahwa ketidakpastian mengenai dampak suatu usaha dan/atau kegiatan karena keterbatasan penguasaan ilmu pengetahuan dan teknologi bukan merupakan alasan untuk menunda langkah-langkah meminimalisasi atau menghindari ancaman terhadap pencemaran dan/atau kerusakan lingkungan hidup.
7. Asas keadilan adalah
Bahwa perlindungan dan pengelolaan lingkungan hidup harus mencerminkan keadilan secara proporsional bagi setiap warga negara, baik lintas daerah, lintas generasi, maupun lintas gender.
8. Asas ekoregion adalah
Bahwa perlindungan dan pengelolaan lingkungan hidup harus memperhatikan karakteristik sumber daya alam, ekosistem, kondisi geografis, budaya masyarakat setempat, dan kearifan lokal.
9. Asas keanekaragaman hayati adalah
Bahwa perlindungan dan pengelolaan lingkungan hidup harus memperhatikan upaya terpadu untuk mempertahankan keberadaan, keragaman, dan keberlanjutan sumber daya alam hayati yang terdiri atas sumber daya alam nabati dan sumber daya alam hewani yang

bersama dengan unsur nonhayati di sekitarnya secara keseluruhan membentuk ekosistem.

10. Asas pencemar membayar adalah

Bahwa setiap penanggung jawab yang usaha dan/atau kegiatannya menimbulkan pencemaran dan atau kerusakan lingkungan hidup wajib menanggung biaya pemulihan lingkungan.

11. Asas partisipatif adalah

Bahwa setiap anggota masyarakat didorong untuk berperan aktif dalam proses pengambilan keputusan dan pelaksanaan perlindungan dan pengelolaan lingkungan hidup, baik secara langsung maupun tidak langsung.

12. Asas kearifan lokal adalah

Bahwa dalam perlindungan dan pengelolaan lingkungan hidup harus memperhatikan nilai-nilai luhur yang berlaku dalam tata kehidupan masyarakat.

13. Asas tata kelola pemerintahan yang baik adalah

Bahwa perlindungan dan pengelolaan lingkungan hidup dijiwai oleh prinsip partisipasi, transparansi, akuntabilitas, efisiensi, dan keadilan.

14. Asas otonomi daerah adalah

Bahwa Pemerintah dan pemerintah daerah mengatur dan mengurus sendiri urusan pemerintahan di bidang perlindungan dan pengelolaan lingkungan hidup dengan memperhatikan kekhususan dan keragaman daerah dalam bingkai Negara.

Bab 2

Lingkungan sebagai Sistem

2.1 Paradigma terhadap Lingkungan

Sebelum berpikir mengenai lingkungan sebagai suatu sistem, kita perlu melihat kembali rangkaian perubahan paradigma terhadap lingkungan. Pandangan terhadap lingkungan melewati beberapa fase dalam sejarah pemikiran manusia.

Para pemikir filsafat lingkungan menganggap bahwa asumsi awal pandangan hidup manusia terhadap alam semesta atau terhadap lingkungan adalah asumsi antroposentris yang salah satu pemaknaannya adalah manusia cenderung dianggap sebagai pusat semesta. Namun, dengan berkembangnya pemahaman terhadap sisi eksternal manusia, baik realitas, maupun mitologi, pencapaian pemikiran manusia mencapai pemahaman baru yang terus berubah hingga saat ini. Pemahaman terhadap krisis lingkungan pun tidak lepas dari perkembangan pemikiran manusia, termasuk perkembangan cara manusia menanggapi lingkungan serta cara mengelolanya (Keraf, 2014).

Krisis lingkungan menurut Keraf adalah salah satu buah dari kesalahan berpikir atau kekeliruan paradigma manusia terhadap lingkungan. Berangkat dari asumsi tersebut, diperlukan semacam pelurusan paradigma terhadap lingkungan. Paradigma berarti suatu pola atau model. Secara etimologis, kata paradigma berakar bahasa Latin yang kemudian diserap ke dalam bahasa

Inggris di abad pertengahan, yang pemakaian awalnya terlacak ke tahun 1483, yang berasal dari bahasa Yunani *paradeigma* yang berarti "membandingkan" atau "bersebelahan" (*para*) dan "memperlihatkan" (*deik*) (Liddell and Scott, 1940). Dalam beberapa dekade terakhir ini, kata "paradigma" sering disandingkan dengan kata "perubahan" yang kemudian membentuk frasa "perubahan paradigma" (*paradigm shift*), sebuah istilah yang awalnya dipopulerkan oleh Thomas Kuhn (Kuhn, 1962). Paradigma berperan sebagai dasar bagi manusia dalam memahami dan berinteraksi dengan lingkungan.

Paradigma awal manusia terhadap alam dipahami bersifat organis. Ini terjadi di fase awal dari tiga fase yang disebutkan oleh Kerf. Fase awal adalah ketika para filsuf alam, termasuk Aristoteles sebagai perintisnya, memahami alam semesta secara organis, yakni sebagai sebuah kesatuan asasi di antara berbagai bagian alam semesta. Pemahaman ini bertahan hingga abad pertengahan. Paham ini selama jangka waktu lama membentuk perilaku manusia terhadap alam dalam suatu pola hubungan harmonis yang melindungi alam semesta.

Fase kedua adalah ketika paradigma manusia terhadap manusia bergeser ke paradigma mekanistik dengan munculnya abad pencerahan yang mengubah seluruh cara pandang tentang hakikat alam semesta, setidaknya di Eropa. Paradigma organis tentang alam digantikan oleh paradigma mekanistik tentang alam yang sangat mendominasi masyarakat modern dan menjadi paradigma tunggal sebagai pemahaman yang dianggap paling benar tentang alam semesta yang membentuk perilaku dan peradaban barat modern dengan dampak luar biasa dalam berbagai bidang, termasuk terhadap cara pandang terhadap lingkungan hidup.

Paradigma mekanistik ini sangat dipengaruhi oleh filsafat Rene Descartes dan prinsip fisika Isaac Newton. Dalam paradigma mekanistik ini, alam semesta dan organisme dilihat sebagai semacam mesin yang terdiri atas bagian-bagian yang terpisah, yang hanya terdiri atas materi dan hanya bisa dipahami sepenuhnya dengan menganalisis bagian-bagian yang terpisah sehingga perkembangan organisme hanya bisa dipahami dengan mereduksinya menjadi bagian-bagian kecil yang dianggap sebagai penentu bagi keseluruhan organisme. Bagi Descartes, organisme hidup, termasuk manusia, hanya sekadar mesin. Pemahaman ini menjadi madzhab utama pemikiran terhadap lingkungan hingga lahir paradigma baru sekitar abad ke-19 dan awal abad ke-20, ketika paradigma lama mulai tak mampu menjelaskan berbagai fenomena alam.

2.1.1 Paradigma organis-sistemis

Paradigma organis-sistemis telah berkembang sejak awal munculnya filsafat menjadi hidup kembali. Fase baru ini ditandai antara lain oleh hadirnya teori relativitas dan teori kuantum. Alam semesta tidak lagi dipandang sebagai sebuah mesin raksasa yang kering dan kaku, tetapi sebagai sebuah sistem kehidupan, sebagai satu kesatuan menyeluruh dari elemen-elemen yang saling terkait dan mendukung satu sama lain untuk memungkinkan kehidupan di dalam alam semesta dapat berkembang (Keraf, 2014).

Bagi paradigma sistemis-organik-atau juga dikenal sebagai paradigma ekologis-keterkaitan, ketidakterpisahan, saling pengaruh, jaringan, dan interdependensi adalah kenyataan kehidupan dan hakikat alam semesta itu sendiri. Oleh karena itu, berbeda dengan paradigma mekanistik yang lebih memusatkan perhatiannya pada pertanyaan tentang materi, paradigma sistemis-organik-ekologis lebih memusatkan perhatian pada pertanyaan tentang pola hubungan dan interaksi di antara berbagai elemen alam semesta serta organisme kehidupan di dalamnya, tanpa mengabaikan pentingnya pertanyaan tentang materi. Bagi paradigma sistemis-organik, tidak ada materi yang ada begitu saja tanpa ada bentuk, pola, atau struktur yang membentuknya menjadi sebagaimana adanya. Setiap materi selalu ada sebagaimana adanya, dipahami dan ditangkap sebagai materi dalam bentuk tertentu. Tidak ada materi tanpa bentuk sehingga bentuk sesungguhnya sama pentingnya dengan materi yang menjadi asal muasal dari segala sesuatu di alam semesta.

Cara berfikir ini tentu tidak tunggal. Berbagai aliran pemikiran memiliki cara pandang spesifik sendiri. Paradigma yang dipengaruhi oleh religiositas tertentu, terutama yang dianut oleh agama Abrahamik seperti Islam dan Kristen, meyakini keberadaan Tuhan sebagai pencipta dan pengatur seluruh alam semesta. Di sisi lain, meski alam semesta, termasuk lingkungan, cenderung dianggap sebagai suatu sistem organik, terdapat pemikiran yang menganggap proses kejadian alam muncul sebagai suatu proses natural belaka.

2.1.2 Paradigma Gaia

Paradigma Gaia ini suatu hipotesis yang diajukan oleh James Lovelock, yang mengambil gagasan yang unik bahwa bumi dapat dianggap sebagai satu organisme hidup. Ide tentang 'planet hidup' ini dia sebut sebagai Gaia (Lovelock, 1979). Gaia adalah hipotesis bahwa semua siklus biogeokimia bumi digerakkan secara biologis dan bahwa di planet mana pun yang

mendukung kondisi kehidupan yang menguntungkan bagi kehidupan dipertahankan secara biologis. *Lovelock* sampai pada kesimpulan ini sebagai hasil dari partisipasinya dalam persiapan penjelajahan Bulan dan Mars. Salah satu tujuan program Mars adalah mencari tanda-tanda kehidupan di planet ini. Organisme Mars, jika mereka benar-benar ada, mungkin sangat berbeda dari organisme di bumi sehingga membuat mereka sulit dikenali sebagai makhluk hidup sama sekali. *Lovelock* beranggapan bahwa satu-satunya sifat yang dimiliki semua organisme hidup adalah hasil modifikasi oleh lingkungan mereka. Ini terjadi ketika mereka mengambil materi dari lingkungan untuk memberi mereka energi dan materi struktural, dan membuang limbah mereka ke lingkungan. Dia berpendapat bahwa seharusnya dimungkinkan untuk mendeteksi keberadaan kehidupan di lingkungan, terutama atmosfer, yang jauh dari kesetimbangan kimia. Bumi memiliki atmosfer yang demikian, dengan jumlah nitrogen dan oksigen yang sangat besar, serta metana, yang tidak dapat bertahan lama dengan adanya oksigen. *Lovelock* kemudian beranggapan bahwa modifikasi lingkungan yang dibuat dan dipertahankan oleh organisme hidup sebenarnya menghasilkan dan mempertahankan kondisi kimia dan fisik yang optimal bagi organisme itu sendiri. Dengan kata lain, organisme menghasilkan lingkungan yang sesuai untuk mereka dan kemudian "mengelola" planet dengan cara yang dapat mempertahankan berlangsungnya kondisi tersebut (Allaby, 2000).

2.2 Teori Sistem

Teori sistem adalah suatu kajian transdisipliner yang membahas mengenai organisasi abstrak atas berbagai fenomena, terlepas dari sifat zat, jenis, atau skala ruang dan waktu keberadaannya. Teori ini mengkaji prinsip umum seluruh entitas sistem dan umumnya termasuk pemodelan sistem sebagai upaya untuk menggambarkan sistem tersebut. Model tersebut biasanya berupa model matematika, mengingat model matematika adalah cara terbaik menggambarkan hubungan antarelemen dalam sistem (Luhmann, 2013).

Teori sistem pertama kali diajukan oleh ahli biologi Ludwig von Bertalanffy sekitar tahun 1940-an (von Bertalanffy, 1968). Ludvon Bertalanffy mengajukan teori sebagai reaksi terhadap madzhab reduksionisme dan mencoba menghidupkan kembali penyatuan sains. Penekanan beliau adalah pada pendapat bahwa sistem dunia nyata sesungguhnya bersifat terbuka

terhadap lingkungan sekaligus saling berinteraksi dengan lingkungan dan bahwa sistem dapat memperoleh sifat baru sehingga memungkinkan suatu evolusi berkelanjutan. Alih-alih bersifat mereduksi entitas (misalnya tubuh manusia) menjadi sifat elemen yang lebih kecil (misalnya organ, atau sel), teori sistem berfokus pada penyusunan atau hubungan antara elemen-elemen atau bagian-bagian yang terhubung dengan suatu entitas utuh. Organisasi semacam ini menentukan suatu sistem yang bersifat independen terhadap substansi elemen kongkret (misalnya partikel, sel, dan sebagainya). Dengan demikian, konsep dan prinsip yang sama yang berlaku pada disiplin yang berbeda (fisika, biologi, teknologi, sosiologi, dan sebagainya), yang menjadi dasar penyatuan elemen-elemen tersebut. Konsep sistem meliputi beberapa hal antara lain batasan sistem-lingkungan (system-environment boundary), input, output, proses, keadaan (state), hierarki, keterarahan-terhadap-tujuan (goal-directedness), dan information.

Dengan meminjam teori sistem von Bertalanffy, kita bisa melakukan pendekatan bahwa lingkungan dengan pendekatan lebih lanjut yakni systems thinking. Berpikir tentang sistem (systems thinking) adalah suatu upaya logis untuk memahami kompleksitas dunia dengan dunia dunia sebagai suatu kesatuan utuh, dan hubungan-hubungan di dalamnya, ketimbang memisah-misahkannya ke dalam bagian-bagian kecil. Cara ini telah dipakai sebagai cara untuk mengeksplorasi dan membangun tindakan efektif dalam konteks yang kompleks (Ramage and Shipp, 2009).

Memahami lingkungan sebagai sistem dapat dilakukan dengan pendekatan yang diajukan oleh Patten, dengan formulasi terminologi atas empat obyek abstrak teoritis. Empat istilah dikemukakan; *creaon*, *genon*, *holon* dan *environ* (Patten, 1978). Unsur *creaon* menerima stimulus dan secara implisit membentuk input lingkungan. *Genon* bereaksi menerima sebab-sebab dan membangkitkan output lingkungan potensial. *Holon* mewakili gabungan model antara input dan output dari suatu entitas yang terdiri dari *creaon* dan *genon*, sedangkan *environ* merupakan *creaon* dan input lingkungan yang terkait. Teori ini diwakili oleh tiga proposisi yakni (1) mengenali dua lingkungan yang berbeda (input dan output), yang terasosiasi dengan benda-benda, (2) membentuk benda-benda dan lingkungannya sebagai unit-unit (yakni *environ*) dan menyatukannya, serta (3) memisahkan sistem-sistem menjadi input dan *output environ* yang terasosiasi dengan sistem-sistem intra, yakni *creaon* dan *genon*.

2.3 Sistem Lingkungan

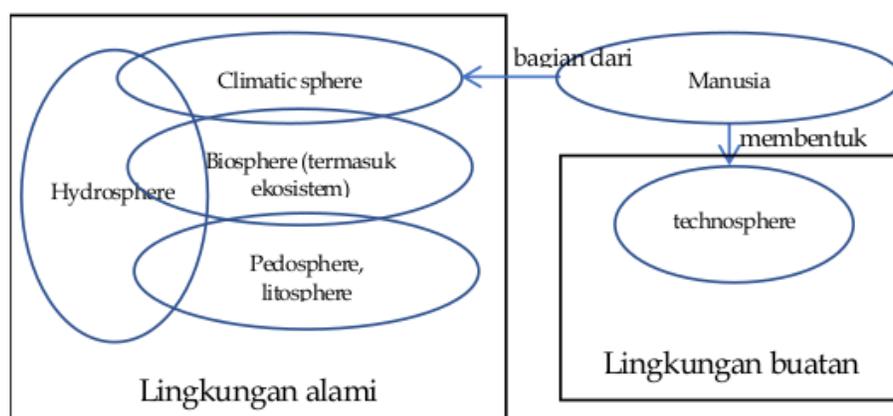
2.3.1 Ekosistem

Ekosistem adalah suatu sistem ekologi yang terbentuk oleh hubungan resiprokal antara makhluk hidup dengan lingkungan, dan antara komponen-komponen tersebut terjadi transfer energi (pengambilan dan pemberian), daur materi, dan produksi. Ekosistem terbentuk dari sebuah komunitas yang terdiri dari unsur biotik yakni manusia, hewan, dan tumbuhan, dan lingkungan abiotiknya seperti iklim, tanah, air, udara, nutrien dan energi. Tiga karakteristik pokok ekosistem yang dapat disimpulkan adalah adanya interaksi dan interdependensi, adanya regulasi, dan adanya kesatuan yang utuh yang tersusun atas elemen-elemen sistem. Konsep ekosistem ini tentu saja dapat berkembang dan bervariasi, tergantung pada komponen penyusun kesatuan tersebut. Menurut batasan yang ada dalam Undang-Undang No 4/1982 tentang Ketentuan Pokok Pengelolaan Lingkungan Hidup, lingkungan hidup adalah sistem yang merupakan kesatuan dengan semua benda, daya keadaan dan makhluk hidup termasuk manusia dan perilakunya yang menentukan perikehidupan serta kesejahteraan manusia dan makhluk hidup lainnya.

Menurut kesepakatan para ahli biologi dan naturalis, manusia adalah kelompok individu yang merupakan populasi dari suatu species dalam kerajaan hewan (kingdom animalia). Diyakini pula terdapat hubungan antara berbagai spesies makhluk hidup dalam jaring-jaring kehidupan, termasuk di dalamnya manusia yang tidak mungkin hidup tanpa adanya makhluk hidup lainnya.

2.3.2 Struktur, Batasan dan Skala Ekosistem

Kesulitan menganalisis sistem lingkungan disebabkan antara lain oleh kenyataan bahwa manusia sebagai aktor yang menganalisis itu sendiri adalah bagian dari sistem lingkungan (ekosistem) yang yang kompleks, yakni biosfer seperti pada Gambar 2.1



Gambar 2.1: Lingkungan manusia (Sydow, 2010)

Konsepsi sistem sangat umum. Ilmu sistem digunakan untuk menganalisis kompleksitas, untuk menghasilkan kejelasan terhadap interaksi bagian-bagian dengan memetakan aliran informasi atau energi atau materi dan sebagainya melalui sistem yang kompleks. Sehingga diperlukan dekomposisi sistem yang kompleks menjadi subsistem. Subsistem yang dipilih harus mudah ditangani, dapat dikontrol melalui input dan diamati melalui output (Sydow, 2010).

Untuk sistem apa pun, sangat penting untuk menentukan batasan yang jelas, yang menentukan batas di mana komponen berinteraksi, dan selanjutnya menentukan skala sistem dan cara di mana sistem yang berbeda saling terkait. Sistem lingkungan adalah sistem fisik dengan batas-batas fisik, dan kondisi lingkungan dapat berubah secara nyata melintasi batas-batas tersebut. Beberapa batas sistem lingkungan relatif mudah untuk ditentukan, seperti antarmuka antara laut dan atmosfer, atau daerah aliran sungai yang mengelilingi daerah aliran sungai. Namun, batas-batas sistem lingkungan lainnya jauh lebih sulit untuk didefinisikan, seperti batas atas atmosfer (yang sering didefinisikan dengan cara yang relatif arbitrer), atau batas-batas komunitas vegetasi (yang mungkin mengalami transisi yang sangat bertahap). Selain menentukan skala sistem tertentu, batas-batasnya juga menentukan jenis sistem itu. Terdapat kemungkinan sistem bersifat tertutup di mana materi tidak melewati batas sistem, atau sistem bersifat terbuka di mana pertukaran materi yang relatif bebas terjadi melintasi batas.

Oleh karena itu, sistem terbuka memiliki *input* dan *output*; dan *output* dari satu sistem dapat membentuk input ke sistem lain (sistem seperti itu dikenal sebagai sistem cascading). Sebagai misal dalam sistem kebumihan, siklus air global adalah contoh dari sistem tertutup karena jumlah air yang terbatas

dipertahankan dalam lingkungan dan diangkut secara internal tetapi tidak melintasi batas sistem (dengan pengecualian air yang mungkin memiliki telah dikirim ke bumi sebagai akibat dari dampak komet).

Kebanyakan sistem lingkungan adalah sistem terbuka, dan saling berhubungan, dengan hasil bahwa perubahan dalam satu komponen dari satu sistem pada akhirnya dapat memengaruhi semua sistem lain dalam beberapa cara .

Skala sistem adalah salah satu pertimbangan penting lainnya dalam mendefinisikan dan memahami sistem lingkungan. Sistem ada di semua skala spasial, termasuk skala mikroskopis (seperti bakteri tunggal) dan skala planeter. Sebagai misal, semua materi hidup di bumi terdiri dari satu sistem (biosfer), tetapi sistem ekologi juga dapat didefinisikan pada skala yang lebih kecil secara berurutan (seperti hutan individu)-bahkan pada tingkat organisme tunggal (seperti pohon individu). Dalam beberapa kasus, perbedaan antara sistem terbuka dan tertutup adalah masalah skala semata; misalnya, siklus air global biasanya dianggap sebagai sistem tertutup, sedangkan masing-masing daerah tangkapan sungai di dalamnya jelas merupakan sistem terbuka. Pertimbangan lebih lanjut adalah fakta bahwa, karena sistem dapat didefinisikan pada skala spasial yang berbeda, mereka mungkin tumpang tindih. Sistem mungkin ada seluruhnya dalam sistem lain (dalam hierarki nested), seperti dalam kasus pohon individu, yang merupakan bagian dari hutan, yang merupakan bagian dari biosfer.

Untuk membantu untuk mendefinisikan sub-divisi dari suatu sistem, penjelasan berikut dapat menjadi acuan:

1. sistem-yang mengacu pada keseluruhan sistem lingkungan (seperti daerah aliran sungai)
2. sub-sistem-yang mengacu pada sub-divisi utama dalam sistem (seperti dataran banjir)
3. komponen sistem (atau elemen sistem)-yang mengacu pada bagian dari sistem atau sub-sistem yang memiliki sifat tertentu (seperti beban sedimen yang dibawa oleh sungai)

Sistem bumi itu sendiri merupakan sistem yang terintegrasi, tetapi dapat dibagi lagi menjadi empat komponen utama, sub-sistem atau bidang: geosfer, atmosfer, hidrosfer, dan biosfer. Komponen-komponen tersebut juga merupakan sistem dalam dirinya sendiri dan saling berhubungan erat.

Empat komponen utama sistem bumi dapat dijelaskan secara singkat sebagai berikut (Smithson et al., 2008):

1. *Geosfer*: merupakan bagian dari planet yang terdiri dari batuan dan mineral; termasuk kerak padat, mantel cair dan bagian cair dan padat dari inti bumi. Di banyak tempat, *geosfer* membentuk lapisan tanah yang menyediakan nutrisi untuk organisme hidup, dan dengan demikian menyediakan habitat ekologi yang penting dan dasar dari banyak bentuk kehidupan. Permukaan *geosfer* tunduk pada proses erosi, pelapukan dan transportasi, serta kekuatan tektonik dan aktivitas vulkanik, yang menghasilkan pembentukan bentang alam seperti pegunungan, perbukitan, dan dataran tinggi.
2. *Atmosfer*: merupakan lapisan gas yang mengelilingi bumi dan tertahan di permukaannya oleh gravitasi. *Atmosfer* menerima energi dari radiasi matahari yang menghangatkan permukaan bumi dan dipancarkan kembali serta dihantarkan ke atmosfer. *Atmosfer* juga menyerap air dari permukaan bumi melalui proses penguapan; kemudian bertindak untuk mendistribusikan kembali panas dan kelembaban di seluruh permukaan bumi. Selain itu, atmosfer mengandung zat-zat yang penting bagi kehidupan, termasuk karbon, nitrogen, oksigen, dan hidrogen.
3. *Hidrosfer*: terdiri atas bagian-bagian dari sistem bumi yang terdiri dari air dalam fase cair, gas, dan padat. *Hidrosfer* meliputi: samudra dan lautan di bumi; lapisan es, es laut, dan gletsernya; danau, sungai, dan alirannya; kelembaban atmosfer dan kristal esnya; dan daerah permafrostnya. *Hidrosfer* mencakup sistem air asin dan air tawar, dan juga mencakup kelembaban yang ditemukan di tanah (air tanah) dan di dalam batuan (air tanah). Dalam beberapa klasifikasi, *hidrosfer* dibagi lagi menjadi sistem air cair (liquid system) dan *kriosfer* (sistem es).
4. *Biosfer*: ini berisi semua organisme hidup dan terkait erat dengan tiga bidang lainnya: sebagian besar organisme hidup membutuhkan gas dari *atmosfer*, air dari *hidrosfer* dan nutrisi dan mineral dari *geosfer*. Organisme hidup juga membutuhkan media untuk hidup, dan

beradaptasi untuk menghuni satu atau lebih dari tiga lingkungan lainnya. Sebagian besar *biosfer* terkandung di dalam lapisan permukaan dangkal yang meliputi bagian bawah *atmosfer*, permukaan geosfer, dan kira-kira 100 meter atas lautan. Manusia adalah bagian dari *biosfer*, meskipun mereka semakin bertanggung jawab atas penciptaan sistem yang mungkin sebagian besar bersifat artifisial

Karena sebagian besar sistem lingkungan terbuka dan saling berhubungan, perubahan dalam sistem respons proses apa pun memiliki efek *knock-on* terhadap komponen yang lain. Efek *knock-on* tersebut dikenal sebagai *loop* umpan balik (*feedback loop*). Istilah 'umpan balik' mengacu pada efek yang terjadi ketika output dari suatu sistem menjadi input ke sistem yang sama, yang seringkali untuk tujuan kontrol atau koreksi diri (Smithson et al., 2008). Umpan balik positif terjadi ketika efek dari perubahan asli diperkuat atau dipercepat untuk menghasilkan efek 'bola salju'; sebaliknya, umpan balik negatif terjadi ketika efek dari perubahan awal 'teredam' oleh perubahan berikutnya, dengan hasil bahwa sistem kembali ke kondisi semula. Banyak contoh dari setiap jenis *loop* umpan balik ditemukan di lingkungan. Misalnya, *loop* umpan balik positif terjadi ketika es laut mencair selama musim semi kutub. Saat suhu laut dan udara meningkat, es laut mulai mencair, akibatnya permukaan es yang putih cerah dan sangat reflektif secara bertahap digantikan oleh perairan terbuka, yang warnanya lebih gelap dan memiliki reflektivitas yang lebih rendah (*albedo*). Efek dari peningkatan jumlah radiasi matahari yang diserap di permukaan, yang pada gilirannya meningkatkan suhu laut dan udara lebih lanjut, yang menyebabkan pencairan es laut yang tersisa lebih cepat. Oleh karena itu *loop* umpan balik positif ini memperkuat dan mempercepat gangguan asli (pencairan awal es laut).

Sebaliknya, umpan balik negatif di lingkungan terjadi sebagai akibat dari interaksi antara pemangsa dan mangsanya. Dalam kondisi ideal, orang mungkin mengharapkan jumlah pemangsa dan hewan pemangsa kira-kira seimbang, karena jumlah pemangsa biasanya bergantung pada jumlah pemangsa. Jika jumlah hewan mangsa sementara meningkat (mungkin karena musim kawin yang luar biasa sukses), maka surplus makanan jangka pendek menjadi tersedia untuk pemangsa yang jumlahnya kemudian dapat meningkat sebagai tanggapan. Tetapi jumlah pemangsa yang lebih besar akan mulai berdampak pada ukuran populasi mangsa, yang dapat berkurang secara

substansial, membuat pemangsa kekurangan makanan. Dalam kondisi ideal, loop umpan balik negatif ini memastikan bahwa jumlah hewan mangsa tetap relatif stabil di sekitar jumlah optimum tertentu, karena setiap perubahan (peningkatan atau penurunan) dalam jumlah mangsa mengarah pada respons jumlah predator yang memiliki efek *knock-on*, meredam gangguan asli (kenaikan awal atau penurunan jumlah hewan mangsa). Keberadaan *loop* umpan balik menimbulkan pertanyaan penting dan menarik dalam ilmu lingkungan: sejauh mana kondisi lingkungan dipertahankan dalam keadaan setimbang, apakah sistem lingkungan cenderung berada dalam keadaan stabil (yang mungkin terganggu oleh aktivitas manusia, tetapi proses lingkungan mana yang cenderung memulihkan sistem tersebut), Atau, sebagai alternatif, apakah sistem lingkungan secara inheren tidak stabil (kacau), tanpa keadaan ekuilibrium tertentu yang cenderung mereka kembalikan. Atau, apakah sistem lingkungan semi-*chaotic* menunjukkan stabilitas di bawah kondisi tertentu, tetapi menjadi tidak stabil jika ambang batas tertentu terlampaui. Ini adalah pertanyaan yang sangat kompleks dan sulit, dan menjadi tantangan yang besar bagi para ilmuwan lingkungan.

2.4 Sistem Lingkungan sebagai Sistem Energi

Permukaan Bumi dapat dianggap sebagai empat wilayah yang berbeda dan karena planet itu bulat, sehingga masing-masing komponen-komponen lingkungan (geosfer, atmosfer, hidrosfer dan biosfer) juga merupakan bola. Batuan yang membentuk permukaan padat terdiri dari *litosfer*, lautan, danau, sungai, dan lapisan es membentuk *hidrosfer*, udara membentuk *atmosfer*, dan biosfer berisi seluruh komunitas organisme hidup.

Materi bergerak secara siklis di antara komponen-komponen tersebut. Mereka berasal dari batuan (*litosfer*) dan dilepaskan oleh pelapukan atau vulkanisme. Mereka memasuki air (*hidrosfer*) dari mana mereka yang berfungsi sebagai nutrisi diambil oleh tumbuhan dan dari sana memasuki hewan dan organisme lain (*biosfer*). Dari organisme hidup mereka dapat memasuki udara (*atmosfer*) atau air (*hidrosfer*). Akhirnya mereka memasuki lautan (*hidrosfer*), di mana mereka diambil oleh organisme laut (*biosfer*). Ini mengembalikan mereka ke

udara (atmosfer), dari mana mereka tersapu ke tanah oleh hujan, sehingga kembali ke tanah.

Sistem lingkungan sebagai suatu sistem tempat kehidupan berinteraksi dengan berbagai komponen abiotik yang terdapat di atmosfer, hidrosfer, dan litosfer. Sistem lingkungan juga melibatkan penangkapan, pergerakan, penyimpanan, dan penggunaan energi. Dengan demikian, sistem lingkungan juga merupakan sistem energi. Salah satu proses perpindahan energi adalah fotosintesis. Dalam sistem lingkungan, energi berpindah dari lingkungan abiotik ke kehidupan melalui proses seperti fotosintesis tanaman. Fotosintesis mengemas energi ini menjadi senyawa organik sederhana seperti glukosa dan pati. Kedua molekul organik ini dapat disimpan untuk digunakan di kemudian hari (Pidwirny, 2006). Energi kimia fotosintesis dapat diteruskan ke komponen hidup atau biotik lain dari sistem lingkungan melalui konsumsi biomassa atau dekomposisi oleh organisme konsumen. Ketika dibutuhkan untuk proses metabolisme, energi organik tetap yang disimpan dalam suatu organisme dapat dilepaskan untuk melakukan pekerjaan melalui respirasi atau fermentasi.

Energi juga memicu sejumlah proses lingkungan yang pada dasarnya bersifat abiotik. Misalnya, pergerakan udara oleh angin, pelapukan batuan menjadi tanah, pembentukan presipitasi, dan pembentukan gunung oleh kekuatan tektonik. Tiga proses pertama memperoleh energi mereka secara langsung atau tidak langsung dari radiasi matahari yang diterima di permukaan bumi. Pembentukan gunung didorong oleh energi panas yang ada di dalam interior bumi.

Bab 3

Lingkungan Fisik, Kimiawi, dan Hayati

3.1 Pendahuluan

Lingkungan merupakan segala sesuatu yang ada di sekitar makhluk hidup. Setiap makhluk hidup senantiasa saling berinteraksi dengan lingkungannya. Kualitas suatu lingkungan sangat memengaruhi kualitas makhluk hidup yang tinggal di dalamnya. Oleh karena itu makhluk hidup, khususnya manusia, perlu untuk senantiasa menjaga dan melindungi lingkungannya agar tetap berkualitas baik.

Pelestarian suatu lingkungan bertujuan untuk menjaga kualitas lingkungan itu sendiri. Dan pelestarian itu sendiri tidak lepas dari usaha-usaha untuk mengetahui sifat-sifat dari lingkungan itu. Pengetahuan akan sifat-sifat komponen lingkungan akan menentukan bagaimana sikap kita sebagai makhluk hidup untuk melestarikannya.

Komponen-komponen penyusun lingkungan itu sendiri terdiri atas komponen fisik, kimiawi, dan hayati. Ketiga jenis komponen ini senantiasa saling berinteraksi. Gangguan terhadap komponen fisik akan memengaruhi komponen kimiawi, dan selanjutnya memengaruhi kehidupan itu sendiri. Demikian pula halnya dengan gangguan pada komponen hayati yang juga

akan memberikan efek negatif terhadap komponen fisik dan kimiawi. Dengan kata lain bahwa kualitas hidup itu sendiri sangat dipengaruhi oleh interaksi yang sehat di antara ketiga komponen lingkungan ini.

Dalam bab ini akan dibahas tentang komponen-komponen apa saja yang terkandung pada tiap-tiap komponen fisik, kimiawi, dan hayati. Juga akan dibahas tentang peranan masing-masing komponen di tiap-tiap komponennya, dan bagaimana komponen-komponen tersebut berfungsi dalam lingkungan dan interaksinya dengan makhluk hidup.

3.2 Lingkungan Biotik dan Abiotik

Secara garis besarnya ada dua bentuk lingkungan, yakni lingkungan biotik dan abiotik. Lingkungan biotik adalah segala bentuk kehidupan yang mengitari makhluk hidup. Misalnya semua jenis tumbuhan dan hewan yang ada di sekitar harimau yang ada di hutan. Antara harimau dan tumbuhan dan hewan yang ada di hutan terjadi saling interaksi antara yang satu dengan yang lain. Harimau membutuhkan rusa, kerbau, babi, dan jenis hewan lainnya untuk menjadi makanannya. Sebaliknya rusa, kerbau, babi, dan jenis hewan lainnya juga secara tidak langsung membutuhkan kehadiran harimau untuk mengontrol populasinya (Warno Utomo, Ir Sutriyono and Reda Rizal, 2012).

Dalam interaksinya di hutan, harimau juga membutuhkan tumbuhan. Harimau membutuhkan pohon dan semak untuk bersembunyi dan menyamar agar tidak terlihat oleh mangsanya. Sebaliknya tumbuhan juga membutuhkan harimau untuk mengontrol jumlah hewan-hewan herbivora yang menjadi menu utamanya. Interaksi seperti ini pada akhirnya akan melahirkan suatu hubungan yang saling menguntungkan. Interaksi seperti ini penting karena akan menjaga kestabilan komunitas makhluk hidup yang ada di hutan.

Lingkungan yang berikutnya ialah lingkungan abiotik. Lingkungan abiotik adalah segala sesuatu yang tidak hidup yang ada di sekitar makhluk hidup. Misalnya air, udara, tanah, ketinggian, kelembapan, suhu, kemiringan, sinar matahari, oksigen, mineral, karbon, dan zat-zat lainnya. Secara ekologi selalu terjadi interaksi antara makhluk hidup dengan lingkungan abiotiknya. Hubungan interaksi tersebut sering diistilahkan dengan daur biogeokimia.

Daur biogeokimia adalah daur komponen abiotik yang mengalir dari lingkungan, kemudian masuk ke sistem yang hidup (tumbuhan, hewan,

manusia), digunakan oleh makhluk hidup di dalam tubuhnya, dan kembali dibuang ke alam. Komponen abiotik yang umumnya mengalami daur biogeokimia adalah mineral, air, oksigen, karbon, pospor, nitrogen, dan lain sebagainya. Tidak semua komponen abiotik akan mengalami daur biogeokimia (Alwin, 2022).

Salah satu contoh daur biogeokimia adalah daur karbon. Tumbuhan mengambil gas karbon dari udara dan melalui proses fotosintesis membentuk karbohidrat. Kemudian karbohidrat tersebut dimakan oleh hewan dan manusia. Karbohidrat di tubuh hewan dan manusia melalui proses oksidatif fosforilasi diubah menjadi energi ATP. Hasil proses oksidatif ini menghasilkan hasil buangan berupa karbon dioksida dan uap air. Dengan demikian gas karbon yang telah diambil oleh tumbuhan sebelumnya kembali ke udara, untuk seterusnya akan dipergunakan kembali oleh tumbuhan (Azhar, 2016).

3.3 Lingkungan Fisik

Lingkungan fisik adalah segala sesuatu yang mengitari makhluk hidup yang mencakup faktor fisik murni seperti tanah, iklim, tanah, cuaca, sinar matahari, pepohonan, hewan, gunung, lembah, bangunan, air dalam pipa, sumber daya alam, dan lain sebagainya. Dengan demikian lingkungan fisik tersebut merupakan segala sesuatu yang dapat kita alami secara fisik melalui alat-alat indera kita. Artinya mengacu pada benda-benda yang nyata atau dalam bentuk materi. Dan lingkungan fisik itu sendiri dapat berupa lingkungan alam, dan ada juga dalam bentuk buatan manusia (Roziaty, Kusumadani and Aryani, 2017).

Ada beberapa bentuk lingkungan fisik, yakni lingkungan fisik alami, lingkungan fisik buatan, dan lingkungan fisik *ekstraterestrial*. Masing-masing lingkungan fisik ini memiliki peranan tersendiri yang memengaruhi kehidupan makhluk hidup, baik hewan, tumbuhan maupun manusia.

Lingkungan fisik alami adalah lingkungan yang terbentuk secara alami di bumi ini. Para cendekiawan evolusi mempercayai bahwa komponen fisik alami ini terjadi begitu saja melalui serangkaian proses evolusi yang sudah barang tentu sangat sulit untuk membuktikan kebenarannya. Namun bagi kaum 'creationist' mempercayai bahwa lingkungan fisik ini terbentuk melalui proses penciptaan. Dan hal ini dapat dipercayai hanya melalui iman kepada si Pencipta tersebut. Apapun alirannya, yang jelas komponen fisik alami ini

sudah ada di muka bumi ini dalam jangka waktu yang sudah lama. Beberapa contoh lingkungan fisik alami ialah lapisan atmosfer, lautan, danau, gurun, tundra, hutan, dan lain sebagainya.

Lingkungan fisik buatan manusia adalah lingkungan yang kemungkinan pada awalnya bersifat alami, tetapi diubah oleh manusia menjadi sesuatu yang lebih berdaya guna. Biasanya lingkungan fisik buatan ini lebih mengutamakan hal-hal yang akan memberikan keuntungan kepada manusia. Contohnya pembukaan hutan untuk menjadi lahan pertanian. Hutan merupakan lingkungan fisik alami, tetapi dioleh oleh manusia untuk menjadi lingkungan pertanian yang dikerjakan oleh manusia, dan sudah barang tentu untuk memberikan keuntungan kepada manusia (Utina et al., 2018).

Sedangkan lingkungan fisik ekstraterrestrial merupakan lingkungan fisik yang terdapat di luar bumi. Misalnya materi-materi tertentu yang berada di planet Jupiter atau Mars yang dapat menyokong kehidupan manusia. Sebenarnya lingkungan fisik ekstraterrestrial ini tidak terlalu memengaruhi manusia mengingat jaraknya yang sangat jauh dari bumi. Namun manusia tetap berkeinginan untuk mengetahuinya karena alasan ilmu pengetahuan.

Contoh dan Peranan Lingkungan Fisik

Berikut ini adalah beberapa contoh lingkungan fisik yang ada di sekitar kita dan peranannya bagi makhluk hidup.

1. Tanah.

Tanah merupakan komponen fisik yang mengandung air, unsur-unsur organik dan inorganik, gas, dan jenis-jenis mikroba tertentu. Oleh karena kandungan unsur-unsur mineral dan air serta mikroba lainnya, maka tanah merupakan komponen yang dapat digunakan untuk beberapa keperluan kehidupan seperti lahan pertanian, habitat hewan invertebrata seperti cacing, menyimpan air tanah yang berguna untuk menyokong kehidupan, dan bahan baku untuk membuat material tertentu seperti batu bata dan genteng. Oleh karena itu menjaga kelestarian tanah merupakan suatu hal yang penting dan perlu diperhatikan. Sebab bila tanah rusak atau mengalami pencemaran akan berakibat buruk bagi makhluk hidup yang bergantung padanya (Mega et al., 2010).

2. Iklim.

Iklim merupakan perubahan cuaca yang memengaruhi lingkungan makhluk hidup. Sebagai suatu bagian dari lingkungan fisik sudah barang tentu perubahan iklim ini dapat ditangkap oleh alat indra makhluk hidup. Dan sebagai responsnya ialah makhluk hidup akan mengadakan adaptasi terhadap iklim tersebut. Kemampuan adaptasi suatu makhluk hidup terhadap perubahan iklim akan sangat membantu kelangsungan hidup makhluk hidup tersebut. Misalnya pada wilayah hutan tropis di mana pohon jati menggugurkan daunnya (merangas) saat musim kering, tumbuhan di hutan gugur yang menggugurkan daunnya saat musim dingin tiba, dan lain sebagainya. Oleh karena itu sangatlah penting bagi manusia untuk menjaga lingkungannya agar tidak mengganggu atau merusakkan lingkungan fisik iklimnya. Sebab bila terjadi perubahan iklim, maka produktivitas makhluk hidup juga akan terganggu (Lubis, 2011).

3. Pohon.

Pohon merupakan komponen fisik yang hidup (biotik). Pohon atau tumbuhan akan membentuk hutan, taman, dan lain sebagainya. Peranan pohon yang ada di hutan adalah untuk menyimpan air tanah, mengatur suhu mikro, tempat tinggal makhluk tertentu (epifit dan parasit), dan lain sebagainya. Peranan penting lainnya dari pohon ialah fotosintesis. Pohon berperan penting untuk menyerap sinar matahari dan menggunakannya untuk proses fotosintesis. Fotosintesis akan menghasilkan zat makanan yang berguna bagi kelangsungan hidup makhluk hidup lainnya. Oleh karena itu menjaga kelestarian hutan adalah suatu hal yang sangat penting.

4. Air.

Air merupakan komponen utama kehidupan. Tanpa air makhluk hidup akan binasa. Air berperan untuk transportasi zat dalam tubuh, melarutkan zat-zat makanan, membentuk enzim, mengatur suhu tubuh, dan lain sebagainya. Kekurangan air pada tubuh disebut dehidrasi. Hal ini sangat berbahaya bagi tubuh, karena dapat menyebabkan tubuh kekurangan enzim yang akan mengganggu

lancarnya proses metabolisme dalam tubuh. Dan hasil akhirnya ialah kematian. Untuk itu kita perlu menjaga kelestarian air dan menjaga kualitasnya agar tidak tercemar oleh zat-zat yang berbahaya.

5. Bangunan.

Bangunan dapat berupa candi, gedung bertingkat, rumah ibadah, jembatan, pabrik, rumah tempat tinggal, dan lain sebagainya. Bangunan itu berfungsi sebagai tempat tinggal, perkantoran, produksi, sarana pengangkutan, dan lainnya. Pembangunan bangunan-bangunan membutuhkan bahan-bahan fisik lainnya seperti tanah, bebatuan, air, pohon, dan bahan lainnya. Sudah barang tentu hal ini akan mengurangi sumber daya alam. Oleh karena itu meskipun berguna untuk tempat tinggal atau sarana produksi, namun pengontrolan pengambilan bahan alam untuk membuat bangunan ini perlu diawasi dengan ketat. Jangan sampai terjadi eksploitasi lingkungan yang pada akhirnya akan merugikan makhluk hidup itu sendiri (Nugroho, 2011).

6. Jalan Raya.

Jalan raya adalah sarana transportasi darat dari satu tempat ke tempat lainnya. Tujuannya adalah untuk memperlancar arus perpindahan barang dan kebutuhan lainnya. Pembangunan jalan raya yang tidak memperhatikan daya dukung lingkungan akan menimbulkan efek negatif, seperti hilangnya hutan primer, dan munculnya lahan ekosistem sekunder. Dan hal ini sudah barang tentu juga akan mengurangi keanekaragaman hayati. Oleh karena itu perlu kehati-hatian untuk membangun sarana lingkungan fisik seperti jalan raya, jangan sampai mengganggu keseimbangan ekosistem di wilayah tersebut.

3.4 Lingkungan Kimiawi

Lingkungan kimiawi adalah segala sesuatu yang berupa zat, molekul, atau senyawa kimia yang ada di sekitar kita. Zat-zat ini ada yang terdeteksi oleh indra tubuh kita, tetapi banyak juga yang tidak dapat terdeteksi oleh alat indra kita. Misalnya, keberadaan uap sulfur dapat dengan mudah terdeteksi oleh indra penciuman kita. Namun gas karbon monoksida tidak dapat terdeteksi oleh alat indra kita.

Lingkungan kimiawi yang berupa senyawa-senyawa kimia dapat masuk ke dalam tubuh manusia melalui pernapasan (oksigen, karbon monoksida, dan yang lainnya), dan makanan yang kita makan, minuman yang kita minum (senyawa karbon dalam minuman soda). Oleh karena itu kita perlu berhati-hati untuk memasukkan senyawa-senyawa tersebut ke dalam tubuh, sebab banyak di antara senyawa-senyawa tersebut bersifat racun dan dapat menimbulkan kematian (Situmorang, 2012).

Beberapa contoh komponen kimiawi lingkungan yang berguna bagi tubuh adalah:

1. Oksigen.

Oksigen diperlukan untuk reaksi metabolisme oksidatif posporilasi. Gas oksigen diambil tubuh dari atmosfer dan masuk ke paru-paru yang seterusnya diikat oleh hemoglobin darah dan dibawa ke sel-sel tubuh. Di dalam mitokondria sel-sel tubuh oksigen itu akan digunakan sebagai reseptor hidrogen yang selanjutnya akan membentuk molekul air. Disamping itu oksigen juga diperlukan untuk membentuk senyawa-senyawa lain seperti karbohidrat, protein, lemak, enzim, dan senyawa-senyawa lainnya yang diperlukan tubuh (Patty, 2015).

2. Hidrogen.

Kebutuhan oksigen tubuh kita diambil dari molekul air, dan zat makanan yang kita makan. Unsur hidrogen ini diperlukan tubuh untuk membentuk molekul air, lemak, protein, karbohidrat, senyawa asam, pengatur pH tubuh, dan lain sebagainya.

3. Karbon.

Unsur karbon didapatkan tubuh melalui makanan yang kita makan, seperti karbohidrat, protein, dan lemak. Unsur karbon ini diperlukan untuk membentuk kembali molekul karbohidrat, protein, lemak, asam karbonat, dan lain sebagainya. Bahkan hasil metabolisme tubuh kita sendiri akan menghasilkan molekul karbon dioksida.

4. Fosfor dan sulfur.

Kedua unsur ini diperoleh tubuh dari lingkungan melalui makanan atau minuman yang kita minum. Kedua unsur ini diperlukan tubuh untuk membentuk enzim, energi ATP, protein, dan molekul-molekul lainnya.

5. Nitrogen.

Nitrogen adalah unsur yang kita peroleh melalui protein yang kita makan. Unsur ini di dalam tubuh juga akan dipergunakan untuk membentuk senyawa protein.

6. Garam mineral.

Beberapa unsur garam mineral seperti natrium, kalium, klor, zat besi, magnesium, kalsium, dan yang lainnya itu pada umumnya diperoleh tubuh lewat makanan dan minuman. Garam mineral ini sangat penting untuk mengatur keseimbangan elektrolit di dalam tubuh kita, seperti natrium dan klor. Kemudian kalsium penting untuk pertumbuhan tulang dan gigi serta tekanan osmosis tubuh. Zat besi penting untuk pembentukan sel darah merah. Kalium penting untuk mengatur tekanan darah. Magnesium penting untuk reaksi beberapa enzim dan kerja saraf. Dan masih banyak garam-garam mineral lain yang ada di lingkungan kita yang akan memengaruhi kehidupan makhluk hidup (Handayanto, Muddarisna and Fiqri, 2017).

Ada juga beberapa zat kimia yang berasal dari lingkungan yang membahayakan makhluk hidup. Contohnya bahan-bahan kimiawi lingkungan yang bersifat polutan. Beberapa contoh di antaranya ialah asap kendaraan dan asap pabrik yang mengandung gas karbon monoksida, nitrogen oksida, dan sulfur oksida. Gas-gas ini dapat menyebabkan kematian dan berbagai penyakit

yang berhubungan dengan paru-paru. Efek lain dari gas-gas ini ialah timbulnya efek hujan asam.

Ada juga beberapa unsur kimia lain yang bersifat polutan dan membahayakan tubuh. Misalnya timah hitam yang dapat menyebabkan gangguan pertumbuhan otak, air raksa dari pertambangan yang dapat menyebabkan kanker. Sisa-sisa pemakaian pupuk juga akan masuk ke perairan dan akan menimbulkan proses eutrofikasi. Sisa-sisa insektisida yang terbawa air ke perairan akan menyebabkan magnifikasi biologi pada beberapa hewan.

Tingginya konsentrasi gas karbon dioksida sebagai akibat dari pembakaran tidak sempurna bahan bakar fosil akan terakumulasi di atmosfer. Dan ini akan menyebabkan terjadinya efek rumah kaca. Efek rumah kaca ialah suatu fenomena di mana panas dari sinar matahari yang jatuh ke bumi tidak dipantulkan kembali ke luar angkasa, tetapi tertahan di permukaan bumi. Dengan demikian panas bumi akan meningkat. Efek rumah kaca ialah terjadinya perubahan iklim. Perubahan iklim ini akan menimbulkan penurunan produksi makanan oleh tumbuhan. Penurunan produksi zat makanan akan mengganggu kesehatan manusia itu sendiri (Pratama, 2019).

Komponen kimiawi lain seperti *freon* yang dihasilkan oleh bahan pendingin seperti kulkas dan AC. *Freon* akan bereaksi dengan lapisan ozon di atmosfer. Seperti yang sudah kita ketahui bahwa lapisan ozon berguna untuk menyerap radiasi sinar matahari, sehingga panas sinar matahari yang tiba di permukaan bumi sudah berkurang intensitasnya. Bila lapisan ozon menipis, maka tidak ada lagi yang menyerap radiasi tersebut, sehingga panas sinar matahari tiba di permukaan bumi dengan intensitas tinggi, dan hal ini bila kena ke kulit manusia akan menyebabkan penyakit kanker kulit.

3.5 Lingkungan Hayati

Lingkungan hayati adalah lingkungan dengan komponen utamanya adalah ekosistem makhluk hidup yang terdapat baik di hutan, laut, kota, dan lainnya. Komponen utamanya adalah semua makhluk hidup, mulai dari tingkatan yang paling rendah hingga ke yang paling tinggi, mulai dari makhluk hidup jasad renik hingga ke paus biru yang berbadan besar. Seperti yang sudah kita bahas sebelumnya bahwa lingkungan hayati mencakup seluruh komponen biotik

suatu lingkungan. Komponen-komponen hayati ini secara keseluruhan disebut dengan keanekaragaman hayati (Maizer, 2008).

Keanekaragaman hayati itu ada tiga tingkatan, yakni tingkatan gen, tingkatan spesies (jenis), dan tingkatan ekosistem. Dikatakan tingkatan gen bila variasi keanekaragaman terjadi karena adanya perbedaan gen, seperti variasi warna pada bunga mawar, variasi berbagai jenis anjing. Kemudian ada juga keanekaragaman tingkat jenis. Contoh keanekaragaman tingkat jenis ialah terdapatnya variasi berbagai macam jeruk, seperti jeruk nipis, lemon, bali, dan lainnya.

Keanekaragaman tingkat ekosistem terjadinya variasi karena adanya perbedaan ekosistem dari satu tempat ke tempat yang lain. Ekosistem itu sendiri didefinisikan sebagai suatu hubungan timbal balik antara makhluk hidup dengan lingkungannya. Misalnya pada ekosistem bakau akan didominasi oleh tumbuhan bakau dengan variasi berbagaimacam hewan yang dapat beradaptasi dengan lingkungan tersebut. Demikian pula halnya dengan ekosistem sawah, akan didominasi oleh tumbuhan padi dan jenis-jenis hewan yang dapat beradaptasi pada lingkungan tersebut (Kusmana, 2015).

Bentuk-bentuk Interaksi Komponen Hayati

Ada beberapa bentuk interaksi pada komponen hayati. Beberapa di antaranya ialah:

1. Habitat.
Habitat berarti tempat tinggal. Jadi ada beberapa makhluk hidup yang menjadi tempat tinggal bagi makhluk hidup lainnya. Misalnya tanaman anggrek banyak yang hidup pada tanaman pohon yang tinggi. Dalam hal ini hubungan yang terjadi bisa berupa simbiosis mutualisme, komensalisme atau parasitik.
2. Pemangsa dan mangsa.
Hubungan interaksi ini terjadi bila satu individu akan memakan individu lainnya. Contohnya adalah harimau (pemangsa) yang menangkap babi hutan (mangsa) untuk dijadikan makanannya. Hubungan ini penting karena akan menstabilkan hubungan interaksi dalam rantai makanan.
3. Simbiosis.

Simbiosis disebut juga dengan kerjasama. Kerja sama antar dua individu itu bisa bersifat saling menguntungkan (mutualisme), yang satu diuntungkan tetapi inangnya tidak dirugikan (komensalisme), dan hubungan yang menimbulkan kerugian disatu pihak (parasitik).

Beberapa contoh hubungan simbiosis mutualisme dapat kita lihat pada interaksi antara bunga dengan kupu-kupu. Dalam hal ini bunga memerlukan kupu-kupu untuk membantu penyerbukan dan penyebaran, sedangkan kupu-kupu mendapatkan madu dari bunga tersebut. Sedangkan contoh simbiosis komensalisme dapat kita lihat pada interaksi antara burung jalak dengan kerbau di sawah. Interaksi ini dapat kita lihat pada beberapa tanaman anggrek yang hidup pada satu pohon. Keuntungan yang didapat anggrek ialah tempat tinggal dan intensitas sinar matahari yang terbatas, sementara pohon tidak dirugikan dengan kehadiran anggrek tersebut. Dan simbiosis parasitik terjadi bila inang tempat keberadaan individu itu dirugikan. Contohnya ialah tanaman benaru yang merusak tanaman utamanya (Latuconsina, 2019).

3.6 Kegiatan yang Merusak Lingkungan Fisik, Kimiawi dan Hayati

Keberadaan zat-zat tertentu di dalam lingkungan yang keberadaannya melebihi ambang batas normal dan berada bukan pada waktu yang diperlukan, dan menimbulkan efek negatif terhadap makhluk hidup yang tinggal di dalamnya disebut dengan pencemaran lingkungan atau polusi. Berikut akan dipaparkan beberapa tindakan manusia yang dapat mengganggu keseimbangan lingkungan hidup.

Bangunan dan jalan raya merupakan komponen lingkungan fisik makhluk hidup. Namun pembangunan pemukiman, pertokoan, pabrik dan jalan-jalan raya yang tanpa perhitungan akan menimbulkan efek negatif terhadap lingkungan. Contoh, pembangunan perumahan akan menghambat aliran air dan penyerapan air tanah. Kekurangan air tanah akan menimbulkan efek kekeringan yang akan mengganggu suplai air minum baik bagi hewan, tumbuhan, dan manusia. Oleh karena itu pembangunan bangunan dan yang lainnya harus memperhitungkan kapasitas daya dukung lingkungan (Sinaga and Harahap, 2016).

Pabrik-pabrik dan kendaraan akan mensuplai komponen kimiawi gas rumah kaca ke lingkungan hidup. Pada dasarnya gas-gas buangan tersebut secara normal ada di lingkungan kita untuk memenuhi kebutuhan hidup manusia. Namun akibat suplai yang berlebihan akan memberikan dampak negatif seperti efek rumah kaca dan hujan asam. Kedua efek ini akan menurunkan produktivitas tumbuhan. Seperti yang kita ketahui bahwa sumber utama makanan makhluk hidup berasal dari tumbuhan (karbohidrat).

Aktivitas lain yang dapat mengganggu keseimbangan lingkungan hidup ialah penebangan hutan dan perburuan liar. Kedua aktivitas ini akan mengganggu suplai air tanah dan ketidakseimbangan komunitas lingkungan. Perburuan liar telah menyebabkan punahnya hewan-hewan tertentu seperti harimau dan hewan lainnya. Kepunahan predator akan mengakibatkan berkembang pesatnya hewan mangsa yang akan memakan habis tanaman pertanian (hama). Hal ini juga dapat terjadi bila hutan ditebangi yang akan mengakibatkan musnahnya hewan-hewan tertentu. Oleh karena itu perlu bagi manusia untuk menjaga kelestarian lingkungannya (Pencegahan Pencemaran et al., 2017).

Kesimpulan

Komponen lingkungan fisik adalah bangunan, jalan raya, air, dan segala sesuatunya yang lain yang dapat dideteksi oleh alat indra kita. Sedangkan komponen lingkungan kimiawi adalah segala sesuatu yang berupa zat kimia yang ada di sekitar kita, seperti gas, garam mineral, dan senyawa-senyawa kimia lainnya. Sedangkan komponen lingkungan hayati adalah segala sesuatu yang ada di lingkungan kita yang bersifat biotik. Komponen-komponen lingkungan ini saling berinteraksi satu dengan yang lainnya. Interaksi itu umumnya akan mensuplai kebutuhan manusia. Misalnya tumbuhan memerlukan gas karbon dioksida untuk fotosintesis bersama sinar matahari dan air untuk membentuk karbohidrat. Selanjutnya karbohidrat yang terbentuk akan dikonsumsi oleh manusia dan hewan. Setelah mengalami reaksi oksidasi untuk pembentukan energi ATP, sebagian dari karbohidrat itu akan kembali dilepas ke lingkungan dalam bentuk gas karbon dioksida dan uap air. Oleh karena terjadinya interaksi ini, maka perlu dijaga kestabilan lingkungan agar keseimbangan lingkungan tetap terjaga dan lestari hingga generasi yang mendatang.

Bab 4

Permasalahan Lingkungan

4.1 Perubahan Iklim, Pemanasan Global, Efek Rumah Kaca, Hujan Asam, dan Penipisan Lapisan Ozon

Perubahan iklim adalah suatu kondisi perubahan suhu, curah hujan, angin, tekanan udara, dan kelembaban sebagai akibat dari pemanasan global. Pemanasan global atau biasa disebut Global Warming adalah suatu kondisi ketidakseimbangan ekosistem di bumi akibat terjadinya proses peningkatan temperatur suhu rata-rata atmosfer baik di laut maupun di daratan. Fenomena peningkatan temperatur rata-rata bumi dari tahun ke tahun selama kurang lebih seratus tahun terakhir, suhu rata-rata di permukaan bumi telah meningkat

$0,74 \pm 0,18^{\circ}\text{C}$. Peningkatan suhu rata-rata permukaan bumi terjadi sebagai akibat dari akumulasi panas di atmosfer yang disebabkan oleh efek emisi gas rumah kaca. Efek rumah kaca menyebabkan terjadinya pemanasan global yang dapat menyebabkan perubahan iklim. Hubungan di antara ketiganya adalah hubungan sebab akibat.

Pemanasan global diperkirakan dapat menyebabkan terjadinya perubahan-perubahan sistem pada ekosistem di bumi, seperti perubahan iklim yang sangat

ekstrim, mencairnya es di kutub sehingga menyebabkan permukaan air laut naik, serta terjadi perubahan jumlah dan pola presipitasi (suatu proses jatuhnya segala materi dari atmosfer ke permukaan bumi dalam bentuk cairan yaitu hujan dan dalam bentuk padat yaitu salju). Akibat terjadinya perubahan sistem pada ekosistem dapat menimbulkan dampak pada kehidupan di bumi, salah satunya seperti hilangnya gletser, berpengaruh pada hasil pertanian perkebunan, dan juga punahnya berbagai jenis hewan. Pemanasan global berhubungan dengan proses meningkatnya suhu rata-rata permukaan bumi. Peningkatan suhu permukaan bumi ini dihasilkan oleh adanya radiasi sinar matahari menuju ke atmosfer bumi. Kemudian sebagian dari sinar matahari ini akan berubah menjadi energi panas dalam bentuk sinar infra merah yang akan diserap oleh udara dan permukaan bumi. Sebagian sinar infra merah akan dipantulkan kembali ke atmosfer dan ditangkap oleh gas-gas rumah kaca yang kemudian dapat menyebabkan suhu bumi meningkat.

Efek rumah kaca atau *green house effect* disebut demikian karena peristiwanya sama dengan rumah kaca. Panas yang masuk akan terperangkap di dalam rumah kaca dan tidak dapat menembus keluar kaca sehingga bisa berfungsi untuk menghangatkan seisi rumah kaca tersebut. Peristiwa alam efek rumah kaca menyebabkan bumi menjadi hangat dan layak untuk dihuni manusia karena tanpa adanya efek rumah kaca maka suhu permukaan bumi dapat menjadi 33°C lebih dingin.

Efek rumah kaca merupakan fenomena menghangatnya bumi akibat dari radiasi sinar matahari dari permukaan bumi dipantulkan kembali ke angkasa yang terperangkap oleh “selimut” dari emisi gas-gas rumah kaca. Sumber utama dari emisi gas rumah kaca adalah bahan bakar minyak bumi meliputi bahan bakar minyak, batu bara, dan bahan bakar organik lainnya yang melampaui kemampuan tumbuhan-tumbuhan yang ada di hutan dan laut untuk mengabsorbsinya. Bahan kimia yang termasuk gas-gas rumah kaca sebagaimana diatur dalam Protokol Kyoto adalah gas karbondioksida (CO₂), uap air hidrogen dioksida (H₂O), metana (CH₄), ozon (O₃), dinitrooksida (N₂O), klorofluorokarbon (CFC), perfluorokarbon (PFCs), hidroflluorokarbon (HFCS), dan sulfurheksafluorida (SF₆).

Proses terjadinya efek rumah kaca yaitu matahari sebagai sumber energi utama dari setiap sumber energi yang terdapat di bumi sebagian besar dalam bentuk radiasi gelombang pendek akan mengenai permukaan bumi dan berubah dari cahaya menjadi panas. Permukaan bumi kemudian menyerap sebagian panas sehingga dapat menghangatkan bumi, dan sebagian dipantulkannya kembali ke

luar angkasa. Menumpuknya jumlah gas-gas rumah kaca di atmosfer mengakibatkan sebagian dari panas ini dalam bentuk radiasi infra merah tetap terperangkap di atmosfer bumi. Kemudian gas-gas ini menyerap dan memantulkan kembali radiasi gelombang yang dipancarkan oleh permukaan bumi. Akibatnya panas tersebut akan tersimpan di permukaan bumi. Kondisi ini dapat terjadi berulang sehingga menyebabkan suhu rata-rata tahunan bumi terus meningkat. Gas-gas tersebut berfungsi sebagaimana kaca pada atap rumah kaca. Semakin meningkat konsentrasi gas-gas ini di atmosfer, maka besar pula efek panas yang terperangkap dibawahnya.

Efek rumah kaca ini sangat dibutuhkan oleh segala makhluk hidup yang ada di bumi karena tanpa efek rumah kaca, planet bumi akan menjadi sangat dingin lebih kurang dari -18°C , sehingga seluruh permukaan bumi akan tertutup lapisan es. Dengan temperatur rata-rata sebesar 15°C bumi sebenarnya telah lebih panas 33°C dengan efek rumah kaca. Akan tetapi jika gas-gas tersebut telah berlebih di atmosfer, maka akan terjadi sebaliknya dan mengakibatkan pemanasan global.

Jumlah CO_2 sebagai salah satu gas rumah kaca yang semakin meningkat di atmosfer yang berpotensi menyebabkan perubahan iklim dan pemanasan global, juga dapat memengaruhi tingkat keasaman air hujan dalam induksi pH karena adanya proses pencucian atmosfer oleh hujan. Hujan asam adalah air hujan yang memiliki pH keasaman 5,6 dengan kondisi air murni berada dalam kesetimbangan dengan konsentrasi CO_2 global sekitar 350 ppm di atmosfer. Selain peningkatan CO_2 , juga peningkatan emisi gas-gas hasil pembakaran bahan bakar dan biomassa seperti karbonmoksida (CO), nitrogen oksida (NO_x), dinitrogen oksida (N_2O), sulfur dioksida (SO_2), metana (CH_4), aerosol, dan hidrokarbon lainnya ke udara yang dapat memengaruhi konsentrasi ozon sehingga berdampak menyebabkan hujan asam.

Pemanasan global dan penipisan lapisan ozon merupakan dua masalah lingkungan yang berbeda akan tetapi saling berkaitan antara satu sama lain. Pemanasan global merupakan fenomena pemanasan yang terjadi di bumi akibat peningkatan emisi gas-gas rumah kaca pada lapisan atmosfer bagian bawah atau biasa disebut dengan troposfir. Sedangkan lubang pada lapisan ozon terjadi akibat molekul ozon di lapisan stratosfir berkurang dalam jumlah yang besar karena kehadiran bahan perusak ozon.

Penyebab terjadinya kerusakan pada lapisan ozon yaitu aktivitas manusia yang menggunakan bahan-bahan perusak ozon yang mengandung atom klor (Cl)

dan brom (Br). Bahan perusak ozon yang memberikan kontribusi paling besar terhadap kerusakan lapisan ozon terutama adalah kelompok kloroflourokarbon atau freon (CFC) yang banyak digunakan pada kegiatan industri maupun kegiatan domestik. CFC bahan organik berbentuk gas yang terdiri dari karbon, klorin, dan flourin. CFC senyawa stabil yang sukar bereaksi terkenal dengan nama pasaran DuPont Freon yang digunakan sebagai bahan penyejuk, bahan dorong (kegunaan aerosol) dan pelarut. Contoh alat yang menggunakan CFC adalah AC Air Conditioner, lemari es, dan lain sebagainya. Semakin banyak pemakaian bahan kima perusak ozon yang digunakan maka semakin besar tingkat kerusakan lapisan ozon.

Di permukaan bumi bahan perusak ozon bersifat stabil sehingga jika dilepas ke atmosfer, dengan pergerakan, udara akan sampai ke stratosfir dan akan menimbulkan penipisan lapisan ozon. Bahan kimia yang termasuk bahan perusak ozon sebagaimana diatur dalam pengendalian produksi dan konsumsinya dalam Protokol *Montreall* adalah kloroflourocarbon (CFC), halon, dinitrogen oksida (N_2O), karbon tetraklorida (CTC atau CCl_4), metal kloroform (1.1.1 trichloroethane TCE), bromoklorometan, hidrokloroflourokarbon (HCFCs), dan metal bromida (MBr).

4.2 Menipisnya Keanekaragaman Hayati

Keanekaragaman hayati atau biodiversitas adalah keanekaragaman dari jenis spesies dan ekosistem yang ada di darat, laut maupun ekosistem perairan lain. Keanekaragaman hayati merupakan keanekaragaman organisme yang menunjukkan keseluruhan variasi gen, jenis, dan ekosistem pada suatu daerah yang meliputi berbagai perbedaan bentuk atau penampilan, jumlah dan sifat-sifat yang terlihat pada berbagai tingkatan. Keanekaragaman hayati menyangkut keanekaragaman organism yang ada di bumi baik dalam tingkatan jenis spesies maupun ekosistem. Keanekaragaman hayati merupakan pendukung utama dalam sistem kehidupan manusia. Manusia bergantung pada keanekaragaman hayati untuk memenuhi kebutuhan pangan, sandang dan papan khususnya untuk makanan, obat-obatan, energi dan bahan bakar. Selain dipergunakan untuk keperluan produksi pangan dan obat-obatan, keanekaragaman hayati juga sangat menarik untuk dimanfaatkan untuk kegiatan yang bersifat non konsumtif seperti pengembangan ilmu pengetahuan, pendidikan, dan kepariwisatawan. Kegiatan-kegiatan ini

diharapkan meningkatkan kesadaran akan pentingnya pelestarian keanekaragaman hayati sehingga dapat dinikmati oleh generasi-generasi yang akan datang. Kelestariannya juga akan menjamin dukungan terhadap upaya produksi pangan, obat-obatan dan berbagai jenis energi.

Berbagai proses kegiatan manusia menyebabkan menipisnya keanekaragaman yang ada. Ekosistem alami diubah menjadi lingkungan binaan seperti daerah hunian, pertanian dan industri. Eksploitasi yang berlebihan juga dapat mengurangi kuantitas keanekaragaman. Demikian juga proses digantikannya keanekaragaman monokultur seperti dalam pengembangan bidang pertanian dapat mengurangi keanekaragaman tersebut. Karena antar spesies terjalin hubungan yang bersifat sinergis, maka hilangnya spesies tertentu akan berpengaruh terhadap kestabilan hubungan yang ada. Sistem hubungan yang telah terjalin menjadi kacau sehingga keberlanjutannya terancam. Pada akhirnya hal tersebut akan berpengaruh negatif terhadap keberlanjutan dari spesies yang ada.

Penyebab utama menipisnya keanekaragaman hayati yaitu peningkatan jumlah populasi manusia. Semakin meningkat jumlah populasi maka akan semakin meningkat pula tingkat penggunaan sumber daya alam yang tersedia. Penggunaan sumber daya alam tersebut secara terus menerus dan tidak bijaksana dapat berpotensi menyebabkan kepunahan dari organisme tertentu. Faktor-faktor penyebab kepunahan organisme seperti perusakan habitat, fragmentasi habitat, degradasi habitat, penggunaan spesies yang berlebih untuk kepentingan manusia, introduksi spesies-spesies eksotik, dan kerentanan spesies terhadap kepunahan.

Perusakan habitat utamanya pada perusakan hutan alam (deforestasi) yang disebabkan oleh alasan seperti konversi hutan alam menjadi lahan pertanian, perkebunan atau bahkan lahan tanaman tahunan dan biasa juga untuk daerah transmigrasi dan infrastruktur lainnya; pembakaran hutan dan lahan; pemekaran wilayah menjadi daerah otonomi baru; eksploitasi dan eksplorasi industri ekstraktif pada kawasan hutan (batu bara, minyak gas, geothermal).

Fragmentasi habitat adalah suatu kondisi yang dapat menyebabkan habitat terbagi menjadi dua daerah atau lebih, seperti pembuatan jalan, pembukaan areal pertanian dan perkotaan atau kegiatan lainnya. Di habitat makhluk hidup terkenal dengan istilah daerah tepi dan biasanya ada jenis-jenis makhluk hidup tidak bisa menempati daerah tersebut karena cenderung kurang memberikan perlindungan. Apabila suatu habitat terfragmentasi maka luas daerah tepi akan

bertambah sehingga luas zona aman untuk jenis-jenis makhluk hidup akan semakin berkurang.

Degradasi habitat biasanya terjadi jika ada faktor eksternal yang bebas masuk ke dalam habitat tersebut. Seperti pencemaran, limbah atau bahan kimia yang berbahaya dalam bentuk padatan, cair, maupun gas masuk ke dalam air, tanah, ataupun udara di dalam habitat yang akan dapat mengancam komunitasnya.

Penggunaan spesies yang berlebihan untuk kepentingan manusia dapat mengakibatkan menurunnya jumlah populasi jenis tersebut atau bahkan bisa punah. Sehingga sangat diperlukan prinsip penggunaan yang berkelanjutan dalam pemanfaatan jenis tersebut. Prinsip penggunaan yang berkelanjutan ini dilakukan dengan pemanenan dari suatu jenis di alam pada periode tertentu berdasarkan tingkat pembaharuan oleh proses pertumbuhan dan keberadaannya secara alami.

Introduksi flora fauna spesies-spesies eksotik dilakukan dengan sengaja membawa atau mendatangkan jenis tumbuhan budidaya maupun hewan peliharaan dari suatu tempat ke tempat lain sehingga mengakibatkan jenis tumbuhan dan hewan tersebut berkembang biak bukan di habitat aslinya. Jenis-jenis introduksi ini akan menjadi liar di komunitas lokal.

Kerentanan suatu spesies dengan jumlah populasi yang sedikit terhadap kepunahan biasanya ditentukan oleh sebaran geografis yang sempit, pengaruh variasi demografi dan lingkungan serta hilangnya keanekaragaman genetik, rentan terhadap kerusakan, dan juga memiliki densitas rendah per satuan luas terutama kawasan yang terfragmentasi. Selain itu juga spesies yang memiliki ukuran populasi kecil akan cenderung menurun apabila penyebab penurunan tidak dapat diketahui atau bahkan tidak dapat diperbaiki

4.3 Pencemaran Lingkungan

Pencemaran lingkungan hidup menurut Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 32 Tahun 2009 adalah masuk atau dimasukkannya makhluk hidup, zat, energi, dan/atau komponen lain ke dalam lingkungan hidup oleh kegiatan manusia sehingga melampaui baku mutu lingkungan hidup yang telah ditetapkan. Kerusakan lingkungan terjadi apabila telah terjadi perubahan langsung dan/atau tidak langsung terhadap sifat fisik, kimia, dan/atau hayati lingkungan hidup yang melampaui kriteria baku kerusakan lingkungan hidup.

Kriteria baku kerusakan lingkungan hidup adalah ukuran batas perubahan sifat fisik, kimia, dan/atau hayati lingkungan hidup yang dapat ditenggang oleh lingkungan hidup untuk dapat tetap melestarikan fungsinya.

Istilah pencemaran lingkungan tidak mudah dipastikan secara akurat kapan istilah ini muncul. Akan tetapi dapat dirujuk sejak manusia telah memenuhi kebutuhan hidupnya dengan memanfaatkan sumber daya alam maka dengan sendirinya potensi perubahan lingkungan alamiah telah terjadi. Hanya saja pada zaman nenek moyang, hal ini bukan menjadi masalah besar. Seiring dengan perkembangan peradaban manusia, pada abad pertengahan di masyarakat Eropa terjadi penyakit kolera dan tifus yang disebabkan oleh lingkungan yang tidak sehat dengan adanya keberadaan kotoran hewan dan manusia dan juga sampah. Tahun 1800an masyarakat dunia sudah mulai menyadari akan kondisi lingkungan yang tidak sehat yang dapat menyebabkan penyakit dan pada akhirnya berujung kematian. Di Chicago Amerika Serikat upaya pengendalian sampah pertama kali dilakukan dan kemudian diadopsi oleh negara-negara lainnya. Tahun 1900an pencemaran lingkungan terjadi akibat dari industrialisasi dan Perang Dunia II.

Bom atom yang terjadi pada 6 Agustus 1945 di Hiroshima dan 9 Agustus 1945 di Nagasaki memberikan dampak negatif terhadap lingkungan. Dampak bom atom tersebut menyebabkan terjadinya paparan radiasi yang berbahaya bagi manusia sehingga menimbulkan penyakit-penyakit seperti luka bakar stadium tinggi, penyakit darah, leukemia, kerusakan organ, risiko keguguran tinggi, dan bagi wanita hamil melahirkan bayi lahir cacat akibat adanya mutasi gen. Selain itu juga berdampak pada lingkungan sehingga kedua kota tersebut menjadi terkontaminasi tidak bisa dihuni. Radiasi yang bertahan di tanah berpengaruh pada produksi pangan terutama hasil pertanian dan perikanan yang menyebabkan terjadinya kelangkaan sumber pangan lokal yang layak dikonsumsi, kualitas udara dan kualitas air menurun sehingga menyebabkan kurangnya air bersih yang menjadi konsumsi sehari-hari bukan hanya untuk warga Hiroshima dan Nagasaki tetapi juga meliputi wilayah-wilayah lain disekitarnya.

Kabut Asap atau *The Great Smog* terjadi di Kota London, Inggris pada bulan Desember 1952. Pencemaran udara ini bersumber dari penggunaan batubara yang dihasilkan dari asap pabrik-pabrik, kendaraan bermotor, dan juga cerobong asap rumah yang bercampur dengan cuaca dingin sehingga membentuk lapisan tebal kabut asap di langit Kota London. Kabut tebal ini selain menyebabkan kecelakaan tabrakan pada kendaraan bermotor dan

kecelakaan pada kereta api di London Bridge, juga menyebabkan terjadinya penyakit-penyakit seperti gangguan pernafasan, muntah akibat batuk berdahak bahkan kematian warga London. Ratusan ternak-ternak sapi yang mati akibat kesulitan bernafas ditengah kabut asap tebal itu.

Tragedi Minamata disebabkan oleh adanya bahan kimia merkuri yang berasal dari air limbah industri *Chisso Corporation* yang dibuang ke dalam Teluk Minamata yang berdampak buruk terhadap kehidupan ekosistem di sekitar teluk tersebut. Keracunan merkuri ini berawal pada tahun 1956 dari kematian ikan-ikan, kerang dan rumput laut yang gagal tumbuh di Teluk Minamata. Kemudian ikan-ikan dan kerang yang mengandung racun merkuri ini ditangkap dan dikonsumsi oleh nelayan yang menyebabkan terjangkitnya penyakit Minamata dengan gejala *syndrome* neurologis. Penyakit ini bukan hanya menyebabkan kematian pada manusia juga kematian hewan-hewan (anjing, babi, kucing dan hewan lainnya) yang mengkonsumsi ikan-ikan dan kerang yang telah terkontaminasi.

Tumpahan minyak mentah di lepas pantai Perancis dekat Pelabuhan Portsall Pantai Breton pada 16 Maret 1978 telah mengakibatkan pencemaran yang luas di garis pantai. Hal ini terjadi karena kapal tanker minyak Liberia "Amoco Cadiz" kandas di lepas pantai tersebut. Amoco Cadiz merupakan kapal tanker jenis VLCC (Very Large Crude Carrier) menumpahkan sekitar 68 juta galon minyak yang diangkut dari Timur Tengah ke Eropa. Ketika kapal berlayar di dekat pesisir Perancis terdapat gelombang laut yang ganas yang menyebabkan kapten tidak mampu mengendalikan kapal. Karena adanya angin kencang, kapal menjadi hanyut menuju daratan, akhirnya kandas sehingga badan kapal terbelah. Lokasi kecelakaan yang terisolasi didukung dengan cuaca buruk dan rencana darurat yang tidak menyeluruh, serta pihak yang memiliki otoritas tidak mampu menyelamatkan minyak dari kapal yang perlahan bocor dan menyebabkan seluruh minyak tumpah ke laut dan mencemari sekitar 200 mil dari garis pantai.

Tragedi *Agent Orange* pada tahun 1961 sampai 1971 yaitu terjadinya perang antara militer Amerika Serikat dengan Vietnam. Dalam perang tersebut dari kubu tentara Amerika Serikat selain menggunakan senjata api juga menggunakan senjata kimia *Agent Orange*. *Agent Orange* dengan senyawa utama Dioxin (termasuk golongan zat beracun dan berbahaya) mengandung Picloram dan Asam *Cacodylic* (sejenis arsenik dengan efek kekeringan cepat pada dedaunan), yang digunakan untuk penyiangi gulma sehingga bisa merontokkan hutan di Vietnam. Tentara Amerika Serikat menyempatkan

sekitar 20 juta galon zat tersebut dalam kurun waktu 10 tahun yang menyebabkan kerusakan permanen di hutan Vietnam, bukan hanya pohon-pohon yang berada di hutan tersebut yang mati tetapi juga telah mengubah secara drastis kondisi ekologi disekitar hutan. Dampaknya juga dirasakan oleh masyarakat Vietnam dengan timbulnya penyakit berbahaya seperti penyakit mutasi gen yang menyebabkan banyak bayi yang lahir dalam kondisi cacat.

Bencana Seveso terjadi akibat kecelakaan industri pabrik kimia farmasi yang dioperasikan oleh Industri *Chimiche Meda Societe Aromia* (ICMESA) di Meda Seveso Italia Utara pada 10 Juli 1976. Pabrik tersebut memproduksi 2,4,5-Trichlorophenol yang digunakan sebagai bahan disinfektan, herbisida, dan kosmetik, bahkan bisa digunakan sebagai senjata kimia. Sekitar 6 ton bahan kimia beracun Dioxin (senyawa Polychlorinated Dibenzodioxins PCDDs yang dapat menyebabkan kanker) dengan toksisitas yang tinggi meledak dan membuat awan kimia di langit lebih dari 6 mil persegi atau sekitar 18 km² dari daerah sekitarnya. Sehingga menyebabkan kerontokan daun pada pohon-pohon disekitarnya, hewan-hewan mati terpanggang dan harus disembeli untuk mencegah masuknya racun ke dalam rantai makanan dan jaring makanan, dan juga menimbulkan penyakit kulit seperti radang kulit, pada wajah dan bagian lain ditubuh anak-anak terdapat gejala *cloracne*, penyakit *kardiovaskular* dan pernafasan, jenis kanker tertentu, dan ibu hamil dianjurkan menggugurkan kandungannya karena dikhawatirkan kerusakan fungsi genetiknya.

Three Mile Island merupakan pembangkit listrik tenaga nuklir yang terletak di Harrisburg Pennsylvania Amerika Serikat memiliki fasilitas nuklir dengan 2 unit reaktor nuklir. 28 Maret 1979 terjadi kecelakaan nuklir pada unit 2 terjadi kegagalan fungsi pompa pendingin sekunder yang mengakibatkan kerusakan parah pada bagian inti reaktor nuklir sehingga sebagian pellet bahan bakar meleleh karena suhu yang terlalu tinggi. Selain itu juga terjadi pelepasan gas radioaktif dari gedung pendukung (*auxiliary building*) yang berfungsi menampung sistem pendingin reaktor darurat. Kecelakaan nuklir ini berdampak besar dan mencapai level 5 skala INES (International Nuclear and Radiological Event Scale) dan telah menyebabkan kerugian yang tidak sedikit. Paling tidak lebih 130.000 orang yang harus pindah dari tempat tinggalnya karena terkontaminasi oleh bahan-bahan radioaktif.

Bencana Bhopal merupakan bencana terlepasnya senyawa kimia beracun di lingkungan. 3 Desember 1984 pabrik pestisida *Union Carbide* yang berlokasi di sekitar daerah padat dan miskin di Bhopal India mengalami kebocoran dan

meledaknya tangki gas beracun metil isosianat. Sekitar 40 ton metal isosianat terlepas ke atmosfer dan kembali ke permukaan bumi terbawa oleh air hujan dan menyerang penduduk sekitar. Musibah ini membunuh ribuan orang dan menyebabkan timbulnya penyakit-penyakit mengerikan seperti kanker, kelainan reproduksi, kelainan sistem syaraf, kesulitan bernafas, batuk terus menerus, demam, depresi, bayi yang lahir cacat dan lumpuh layu.

Tragedi *Chernobyl* terjadi pada tanggal 24 April 1986 termasuk kategori level 7 skala INES dalam kecelakaan nuklir yang menyebabkan efek sangat besar pada kesehatan dan lingkungan di sekitar lokasi kecelakaan. PLTN Chernobyl yang terletak di Ukraina sebelah barat Rusia meledak yang menyebabkan runtuhnya atap gedung sehingga gas radioaktif, reruntuhan bangunan dan material yang berasal dari dalam gedung terlempar ke udara. Serpihan-serpihan bahan bakar reaktor yang sangat panas beterbangan di udara dan menyulut terjadinya kebakaran radioaktif. Banyak korban jiwa yang tak terhitung jumlahnya akibat radiasi nuklir ini dan juga warga harus dievakuasi dan direlokasi. Radiasi nuklir akibat ledakan menyebabkan kontaminasi pada lingkungan yang mengakibatkan tercemarnya air, udara, tanah dan tanaman.

24 Maret 1989 di Perairan Prince William Sound Alaska Selatan Amerika Serikat terjadi pencemaran laut akibat tumpahnya sekitar 42 juta liter minyak mentah yang mencemari pantai sepanjang 1.990 km karena kapal Exxon Valdez menabrak terumbu karang. Kecelakaan tersebut terjadi akibat kelalaian kapten kapal, Joseph Hazelwood yang sedang mabuk dan mengizinkan ke salah satu anak buahnya yang tidak berwenang untuk mengarahkan kapal besar tersebut. Tumpahan minyak mentah tersebut menimbulkan kerusakan besar pada ekosistem sekitar. Ribuan satwa dan biota laut seperti berang-berang laut, burung laut, anjing laut yang tinggal di habitat sekitar menjadi korban. Terumbu karang menjadi rusak. Hal yang paling mengkhawatirkan adalah minyak tersebut mulai menyebar menuju daerah pemijahan ikan salmon yang merupakan sumber kehidupan nelayan Alaska.

Dzerzhinsk Rusia merupakan situs manufaktur utama senjata kimia rusia sekaligus sebagai situs pembuangan beribu-ribu ton sampah kimia yang tidak mendapatkan penanganan secara aman mulai dari tahun 1930 sampai 1998 sehingga *Guinness Book of World Records* menetapkannya sebagai kota yang paling tercemar oleh bahan kimia di dunia. Sekitar 190 bahan kimia termasuk dioksin dan fenol telah masuk ke dalam air tanah sehingga airnya telah terkontaminasi dan menyebabkan ribuan orang yang terkena dampaknya akibat terpapar polusi bahan kimia tersebut. Tingkat kematian di kota

Dzerzhinsk lebih tinggi dibandingkan jumlah kelahiran. Harapan hidup berkisar 47 tahun untuk perempuan sedangkan hanya 42 tahun untuk pria.

La Oroya kota tambang di Andes Peru tanah di wilayah kota itu telah terkontaminasi oleh zat-zat beracun timbal, arsenik dan *cadmium* yang sudah merebak ke seluruh kota. Hal ini disebabkan oleh pertambangan milik Amerika *Doe Run Corporation* berbasis di Missouri telah mencemari kota sejak 1922. Sekitar 99% anak-anak memiliki kadar timbal dalam darah yang melebihi batas yang dapat diterima yang berarti tingkat kematian dini sangat tinggi kebanyakan tidak melewati batas usia 6 tahun yang berkaitan dengan adanya gas berbahaya dari pabrik peleburan menyebabkan penyakit paru-paru.

Agbogbloshie, di kota besar *Accra*, Ghana (Afrika Barat), merupakan tempat pembuangan sampah elektronik (e-waste) kedua terbesar di dunia. Ewaste itu termasuk kulkas, microwave, televisi yang berserakan area pembuangan sampah. Setiap tahun, Ghana mengimpor sekitar 215 000 ton produk elektronik bekas dari Eropa Barat dan menyisakan sekitar 129 000 ton sampah elektronik per tahun. Karena berbagai elektronik yang heterogen, jika didaur ulang memerlukan ketrampilan tinggi sehingga sampah elektronik itu dibuang begitu saja. Dari sampel tanah, para ahli mengestimasi tingkat pencemaran lead (timah) di area itu berkisar 18 125 ppm. Di AS, standar *Environmental Protection Agency* untuk limbah timah adalah hanya 400 ppm. Artinya, tingkat timbal di area ini diestimasi 50 kali melebihi tingkat standar timbal yang diperbolehkan berada di tanah USA.

Bencana lumpur Sidoarjo merupakan luapan lumpur panas yang bersumber dari lokasi pertambangan gas PT. Lapindo Brantas yang berlokasi di Kelurahan Siring Kecamatan Porong Kabupaten Sidoarjo Provinsi Jawa Timur terhitung sejak 29 Mei 2006 mulai menggenangi areal pemukiman penduduk, areal persawahan, tambak, dan areal lainnya yang ada disekitarnya. Dampak yang ditimbulkan dari semburan lumpur ini sangatlah luar biasa bagi masyarakat sekitar maupun aktivitas perekonomian di Jawa Timur. Masyarakat terpaksa mengungsi, areal pertanian dan perkebunan menjadi rusak, sarana pendidikan tidak berfungsi, rusaknya sarana dan prasarana infrastruktur, terhambatnya ruas jalan tol Malang-Surabaya dan terutama kerusakan lingkungan wilayah yang tergenangi. Masyarakat kehilangan tanah, rumah, harta, sumberdaya, mata pencaharian, serta hubungan sosial budaya. Dan juga risiko kesehatan akibat yang ditimbulkan dari pemaparan logam-logam berat seperti merkuri, arsenik, kromium, kadmium, senyawa organik seperti hidrogen sulfide (H₂S) dan *Polycyclic Aromatic Hydrocarbons* (PAH)

yang dapat menimbulkan penyakit-penyakit dalam jangka waktu 5 sampai 10 tahun mendatang seperti kanker.

Sungai Citarum adalah sungai terpanjang ketiga di Pulau Jawa terletak di Provinsi Jawa Barat. Panjang aliran sungai Citarum sekitar 300 km dengan luas daerah aliran sungai 6.614 km² berawal dari hulu lereng Gunung Wayang sebelah tenggara Bandung berakhir di hilir bermuara di ujung Karawang dan telah disebut sebagai sungai paling tercemar di dunia. Berbagai kontaminan hadir dalam sungai baik dari limbah industri maupun limbah dari warga domestik. Sumber pencemar potensial di Sungai Citarum adalah rumah tangga, pertanian, kegiatan peternakan sapi, industri, dan jasa seperti rumah sakit, puskesmas, hotel, restoran, laundry. Sungai telah tercemar dengan berbagai bahan kimia termasuk pestisida, timah, kadmium, kromium, mangan, besi, tembaga, seng, dan lain-lain. Limbah domestik sebagai penyumbang pencemaran sungai yang terbesar adalah timbunan sampah sehingga dapat menyebabkan aliran sungai menjadi terhambat dan menimbulkan banjir.

Kalimantan Tengah dan Kalimantan Selatan memiliki tambang emas. Sekitar 43.000 orang hidup sebagai penambang emas ilegal. Masalah dengan pertambangan emas skala kecil adalah Penggunaan merkuri untuk mengikat emas sebagai bagian dari proses produksi. Sehingga di dalam rumah para penambang emas terdapat banyak uap merkuri yang terjebak di dalam rumah. Selain itu, membakar merkuri untuk peleburan emas menjadi limbah beracun yang bocor ke dalam saluran air, yang kemudian disalurkan ke sungai. Sungai Kahayan di Kalimantan Tengah dilaporkan mencapai tingkat konsentrasi merkuri sebesar 2.260 ng/L yang merupakan jumlah lebih dari dua kali standar Indonesia untuk keseluruhan merkuri dalam air minum yang berarti konsentrasi merkuri yang ditemukan di sungai Kahayan lebih dari dua kali standar dianjurkan. Logam berat yang dilepaskan ke air dapat terakumulasi dalam ikan dan air. Dampak pertambangan terhadap lingkungan adalah penurunan produktivitas lahan, kepadatan tanah bertambah, terjadinya erosi dan sedimentasi, terjadinya gerakan tanah atau longsor, terganggunya flora dan fauna, terganggunya kesehatan masyarakat serta berdampak terhadap perubahan iklim mikro. Sedangkan dampak pasca tambang yang terjadi adalah, perubahan morfologi dan topografi lahan, perubahan bentang alam (bentuk bentang alam pada lahan bekas tambang biasanya tidak teratur, menimbulkan lubang-lubang terjal, gundukan tanah bekas timbunan alat berat), lahan menjadi tidak produktif dan rawan potensi longsor. Dampak besar

yang terjadi dari usaha/ kegiatan pertambangan adalah perubahan bentang alam.

4.4. Masalah Lingkungan Hidup Alami

Masalah lingkungan hidup alami berasal dari peristiwa alam yang sering terjadi seperti gempa bumi, tsunami, letusan gunung merapi, banjir, tanah longsor, badai, angin puting beliung, kekeringan, kebakaran hutan dan lahan, abrasi pantai dan lain-lain.

Gempa bumi adalah getaran atau guncangan atau gerakan bergelombang yang terjadi di permukaan bumi yang disebabkan oleh tumbukan antar lempeng bumi, patahan aktif (aktivitas sesar), aktivitas gunung api atau runtuhnya batuan. Gempa bumi mengakibatkan kerusakan lingkungan seperti perubahan struktur tanah dan batuan, kerusakan bangunan, tsunami, tanah longsor, degradasi lahan dan kerusakan bentang alam, pencemaran udara, krisis air bersih, dan jatuhnya korban (manusia, hewan maupun tumbuhan).

Tsunami berasal dari bahasa Jepang yang berarti gelombang ombak lautan ("tsu" berarti lautan, "nami" berarti gelombang ombak). Tsunami adalah serangkaian gelombang ombak laut raksasa yang timbul karena adanya pergeseran di dasar laut akibat gempa bumi. Rangkaian gelombang laut yang mampu menjalar dengan kecepatan mencapai lebih dari 900 km/jam atau lebih. Kerusakan lingkungan yang diakibatkan oleh tsunami bisa di dalam laut maupun di sekitar pantai seperti rusaknya terumbu karang dan lamun, kerusakan fisik di sekitar pantai dan juga jatuhnya korban manusia.

Letusan gunung merapi merupakan bagian dari aktivitas vulkanik yang dikenal dengan istilah "erupsi". Bahaya letusan gunung api dapat berupa awan panas, lontaran material (pijar), hujan abu lebat, aliran lava, gas racun, tsunami, lahar letusan, dan banjir lahar. Akibat letusan gunung merapi ini dapat menyebabkan kerusakan di lahan pertanian, hutan, lahan perkebunan hingga di areal pemukiman penduduk dan juga sumber air bersih. Gas yang mengandung racun yang dikeluarkan oleh letusan tersebut dapat mengancam keselamatan baik keselamatan manusia, hewan maupun tumbuhan di sekitarnya.

Banjir adalah peristiwa atau keadaan di mana terendamnya suatu daerah atau daratan karena volume air yang meningkat. Air menggenangi suatu wilayah

yang biasanya tidak digenangi air dalam jangka waktu tertentu. Curah hujan yang semakin tinggi mengakibatkan meluapnya air sungai, danau, laut ataupun drainase yang jumlah airnya melebihi daya tampung media penopang air. Kerusakan lingkungan akibat banjir mulai dari kerusakan fisik, air bersih menjadi terkontaminasi, pencemaran lingkungan, penyebaran penyakit, membunuh tumbuhan dan hewan yang tidak tahan air, dan biasanya terjadi bencana susulan seperti longsor yang mengakibatkan korban jiwa. Banjir bandang adalah banjir yang datang secara tiba-tiba dengan debit air yang besar yang disebabkan terbendungnya aliran sungai pada alur sungai.

Tanah longsor merupakan salah satu jenis gerakan massa tanah atau batuan, ataupun percampuran keduanya, menuruni atau keluar lereng akibat terganggunya kestabilan tanah atau batuan penyusun lereng. Bencana ini seringkali terjadi akibat dipicu dari kombinasi curah hujan yang tinggi, tanah yang kurang padat dan tebal, lereng terjal, berkurang tutupan vegetasi, terjadinya pengikisan, dan getaran. Material longsor dapat menimbun apa saja yang berada di jalur longsor. Kejadiannya berlangsung secara cepat sehingga terbatasnya waktu melakukan evakuasi mandiri. Tanah longsor dapat mengakibatkan kerusakan lingkungan seperti kerusakan bangunan, kerusakan lahan pertanian dan perkebunan, memutuskan jalur transportasi, krisis air bersih hingga jatuhnya korban.

Angin puting beliung adalah angin kencang yang datang secara tiba-tiba, mempunyai pusat, bergerak melingkar menyerupai spiral dengan kecepatan 40-50 km/jam hingga menyentuh permukaan bumi dan akan hilang dalam waktu singkat (3-5 menit). Bencana puting beliung sebagai akibat dari peristiwa hidrometeorologis meningkat intensitas kejadiannya pada masa peralihan musim yang menjadi bagian dari proses pertumbuhan awan hujan cumulus nimbus yang terbentuk akibat pemanasan intensif. Beberapa akibat bencana puting beliung yaitu mengakibatkan kerusakan bangunan, sarana dan prasana, serta juga mengakibatkan kerusakan lingkungan seperti pohon tumbang, areal pertanian yang dilewati angin tersebut.

Kekeringan adalah ketersediaan air yang jauh di bawah kebutuhan air untuk kebutuhan hidup, pertanian, kegiatan ekonomi dan lingkungan. Kondisi kurangnya pasokan air dari curah hujan dalam jangka waktu tertentu, biasanya satu musim atau lebih yang mengakibatkan kekurangan air pada beberapa sektor kegiatan, kelompok atau lingkungan. Adapun yang dimaksud kekeringan di bidang pertanian adalah kekeringan yang terjadi di lahan pertanian yang ada tanaman (padi, jagung, kedelai dan lain-lain) yang sedang

dibudidayakan. Kekeringan dapat menimbulkan kerusakan lingkungan seperti kerusakan lahan pertanian dan perkebunan, menurunnya kualitas tanah hingga menyebabkan matinya organisme.

Kebakaran adalah situasi di mana bangunan pada suatu tempat seperti rumah pemukiman, pabrik, pasar, gedung dan lain-lain dilanda api yang menimbulkan korban dan atau kerugian. Kebakaran hutan dan lahan adalah suatu keadaan di mana hutan dan lahan dilanda api sehingga mengakibatkan kerusakan hutan dan lahan yang menimbulkan kerugian ekonomis dan atau nilai lingkungan. Kebakaran hutan dan lahan seringkali menyebabkan bencana asap yang dapat mengganggu aktivitas dan kesehatan masyarakat sekitar.

Abrasi adalah proses pengikisan pantai oleh tenaga gelombang laut dan arus laut yang bersifat merusak. Abrasi biasanya disebut juga erosi pantai. Kerusakan garis pantai akibat abrasi ini dipicu oleh terganggunya keseimbangan alam daerah pantai tersebut. Walaupun abrasi bisa disebabkan oleh gejala alami, namun manusia sering disebut sebagai penyebab utama abrasi.

Bab 5

Sumber Daya Alam yang Dapat Diperbarui

5.1 Pengertian Sumber Daya Alam

Sumber daya alam adalah semua benda atau bahan yang dipergunakan manusia yang bersumber dari bumi yang dapat bermanfaat serta memiliki nilai. Jadi jika benda yang tersedia tidak diketahui kegunaannya sehingga tidak memiliki nilai belum dapat dikatakan sumber daya Alam, sebaliknya sesuatu yang berguna namun ketersediaannya sedikit dapat dikatakan tidak memiliki nilai. Dapat dikatakan sumber daya alam (SDA) jika memenuhi syarat berikut: 1). Tersedia 2). Dapat diperoleh 3.) berguna/ada nilai.

Arti sumber daya alam akan jelas jika tinjau menurut jenisnya. Menurut wujud fisiknya sumber daya alam dapat dilihat dalam 4 klasifikasi:

1. Sumber daya lahan
2. Sumber daya hutan
3. Sumber daya air
4. Sumber daya mineral.

Sementara berdasarkan proses pemulihan sumber daya alam dapat diklasifikasi menjadi 3 yaitu: (Manik 2018)

1. Sumber daya alam yang dapat dipulihkan atau diperbarui (renewable resources). Sumber daya alam dapat diperbaiki jika terjadi kerusakan baik secara alami atau oleh manusia. Bila ketersediaan sumber daya ini habis maka akan dapat diperbarui dalam waktu yang tidak terlalu lama, misalnya: tanah, air, hutan, tumbuhan, hewan
2. Sumber daya alam yang dapat diganti atau dapat diperbarui dan dipelihara (non renewable resources). Pemanfaatan sumber daya alam ini hanya sekali pakai dalam artian sekali digunakan langsung habis Untuk menggunakannya kembali membutuhkan waktu yang lama misalnya: tambang batu bara, minyak bumi, gas alam, bijih besi, bauksit dan emas.
3. Sumber daya alam yang tidak akan habis (continuous /sustainable resources). Sumber daya alam ini walau digunakan secara terus-menerus tidak akan habis karena keberadaannya selalu tersedia secara alami dan dapat digunakan oleh manusia dan makhluk hidup lain dengan cara teknologi, misalnya: energi matahari, angin pasang surut air laut, gelombang laut dan air terjun.

5.2 Berbagai Sumber Daya Alam yang dapat Diperbarui

Sumber daya alam yang dapat diperbarui adalah segala energi yang jumlahnya tak terhingga dan tidak pernah akan habis. Berikut sumber daya alam yang dapat diperbarui. Sumber daya alam yang tidak dapat diperbarui dijelaskan di pembahasan berikutnya. Contoh sumber daya alam yang dapat diperbarui yaitu: air, udara, tanah, hewan, biomassa, tumbuhan, dan mutiara. Untuk jelasnya dapat diuraikan dibawah ini:

5.2.1 Air

Air adalah merupakan kebutuhan utama bagi makhluk hidup, karena seluruh makhluk hidup memerlukan air untuk kehidupannya. Air perlu dijaga kelestariannya dengan menjaga kebersihan air serta menggunakan air dengan seperlunya. Disamping untuk kehidupan air juga dapat dijadikan sebagai sumber energi alternatif misalnya untuk pembangkit listrik. Energi dari air dapat digunakan secara terus-menerus sehingga air dikatakan sebagai sumber daya alam yang dapat diperbarui. Contoh dari air ini adalah air laut, air sungai dan air danau.

Sebenarnya sudah lama diketahui bahwa air sudah dijadikan sebagai sumber energi pembangkit listrik. Di Amerika Serikat sudah memanfaatkan tenaga air sebagai pembangkit listrik. Tenaga air dapat menghasilkan energi mekanik dari air yang mengalir sehingga terbentuk energi listrik. Aliran sungai yang dijadikan sebagai pembangkit listrik yaitu dengan cara memutar turbin untuk menyalakan generator sehingga dihasilkan energi listrik.



Gambar 5.1: Air sebagai sumber Energi

(<https://hot.liputan6.com/read/4285507/12-macam-macam-sumber-daya-alam-yang-dapat-diperbaharui>)

5.2.2 Udara

Udara merupakan campuran dari beberapa macam gas yang tidak berwarna, tidak berbau dan tersebar di ruang bumi. Udara sebagai contoh sumber daya alam yang dapat diperbarui dapat bermanfaat untuk bernafas, membantu penyerbukan bunga, dan tenaga gerak.

Udara menjadi energi terbarukan dikarenakan matahari yang menjadi sumber pemanas bumi yang tidak merata menjadi penyebab angin bertiup. Jadi matahari lah yang menjadi sumber utama energi. Partikel udara memiliki energi kinetik yang dapat menggerakkan turbin angin sehingga terbentuk energi listrik.

Udara dapat diperbarui secara alami. Gas campuran udara misalnya gas karbon dioksida (CO_2) dan oksigen (O_2). Karbon dioksida dapat diubah oleh adanya ketersediaan tanaman menjadi oksigen (O_2) yang dibutuhkan manusia dan hewan untuk pernapasan, sebaliknya manusia dan hewan menghasilkan karbon dioksida yang dibutuhkan oleh tanaman untuk fotosintesis.

5.2.3 Tanah

Tanah memiliki peran yang cukup penting bagi semua elemen kehidupan di bumi, karena pada dasarnya tanah menjadi pendukung kehidupan di bumi terutama tumbuhan.

Unsur hara dan juga air yang di dalam tanah menjadi faktor tumbuhnya tumbuhan. Selain itu juga sebagai penopang akar, juga sebagai habitat beberapa spesies hewan.

Tanah sebagai sumber daya alam yang dapat diperbarui meskipun digunakan berkali-kali seperti digunakan sebagai media tanam. Asalkan manusia menjaga kesuburan dari tanah tersebut dengan pengolahan tanah yang tepat.

Selain digunakan sebagai media utama dalam bercocok tanam, tanah juga sering digunakan untuk bahan pemerataan lahan dan juga sebuah bangunan.

Tanah perlu dijaga bukan hanya menjadi tempat tinggal atau untuk dibangun bangunan. Tanah bisa dikelola tetapi tetap dipelihara dengan sesuai fungsinya agar tanah tersebut tetap lestari. Seperti menanam dengan berbagai macam tumbuhan.

Tanah merupakan sumber daya alam yang dapat mengembangkan diri sendiri. Tanah memiliki kuantitas yang tidak terhingga. Tanah dapat berfungsi untuk pertanian, perkebunan dan pembangunan.

Terkadang tanah sebagai sumber daya alam yang dapat diperbarui dijadikan sebagai alat masak. Ada juga yang dijadikan sebagai pengganti minyak misalnya untuk menggoreng kerupuk. Tanah juga dapat dimanfaatkan sebagai tempat tidur karena dianggap nyaman dan sehat.

5.2.4 Hewan

Hewan adalah merupakan sumber daya alam yang dapat diperbarui. Golongan hewan yang dapat diperbarui yaitu berupa hewan darat yang tempat hidupnya berada di darat dan hewan air yang tempat hidupnya juga berada di air.

Hewan bisa menjadi sumber pangan bagi manusia. Namun bila dieksploitasi secara berlebihan tanpa pelestarian hewan akan mengalami kepunahan.

Sebagaimana tumbuhan, hewan daratpun dapat berkembangbiak sendiri atau dikembangbiakan oleh manusia. Hewan darat merupakan makhluk hidup yang adanya sangat dibutuhkan untuk menunjang kehidupan manusia. Hewan darat dapat menjadi sumber bahan pangan.

Hewan air adanya hampir sama pentingnya dengan hewan darat. Hewan air dapat juga sangat dibutuhkan untuk keperluan kebutuhan pangan makhluk hidup seperti manusia.



Gambar 5.2: Hewan Darat



Gambar 5.3: Hewan Air

5.2.5 Biomassa

Biomassa adalah energi sisa makhluk hidup yang sudah mati atau sampah organik tetapi bahan sisa masih dapat digunakan oleh manusia. Biomassa termasuk serbuk gergaji kayu dan residu kulit yang digunakan kembali dalam pembuatan *furniture*. Selain itu rumput rumput kering yang tersisa juga digunakan sebagai energi alternatif untuk menggantikan bahan bakar dari gas alam, yaitu biogas.



Gambar 5.4: Biomassa

5.2.6 Tumbuhan

Sumber daya alam tumbuhan dapat dibagi menjadi sumber daya alam biotik dan abiotik. Sumber daya alam biotik dan abiotik sangat berpotensi tinggi sebagaimana sumber daya alam udara. Keberadaannya dapat digunakan oleh manusia serta makhluk hidup lainnya untuk kelangsungan hidup. Tumbuhan dikatakan sebagai sumber daya alam yang dapat diperbaharui karena tumbuhan dapat berkembang dan tumbuh. Tumbuhan sebagaimana hewan perlu juga dijaga kelestariannya. Sebagai sumber daya alam yang dapat diperbarui tumbuhan mempunyai cara perkembangannya yaitu secara alami dan dengan campur tangan manusia. Tumbuhan paling sederhana digunakan sebagai sumber pangan. Pemanfaatannya lainnya adalah pembuatan kertas dan perabot rumah tangga.

Jenis sumber daya alam tumbuhan dapat dibagi menjadi 3 kategori yaitu: hutan, lahan perkebunan dan lahan pertanian.

1. Hutan

Keanekaragaman hayati yang dimiliki hutan dapat berpotensi di berbagai bidang. Tumbuhan dan pohon yang berada di hutan sangat subur, hal ini karena banyaknya unsur hara yang terkandung di dalam hutan, terutama banyaknya bahan-bahan organik ditempat itu. Hutan juga menjadi tempat berlindungnya binatang yang tinggal. Disamping itu juga untuk mencari sumber makanan bagi kehidupan mereka

Pohon dan tanaman hutan menjadi sangat penting karena dapat merubah Gas karbon dioksida (CO_2) yang berbahaya menjadi oksigen untuk makhluk hidup lainnya seperti manusia dan hewan melalui proses fotosintesis menghasilkan oksigen (O_2) untuk pernapasan.

Disamping itu potensi hutan lainya yaitu berupa kayu dan non kayu. Hasil hutan kayu bisa didapatkan dari kayu yang dapat dimanfaatkan. Sementara potensi untuk sumber daya alam non kayu berupa getah, madu dan rotan.

2. Pertanian.

Tanaman jagung, padi, kedelai, kacang hijau serta sayur-sayuran sebaiknya ditanam di lahan pertanian. Tanaman ini cocok untuk di dataran rendah. Tetapi bisa juga di dataran tinggi dengan teknik terasering. Hal ini untuk mengantisipasi terjadinya erosi disaat hujan turun.

Ketersediaan pupuk, pemilihan bibit unggul, irigasi yang baik sangat dibutuhkan di bidang pertanian. Hal ini dengan tujuan agar terhindar dari apa yang ditakutkan petani yaitu "gagal panen". Keinginan petani untuk memperoleh hasil pertanian yang melimpah dan berkualitas dapat dinikmati serta bisa diekspor ke berbagai Negara.

3. Perkebunan.

Kopi, teh, kelapa sawit dan buah-buahan adalah jenis tanaman tahunan. Tanaman ini sebaiknya ditanam di lahan perkebunan. Tanaman yang ditanam lahan perkebunan harus disesuaikan dengan

keadaan lahan, misalnya untuk tanaman teh harus di dataran tinggi sementara untuk tanaman tebu di dataran rendah.

5.2.7 Mutiara

Mutiara tergolong dalam sumber daya alam yang dapat diperbarui. Yang memproduksi mutiara adalah jenis hewan berbadan lunak, berbentuk kerang. Mutiara sendiri adalah merupakan benda keras berbentuk bulat dengan warna putih jernih.

Mutiara menjadi salah sumber daya alam yang dapat diperbarui dengan cara membudidayakan kerang mutiara. Pembudidayaan ini dilakukan oleh peternak mutiara dengan tujuan untuk memperoleh mutiara. Mutiara dapat dibuat sebagai bahan perhiasan sehingga dapat memiliki nilai jual yang tinggi.

Pembudidayaan kerang mutiara adalah merupakan pekerjaan yang mudah untuk melakukannya. Saat ini kebutuhan untuk mutiara sangat tinggi karena adanya nilai jual yang tinggi dipasaran. Olehnya budidaya kerang mutiara menjadi sektor bisnis perairan karena adanya keuntungan yang berlipat ganda bagi pelaku. Jenis Cangkang yang dimiliki oleh kerang jenisnya sangat keras karena bahannya terbentuk dari zat kapur yang asalnya dari epitel luar. Dari cangkang inilah mutiara berasal dengan dilindungi oleh cangkang yang bentuknya sangat keras sehingga bentuk mutiara menjadi indah.



Gambar 5.5: Kerang Mutiara (<https://trikmerawat.com/budidaya-kerang-mutiara/>)

Terbentuknya mutiara diawali masuknya iritanti atau benda padat berupa pasir laut pada cangkang dan mantel kerang, setelah itu terbungkus oleh nacre

sehingga terbentuklah mutiara yang memiliki nilai tinggi. Proses secara alami terbentuknya mutiara membutuhkan waktu yang lama hingga bertahun-tahun. Adapun proses terbentuknya mutiara dengan cepat yaitu dapat dilakukan dengan proses rekayasa di mana dibutuhkan campur tangan manusia sehingga proses lebih cepat.

Disamping memiliki nilai jual yang tinggi, dan bentuknya yang menarik, kerang mutiara juga memiliki beberapa keunikan seperti berikut ini:

1. Mutiara berbeda dengan permata lainnya yang terbentuk dari alam, sementara mutiara adalah permata yang terbentuk dari makhluk hidup. Mutiara adalah yang pada dianggap telur kerang yang terbentuk dalam cangkang kerang.
2. Pada umumnya setelah mutiara dipanen maka kerangnya akan mati. Tp ini tidak berlaku untuk semua, karena setelah panen masih ada kerang yang tetap hidup, misalnya mutiara hasil budidaya yang di panen dari moluska dapat dibudidayakan atau ditanam kembali dan diperoleh mutiara lagi.
3. Tiram adalah bahan dasar dari mutiara air asin, sedangkan kerang merupakan bahan dasar mutiara air tawar
4. Pembudidayaan mutiara harus memperhatikan lokasi terutama bebas dari bencana banjir, polusi air dan fenomena lainnya. Hal ini dilakukan agar tingkat kegagalan panen dapat dihindari.
5. Warna mutiara bersumber dari unsur-unsur pada kerang asalnya. Warna yang dihasilkan berupa warna emas, putih gading, merah muda, ungu hingga hitam.
6. Antara satu mutiara dengan mutiara lainnya berbeda, tiap mutiara mempunyai keunikan atau ciri khas tersendiri.
7. Ada lima jenis kerang yang menghasilkan mutiara paling baik
 - a. *Pinctada maxima* adalah jenis kerang yang berdiameter besar, sehingga lebih banyak yang membudidayakan jenis mutiara ini. Mutiara ini untuk memperoleh makanannya dengan cara disaring karena tidak mempunyai granula, memiliki dua cangkang dan masuk dalam kelompok *bivalvia*.

- b. *Pinctada Margaritifera* menjadi mutiara primadona di negara-negara Pasifik Selatan karena merupakan mutiara yang paling baik. Warna yang dihasilkan dari mutiara ini adalah warna krem hingga hitam, di mana warna hitam yang lebih banyak diminati dan dicari walau diameternya jika dibandingkan dengan cangkang *pinctada maxima* lebih kecil.
- c. *Pinctada Fucata* merupakan jenis kerang yang paling banyak dibudidayakan di Jepang. *Pinctada Fucata* memiliki cangkang dengan panjang yang lebih sedikit besar. *Pinctada Fucata* adalah kerang yang pembudidayaanya lebih banyak di Jepang. Jenis kerang ini mempunyai cangkang yang panjang.
- d. *Pteria Penguin*, kurang pembudidayaanya dibanding *Pinctada fucata* biasanya hanya untuk kalangan tertentu, karena kerang ini tidak ada mutiara yang dihasilkan yang berbentuk bulat.
- e. Jenis-jenis *plankton* yang ada dalam air tawar merupakan makanan dari kerang mutiara yang hidup di air tawar. Kerang mutiara hidup dengan cara menempel pada substrat.

Tingginya harga jual mutiara mendorong petani mutiara untuk membudidayakan mutiara. Budidaya mutiara dapat dilakukan di air laut dan air tawar. Akan tetapi jika dibandingkan dari segi kualitas mutiara yang dibudidaya di air laut lebih baik daripada di air tawar. Sehingga harganya juga lebih mahal yang budidaya di air laut daripada kerang mutiara di air tawar.

Bab 6

Sumber Daya Alam yang Tak dapat Diperbaharui

6.1 Sumber daya Alam

Sumber daya alam adalah bahan-bahan atau segala sesuatu yang manusia peroleh dari alam atau lingkungan. Dikenal ada dua jenis Sumber daya alam, pertama adalah Sumber daya yang alam yang dapat diperbaharui (renewable natural resoucers). Disebut dapat diperbaharui karena Sumber daya alam tersebut dapat diperoleh kembali dengan laju yang hampir sama dengan penggunaannya. Tanaman dan hewan adalah contoh Sumber daya alam yang dapat diperbaharui. Manusia memanfaatkan tanaman sebagai sumber pangan dan bahan baku berbagai produk rumah tangga dan industri. Tanaman yang telah dipanen atau digunakan, akan dapat tumbuh kembali dari biji dan tunas mudanya. Hewan adalah contoh lain dari Sumber daya alam yang juga dapat diperbaharui. Udara dan air adalah Sumber daya alam lainnya yang juga dapat diperbahui. Udara dan air tidak berkembangbiak seperti halnya tanaman dan hewan, tetapi selalu dapat diperoleh kembali. Sumber daya alam tersebut bergerak dalam suatu siklus, yang bergerak dari suatu tempat ke tempat yang lain, dan kembali ke keadaan semula. Hal ini adalah penting karena semua makhluk hidup membutuhkan udara dan air. Sumber daya alam yang dapat diperbaharui lainnya adalah energi matahari dan angin.

Jenis kedua yaitu Sumber daya alam yang tidak dapat diperbaharui (nonrenewable natural resources). Sumber daya alam ini terdapat di bumi, dalam jumlah tertentu dan terbatas. Sumber daya alam yang tidak dapat diperbaharui umumnya bukan makhluk hidup, dan kadang-kadang sulit untuk mendapatkannya. Sumber daya alam yang tidak dapat diperbaharui adalah Sumber daya yang jika dipakai terus menerus akan habis dan tidak dapat diusahakan kembali keberadaannya. Manusia tidak bisa membuat atau memperbanyak keberadaan Sumber daya alam jenis ini, baik secara langsung maupun tidak langsung.

Jadi Sumber daya yang tidak diperbaharui mengacu kepada Sumber daya alam yang ditemukan di bumi, di mana apabila dikonsumsi tidak dapat diisi ulang kembali dengan laju yang sama saat digunakan. Sumber daya ini biasanya membutuhkan jutaan tahun untuk dapat diperoleh kembali. Contoh utama Sumber daya alam yang tidak dapat diperbaharui adalah bahan bakar minyak bumi, batu bara dan gas alam, yang secara terus-menerus dan terus bertambah digunakan oleh manusia untuk menghasilkan energi. Bahan-bahan tersebut yang diambil terus-menerus dari bumi, suatu saat akan habis, di mana seperti sekarang ini cendangannya sudah mulai berkurang. Berdasarkan kondisi diatas, manusia diharapkan memanfaatkan Sumber daya alam jenis ini secara cermat, hemat, dan menjaga kelestariannya.

6.2 Sumber daya Alam Tak Terbarukan

Sumber daya alam tak terbarukan juga dikenal sebagai Sumber daya yang terbatas jumlahnya, yaitu Sumber daya alam yang tidak memperbaharui dirinya sendiri pada tingkat yang cukup untuk diperoleh kembali (Wikipedia, 2013). Tidak terbarukan juga dapat disebut sebagai sesuatu yang tidak dapat digunakan selamanya, seperti air dan angin, dan suatu saat akan habis. Sumber daya ini ditemukan di dalam tanah/bumi. Sumber daya ini kadang-kadang sulit untuk ditemukan. tidak dapat tumbuh kembali seperti makhluk hidup, dan tidak dapat digantikan atau diperbarui.

Sumber daya tak terbarukan secara umum dapat dipisahkan dalam dua kategori utama; termasuk; i) bahan bakar fosil dan ii) bahan bakar nuklir. Bahan bakar fosil adalah Sumber daya tak terbarukan yang tidak dapat diperbaharui yang tidak dapat diisi ulang dalam waktu singkat. Bahan bakar fosil berasal dari bahan organik yang telah terperangkap di antara lapisan

sedimen di dalam bumi selama jutaan tahun. Bahan organik ini, adalah tumbuhan yang telah membusuk dan terkompresi dalam waktu yang sangat lama, dan menghasilkan apa yang dikenal sebagai endapan bahan bakar fosil. Endapan ini, dan bahan yang dihasilkan dari proses ini, cenderung sangat mudah terbakar, sehingga menjadikannya sumber energi yang ideal. Bahan bakar fosil sulit diperoleh karena harus diambil melalui pengeboran atau penambangan.

Contoh-contoh bahan bakar fosil yang termasuk kategori sumber daya alam yang tak dapat diperbaharui adalah:

1. Minyak Bumi/Petroleum

Minyak bumi adalah contoh Sumber daya tak terbarukan yang dikategorikan sebagai bahan bakar fosil yang menumpuk dalam bentuk cair di antara lapisan kerak bumi. Miliaran meter kubik minyak bumi dan turunannya digunakan setiap tahun, tetapi Sumber daya alam ini membutuhkan waktu jutaan tahun untuk dapat digantikan. Minyak bumi telah habis jauh lebih cepat daripada yang diproduksi. Saat kita menggunakan minyak dari bumi, maka minyak itu akan hilang. Minyak bumi adalah bahan bakar yang serbaguna dan digunakan bahan baku untuk pembuatan bensin dan bahan bakar lainnya, seperti minyak pemanas, bensin, solar, bahan bakar jet dan lain-lain. Negara-negara penghasil minyak bumi terbesar adalah Rusia, Arab Saudi, dan Amerika Serikat.

Sekitar separuh dari minyak bumi di dunia diubah menjadi bahan bakar. Sisanya diproses dan digunakan sebagai bahan baku untuk produksi bahan lainnya seperti cat kuku dan bahan pembersih, atau produk-produk padat seperti pipa air, sepatu, krayon, bahan bangunan, kapsul vitamin, dan ribuan produk turunan lainnya.

Penggunaan bensin berlebihan sebagai bahan bakar adalah berbahaya bagi lingkungan. Proses pembakaran menghasilkan gas dan asap berbahaya ke udara yang kita hirup. Ada juga kemungkinan tumpahan minyak pada proses pengeboran, di mana minyak dalam jumlah besar dapat meledak keluar dari sumur, dan tumpah tak terkendali ke laut atau daratan sekitarnya. Tumpahan minyak adalah bencana lingkungan, terutama tumpahan minyak lepas pantai.

Minyak yang mengapung terlihat seperti makanan bagi ikan dan burung, sehingga dapat mematikan hewan-hewan tersebut (Ramana, 2001).

2. Batubara

Batu bara juga merupakan contoh Sumber daya alam tak terbarukan yang dikategorikan sebagai bahan bakar fosil. Batubara terbentuk dari bahan-bahan organik yang terkompresi, menjadi padat seperti batu. Sedimen batuan batubara berwarna hitam atau hitam kecoklatan dan mudah terbakar. Batubara terbentuk dari materi tanaman mati yang telah terkubur di bawah tanah selama ratusan juta tahun. Batubara dapat diambil dan digunakan sebagai bahan bakar melalui metode penambangan yang berbeda. Ada dua cara untuk menambang batubara; penambangan bawah tanah (*underground mining*) dan penambangan permukaan (*surface mining*). Penambangan bawah tanah dilakukan apabila sumber batubara jauh dibawah permukaan bumi, dapat mencapai kedalaman 300 meter atau lebih. Para penambang menggunakan lift untuk turun dan mengoperasikan mesin-mesin berat untuk memecah batuan dibawah permukaan bumi dan membawanya ke permukaan. Pekerjaan ini bisa sangat berbahaya, karena memecah batuan bawah tanah dapat mengakibatkan terlepasnya gas-gas yang berbahaya. Gas-gas tersebut dapat menyebabkan ledakan atau membuat penambang sulit bernapas. Penambangan permukaan digunakan ketika batu bara terletak sangat dekat dengan permukaan bumi (Khare, 2013)

Batubara adalah sumber energi yang serbaguna dan sangat diandalkan, sebagai bahan baku untuk penyediaan bahan bakar dan listrik. Selain sebagai bahan bakar, pemakaian batubara juga diperoleh produk samping yang berharga. Produk-produk samping ini digunakan sebagai bahan pembuatan semen, plastik, jalan raya, dan lainnya



Gambar 6.1: Batubara Adalah Sumber daya Alam yang Tak Dapat Diperbaharui (<http://apbi-icma.org>)

Batu bara juga digunakan sebagai pemanas rumah di negara-negara beriklim dingin, dan sebagai bahan bakar pada pembangkit listrik tenaga uap. Cina adalah negara yang memproduksi batubara paling banyak di dunia. Menurut *Statistical Review of World Energy 2011*, China memproduksi sekitar 48,3% (3.240 juta ton) batu bara dunia pada tahun 2010, disusul oleh Amerika Serikat yang memproduksi 14,8%.

Dari semua bahan bakar fosil, batubara memiliki kandungan karbon tertinggi. Hal ini berarti pembakaran batubara menghasilkan emisi gas rumah kaca paling banyak, sehingga memiliki efek negatif pada lingkungan dan berkontribusi pada pemanasan global. Senyawa karbon bukanlah satu-satunya polutan yang dihasilkan batubara. Ketika dibakar, batubara melepaskan sejumlah polutan dan gas-gas beracun, termasuk sulfat dan nitrogen. Zat-zat berbahaya ini dapat mencemari perairan, menyebabkan kabut asap di atmosfer, dan hujan asam.

3. Gas Alam

Kandungan terbesar dari gas alam adalah metana. Bahan yang membusuk di tempat pembuangan sampah juga melepaskan gas metana. Gas alam terdapat dalam deposit beberapa ratus meter dibawah permukaan tanah. Sehingga untuk mendapatkan gas alam

dari dalam tanah, perlu dilakukan pengeboran dan proses pemisahan dengan teknologi tinggi.

Untuk mendapatkan gas alam, dilakukan proses yang disebut "rekahan hidrolika," atau fracking. Kata hidrolika berarti air, dan fracking berarti membelah. Jadi proses ini adalah menggunakan air bertekanan tinggi untuk membelah bebatuan dibawah tanah. Tujuannya adalah melepaskan gas alam yang terperangkap dalam formasi batuan. Jika batumannya terlalu keras, dilakukan injeksi asam ke dalam sumur untuk melarutkan batuan tersebut. Kita menggunakan gas alam untuk pemanasan, memasak dan dibakar untuk menghasilkan listrik. Gas alam ditransportasikan dalam bentuk cair, yang disebut gas alam cair (LNG). LNG sebagai bahan bakar, jauh lebih bersih daripada bahan bakar fosil lainnya.

Gas alam relatif murah untuk diproduksi dan merupakan bahan bakar fosil yang lebih bersih daripada minyak bumi atau batu bara. Ketika dibakar, gas alam hanya melepaskan karbon dioksida dan uap air, tentu lebih sehat daripada membakar batu bara. Namun pengeboran gas alam dapat menyebabkan masalah lingkungan. Perekahan atau pemecahan batuan di bawah tanah dapat menyebabkan gempa bumi. Air bertekanan tinggi dan bahan kimia yang diinjeksikan di bawah tanah, juga dapat menyebabkan sumber air terkontaminasi dan tidak aman (Vazhayil, 2010).

4. Uranium

Bahan yang paling sering digunakan dalam pembangkit listrik tenaga nuklir adalah unsur uranium. Pembangkit listrik tenaga nuklir biasanya menggunakan jenis uranium yang sangat langka, U-235. Uranium adalah sumber daya alam yang tidak terbarukan.

Energi nuklir adalah cara populer untuk menghasilkan listrik dalam kuantitas besar. Pembangkit listrik tenaga nuklir tidak mencemari udara atau mengeluarkan gas rumah kaca. Namun, energi nuklir menghasilkan bahan buangan bersifat radioaktif. Limbah radioaktif ini bisa sangat beracun, yang dapat menyebabkan luka bakar dan

meningkatkan risiko kanker, penyakit darah, dan kerusakan tulang apabila terpapar.

5. Bijih Logam (Metal ores)

Bijih logam adalah contoh lain dari sumber daya yang tidak terbarukan. Logam-logam sebenarnya terdapat dalam jumlah besar di kerak bumi yang tidak akan pernah habis, dan terus menerus dikonsentrasikan dalam skala waktu jutaan tahun. Namun demikian, endapan bijih logam yang terlokalisasi didekat permukaan yang dapat diekstraksi secara ekonomis oleh manusia adalah tidak dapat diperbaharui dalam jangka waktu hidup manusia, tetapi pada skala dunia bijih logam secara keseluruhan tidak dapat habis, karena jumlah yang akhirnya tersedia jauh melebihi permintaan manusia.

Dengan kata lain, bijih logam tidak dapat diperbarui, tetapi umumnya tidak akan habis seperti halnya cadangan bahan bakar fosil. Dalam hal ini, bijih logam dianggap jauh lebih besar persediaannya daripada bahan bakar fosil, karena bijih logam dibentuk oleh proses skala kerak yang membentuk bagian yang jauh lebih besar dari lingkungan dekat permukaan bumi.

Bijih besi adalah salah satu unsur logam yang paling umum terdapat di seluruh planet bumi, yang membentuk sebagian besar inti luar dan dalam Bumi. Bijih besi terdapat dalam jumlah yang sangat besar di kerak bumi, Bijih logam ini diperoleh melalui proses penambangan dan pemurnian. Senyawa kimia besi, yang meliputi senyawa besi dan feri, memiliki banyak kegunaan. Besi oksida yang dicampur dengan bubuk aluminium dapat dinyalakan untuk menciptakan reaksi termit, yang digunakan dalam pengelasan dan pemurnian bijih logam. Zat besi memainkan peran penting dalam sistem biologi makhluk hidup, sirkulasi darah, dan ditemukan dalam makanan dan sayuran tertentu (Barbier, 2005). Beberapa contoh bijih logam yang terdapat dalam kerak bumi adalah logam tembaga, emas, perak, aluminium dan lain-lain.

6.3 Isu-Isu Terkait Sumber daya Tak Terbarukan

Penggunaan bahan bakar fosil sebagai sumber energi utama, yang sifatnya tidak terbarukan, menyebabkan peningkatan pemanasan global akibat dari pelepasan gas karbondioksida ke lingkungan. Selain itu bahan bakar fosil, adalah Sumber daya alam yang terbatas jumlahnya, dan tidak dapat diperbarui dalam waktu singkat. Sehingga sangat perlu dilestarikan untuk generasi berikutnya.

6.3.1 Kelangkaan Sumber daya Alam Tak Terbarukan

Sumber daya alam yang tidak dapat diperbarui adalah sumber energi yang cadangannya tetap, atau membutuhkan waktu yang sangat lama regenerasinya. Sumber daya alam ini, jika digunakan terus-menerus akan cepat habis dibandingkan laju alam menghasilkannya kembali. Ketika pasokan berkurang, maka menjadi tidak ekonomis dalam penggunaannya. Proses daur ulang dan menggunakan Sumber daya terbarukan adalah alternatif untuk membantu memperpanjang pasokan yang terbatas. Inilah alasan mengapa kita harus beralih ke Sumber daya alam terbarukan.

Berikut adalah beberapa fakta kondisi Sumber daya alam tidak terbarukan, (<https://energy.gov/savings/alternative-energi-portfolio-standard>):

1. BBC melaporkan pada tahun 2014, bahwa jika dengan tingkat penggunaan energi tidak terbarukan pada tahun tersebut, dunia akan kehabisan persediaan minyak bumi dalam 40 tahun, gas dalam 50 tahun dan batu bara dalam 250 tahun.
2. Menurut laporan Administrasi Informasi Lingkungan (EIA) A.S. pada tahun 2016, sebenarnya tersedia pasokan yang gas alam yang cukup untuk bertahan selama 93 tahun dengan tingkat konsumsi tahun 2014. Namun demikian, sebagian dari jumlah ini bukanlah "sumber yang terbukti" dan eksploitasinya perlu teknologi tinggi dan tidak dapat dilakukan secara ekonomis.
3. Telegraph melaporkan bahwa dunia tidak akan kehabisan cadangan minyak dan gas, karena teknologi baru akan terus berkembang. Namun demikian untuk mendapatkannya akan semakin sulit dan

mahal. Laporan itu juga menekankan hal yang sama pentingnya adalah penggunaan sumber-sumber energi terbarukan seperti mobil listrik, bahan bakar hidrogen pada mobil untuk mengurangi permintaan dan konsumsi minyak dan gas yang persediaanya semakin terbatas (Golait, 2009)

6.3.2 Kondisi Sumber daya Energi Tak Terbarukan

Saat ini ada empat sumber energi utama yang tidak terbarukan yang paling sering digunakan. Tiga di antaranya adalah bahan bakar fosil. Bahan bakar fosil sebagian besar mengandung karbon, yang terbentuk sisa-sisa tumbuhan mati, ganggang dan plankton yang mengendap di laut atau danau, selama jutaan tahun. Sedimen yang terakumulasi ini akibat tekanan dan panas, sehingga dapat berubah menjadi bentuk padat, cair, atau gas. Proses alamiah yang terjadi di bawah permukaan ini mengubah sisa-sisa organik menjadi batu bara, minyak bumi, dan gas alam, dan ketika dibakar untuk menghasilkan energi, dan efeknya karbon yang telah terkumpul selama jutaan tahun dilepaskan dan ke lingkungan untuk menciptakan polusi (Golait, 2009).

Minyak bumi yang dieksplorasi dan disuling untuk membuat bahan bakar turunannya seperti gas, etana, propana, dan butana. Semuanya digunakan sebagai energi. Berbagai produk non-bahan bakar lainnya seperti plastik, pupuk, pestisida, dan obat-obatan juga menggunakan minyak mentah sebagai bahan utama, menurut lembaga Environment and Energy Institute (EESI). Begitu minyak diambil dari bumi, maka minyak akan hilang selamanya. Bumi hanya dapat membentuk kembali minyak tersebut hanya dalam rentang waktu geologis yang cukup lama.

Demikian juga halnya dengan batubara. Asosiasi Bara Dunia (World Coal Institute), menyatakan bahwa AS adalah produsen batu bara terbesar kedua setelah China pada tahun 2014. Batu bara menyumbang 30% energi di AS, menurut EIA *Short-Term Energy Outlook*. Penggunaan batu bara mengalami penurunan tajam 15% di AS. Penurunan ini terutama disebabkan oleh ketersediaan gas alam yang murah, dan juga disebabkan oleh peningkatan penggunaan sumber energi alternatif dari sumber terbarukan, pembangkit listrik tenaga angin dan surya, bersamaan dengan upaya untuk mengurangi emisi, karena batu bara adalah bahan bakar yang paling menyebabkan polusi dari semua bahan bakar fosil.

Uranium adalah satu-satunya sumber energi tak terbarukan yang bukan bahan bakar fosil. Uranium adalah logam umum yang ditemukan dalam jejak hampir di mana-mana, catatan *World Nuclear Association* (WNA).

Uranium digunakan dalam pembangkit energi nuklir sebagai bahan bakar untuk menghasilkan uap untuk pembangkit listrik. Menurut laporan EIA, energi nuklir menyumbang 20% dari pembangkit listrik di AS pada tahun 2016. Seperti halnya bahan bakar fosil, kandungan uranium yang diambil dari bumi, ia tidak akan pernah bisa digantikan kembali.

6.4 Dampak dari Energi Tak Terbarukan

Beberapa dampak terhadap lingkungan dan kesehatan, berkaitan dengan penggunaan energi dari Sumber daya alam tidak terbarukan, adalah:

1. Pemanasan Global

Menurut laporan EESI (Environment and Energy Institute), pembakaran bahan bakar fosil telah menyumbang tiga perempat dari emisi gas di dunia, dalam 20 tahun terakhir yang menyebabkan pemanasan global. Minyak bumi, batu bara, dan gas alam bertanggung jawab atas 42%, 32%, dan 27% emisi gas rumah kaca di AS pada tahun 2014.

Union of Concerned Scientists melaporkan bahwa, antara tahun 2014 hingga 2016 emisi global di AS relative stabil, meskipun pertumbuhan ekonomi meningkat sebesar 3%. Hal ini terjadi karena trend penggunaan batubara sebagai bahan bakar telah berkurang. Pembatasan pemakaian batubara pada tahun 2015 di AS telah menyebabkan penurunan emisi gas sebesar 2,6%. Pembakaran gas alam menghasilkan emisi yang lebih sedikit dibandingkan dengan batu bara dan minyak bumi.

2. Kesehatan

Ketika bahan bakar fosil terbakar, bahan bakar tersebut dapat melepaskan gas-gas beracun seperti; karbon monoksida, nitrogen oksida; hidrokarbon; materi-materi partikulat dan sulfur oksida ke atmosfer bumi. Polusi udara akibat pembakaran bahan bakar fosil

yang berlebihan dapat menyebabkan masalah kesehatan serius seperti; penyakit jantung, penyakit saluran pernapasan, asma dan peradangan paru, hingga dapat menyebabkan kematian. Keadaan ini sangat berdampak buruk bagi kesehatan, terutama terhadap bayi, anak-anak, dan orang tua.

3. Polusi

Penggunaan bahan bakar fosil telah menyebabkan polusi udara, hujan asam, perubahan kondisi alam yang memengaruhi kualitas udara, air, dan tanah, demikian yang ditegaskan oleh U.S. *Environmental Protection Agency* (EPA). Selain itu, eksplorasi dan pengangkutan minyak mentah, menyebabkan tumpahan minyak, mencemari perairan dan merusak lingkungan alam di sekitar daerah tumpahan dan lautan. Penambangan, yang masif dengan metode ekstraksi dari batu bara dan mineral lainnya, tidak hanya meninggalkan area yang tandus, tetapi juga lahan disekitar penambangan itu menjadi bersifat asam. Aktivitas penambangan telah meninggalkan area yang tercemar dan dapat menghambat kemampuan vegetasi baru untuk tumbuh.

Penggunaan Sumber daya alam tidak terbarukan lainnya seperti energi nuklir relatif mahal, perlu teknologi dan tingkat keselamatan yang tinggi dalam operasionalnya. Penanganan limbahnya juga merupakan masalah yang tidak mudah. Dibeberapa negara reaktor nuklir telah mengakibatkan bencana yang mengerikan, sehingga penggunaannya banyak ditentang.

Bab 7

Pencemaran Udara

7.1 Pendahuluan

Pencemaran lingkungan merupakan suatu hal yang tidak kita inginkan, namun setiap hari pencemaran ini semakin bertambah buruk sehingga membuat manusia semakin cemas akan dampaknya. Pencemaran lingkungan merupakan suatu pertanda bahwa lingkungan tersebut sudah berubah atau tidak sama dengan awalnya misalnya dengan banyaknya sampah-sampah di halaman rumah kita atau terjadinya perubahan warna air menjadi kuning dan masih banyak contoh lain yang kita rasakan pencemaran di kehidupan kita sehari-hari tanpa kita sadari. Menurut (UU NO.32, 2009), pengertian pencemaran lingkungan adalah masuk atau dimasukkannya makhluk hidup, zat, energi, dan/ atau komponen lain ke dalam lingkungan hidup oleh kegiatan manusia sehingga melampaui baku mutu lingkungan hidup yang telah ditetapkan. Manusia dan makhluk hidup lainnya melakukan berbagai kegiatan yang meninggalkan material sisa yang tidak terpakai yang disebut dengan limbah. Pembuangan limbah yang tidak melalui proses yang tepat akan mengakibatkan terjadinya pencemaran dan menjadi sumber masalah bagi kesehatan makhluk hidup (UU NO.32, 2009).

Pencemaran lingkungan terdiri dari beberapa jenis yaitu pencemaran air, pencemaran darat, dan pencemaran udara. Menurut Chambers dalam Mukono (2008), pengertian pencemaran udara adalah bertambahnya bahan atau substrat

fisik atau kimia kedalam lingkungan udara normal yang mencapai sejumlah tertentu, sehingga dapat dideteksi oleh manusia atau yang dapat dihitung dan diukur, serta dapat memberikan efek pada manusia, binatang, vegetasi dan material (Mukono, 2008). Sementara udara merupakan zat yang paling penting setelah air dalam kehidupan kita. Apabila pencemaran udara ini dibiarkan dan tidak ditangani dengan serius maka akan mengakibatkan dampak negative seperti pemanasan global, gangguan kesehatan, efek terhadap ekosistem, efek terhadap social ekonomi dan lain sebagainya.

Untuk itulah dirasa perlu penanganan dan pengendalian pencemaran udara dengan melibatkan semua unsur sehingga kelestarian lingkungan kita tetap terjaga. Dalam topik ini akan dibahas tentang car acara pengendalian pencemaran udara.

7.2 Pengertian Pencemaran Udara

Pencemaran udara adalah masuk atau dimasukannya suatu zat atau material keudara sehingga pungsi udara tidak sesuai dengan peruntukannya. Menurut Chambers dalam Mukono (2008), pengertian pencemaran udara adalah bertambahnya bahan atau substrat fisik atau kimia ke dalam lingkungan udara normal yang mencapai sejumlah tertentu, sehingga dapat dideteksi oleh manusia atau yang dapat dihitung dan diukur, serta dapat memberikan efek pada manusia, binatang, vegetasi dan material. Sedangkan menurut Kumar dalam Mukono (2008), pengertian pencemaran udara ialah adanya bahan polutan di atmosfer yang dalam konsentrasi tertentu akan mengganggu keseimbangan dinamik atmosfer dan mempunyai efek pada manusia dan lingkungannya. Pecemaran udara adalah dimasukannya komponen lain kedalam udara, baik oleh kegiatan manusia secara langsung atau tidak langsung akibat proses alam sehingga kualitas udara turun sampai ketinggian tertentu yang menyebabkan lingkungan menjadi kurang atau tidak berfungsi lagi sesuai peruntukannya. Pencemaran udara menurut Kep.Men KLH RI no Kep-02/MENKLH/I/1988 adalah masuk atau dimasukkannya makhluk hidup, zat, energy, dan atau komponen lain kedalam udara dan atau berubahnya tatanan udara oleh kegiatan manusia atau proses alam sehingga kualitas udara turun sampai ketinggian tertentu yang menyebabkan udara menjadi kurang atau tidak dapat berfungsi lagi sesuai peruntukannya (Mukono, 2008). Kehadiran bahan atau zat asing di dalam udara dalam jumlah tertentu serta berada di

udara dalam waktu yang cukup lama, akan dapat mengganggu kehidupan manusia. Bila keadaan seperti itu terjadi maka dapat dikatakan udara telah tercemar (Sarudji, 2010).

Berdasarkan Peraturan Pemerintah RI No. 41 Tahun 1999 mengenai pengendalian pencemaran udara, bahwa pencemaran udara adalah “masuknya atau dimasukkannya zat, energi dan/atau komponen lain ke dalam udara ambient oleh kegiatan manusia sehingga mutu udara ambient turun sampai ke tingkat tertentu yang menyebabkan udara ambient tidak memenuhi fungsinya”. Pencemaran terjadi karena adanya beberapa faktor atau elemen pendukung terjadinya proses pencemaran. Elemen-elemen yang mendukung terjadinya proses pencemaran udara adalah adanya sumber bahan pencemar yang mengeluarkan emisi polutan, adanya interaksi bahan pencemar di atmosfer yang menyebabkan turunnya kualitas udara dan menimbulkan akibat negatif pada manusia dan lingkungan (Chandra, 2007).

7.3 Sumber Pencemaran Udara

Telah disadari bersama, kualitas udara saat ini telah menjadi persoalan global, karena udara telah tercemar akibat aktivitas manusia dan proses alam. Terdapat dua jenis sumber pencemar yaitu sebagai berikut:

1. Sumber Alamiah (Natural)
 - a. Akibat Letusan Gunung Berapi
Kegiatan alam yang bisa menyebabkan pencemaran udara di antaranya adalah kegiatan gunung berapi. Salah satu gas pencemar yang dihasilkan oleh gunung berapi adalah Sox.
 - b. Akibat Kebakaran Hutan
Beberapa bahan pencemar dari kebakaran hutan yang dapat mencemari udara, di antaranya adalah hidrokarbon, karbon dioksida, senyawa sulfur oksida, senyawa nitrogen oksida dan nitrogen dioksida. Adapun bahan pencemar berbentuk partikel adalah asap berupa partikel karbon yang sangat halus bercampur dengan debu hasil dari proses pemecahan suatu bahan.

2. Aktivitas manusia

Sumber Kegiatan Manusia (Antropogenik) Sumber antropogenik di antaranya berhubungan dengan proses pembakaran berbagai jenis bahan bakar, di antaranya:

- a. Sumber tidak bergerak (*stationary source*)
 - 1) Sumber titik, yaitu sumber pada titik tetap, seperti cerobong asap atau tangki penyimpanan yang memancarkan pencemar udara
 - 2) Sumber area, merupakan serangkaian sumber-sumber kecil yang bersama-sama dapat memengaruhi kualitas udara di suatu daerah. Contohnya pembakaran bahan bakar di rumah tangga, TPA, kebakaran hutan (sumber alamiah), konstruksi pembangunan, jalan tidak beraspal.
- b. Sumber bergerak (*mobile source*) seperti kendaraan bermotor, pesawat, dan/atau kapal laut
 - 1) Sumber *on-road* (bergerak di jalan), contohnya: mobil, motor, bis kota, metromini, dan lain-lain.
 - 2) Sumber *non-road* (bergerak bukan di jalan), contohnya: pesawat terbang, kapal laut, kereta api, dan lain-lain.
- c. Debu zat kimia maupun partikel-partikel dari industri
- d. Asap dari penggunaan cat hair spray dan jenis pelarut lainnya
- e. Gas yang dihasilkan dari proses pembuangan akhir dari TPA
- f. Peralatan militer

Menurut Suyono (2016), pencemaran udara dapat bersumber dari:

1. Pembakaran bahan bakar yang ingin mendapatkan energi panas dan tenaga.
2. Bahan buangan kendaraan bermotor yang menggunakan bahan bakar bensin, solar minyak tanah seperti kereta api, pesawat dan lain lain
3. Gas buang, debu dari energi panas dan beberapa dari kawasan industri termasuk pabrik kima, peleburan besi dan baja, industri semen dan keramik, aktivitas galian/ pertambangan dan stasion pembangkit tenaga listrik.

4. Akibat dari kegiatan manusia di dalam rumah tangga yang mempergunakan BBM, arang kayu untuk memasak, pembakaran sampah, pembakaran hutan untuk membuat ladang atau perkebunan juga hasil kegiatan merokok sedangkan menurut (Sarudji, 2010) sumber pencemaran udara dari sumber bergerak seperti sarana transportasi baik udara, laut dan darat dan sumber tidak bergerak seperti proses industri dan pembuangan sampah padat.

7.4 Jenis Bahan Pencemar Udara

Ada beberapa bahan pencemar udara yang sering ditemukan di kota-kota. Dilihat dari ciri fisik, bahan pencemar dapat berupa:

1. Partikulat (PM)

Partikel adalah pencemar udara yang dapat berada bersama-sama dengan bahan atau bentuk pencemar lainnya. Partikel dapat diartikan secara murni atau sempit sebagai bahan pencemar udara yang berbentuk padatan. Namun dalam pengertian yang lebih luas, dalam kaitannya dengan masalah pencemaran lingkungan, pencemar partikel dapat meliputi berbagai macam bentuk, mulai dari bentuk yang sederhana sampai dengan bentuk yang rumit atau kompleks yang kesemuanya merupakan bentuk pencemaran udara. Sumber pencemaran partikel dapat berasal dari peristiwa alami dan dapat juga berasal dari aktivitas manusia. Pencemaran partikel yang berasal dari alam, adalah sebagai berikut:

- a. Debu tanah/pasir halus yang terbang terbawa oleh angin kencang.
- b. Abu dan bahan-bahan vulkanik yang terlempar ke udara akibat letusan gunung berapi.
- c. Semburan uap air panas di sekitar daerah sumber panas bumi di daerah pegunungan.

Sumber pencemaran partikel akibat aktivitas manusia sebagian besar berasal dari pembakaran batubara, proses industri, kebakaran hutan dan gas buangan alat transportasi. Debu adalah zat padat yang

dihasilkan oleh manusia atau alam dan merupakan hasil dari proses pemecahan suatu bahan. Debu adalah zat padat yang berukuran 0,1–25 mikron. Debu termasuk kedalam golongan partikulat. Yang dimaksud dengan partikulat adalah zat padat/cair yang halus, dan tersuspensi diudara, misalnya embun, debu, asap, fumes dan fog. Partikel menyebar di atmosfer akibat dari berbagai proses alami, seperti letusan vulkano, hembusan debu serta tanah oleh angin. Aktivitas manusia juga berperan dalam penyebaran partikel, seperti dalam bentuk partikel debu dan asbes dari bahan bangunan, abu terbang dari proses peleburan baja dan asap dari proses pembakaran tidak sempurna, terutama dari batu arang.

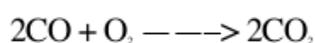
Polusi udara oleh partikel berhubungan erat dengan SO_2 . Partikel SO_2 berasal dari sumber yang sama yaitu pembakaran bahan bakar fosil yang satu sama lain saling bereaksi secara sinergis dalam memberikan dampak terhadap kesehatan manusia. Partikulat digunakan untuk memberikan gambaran partikel cair atau padat yang tersebar di udara dengan ukuran 0,001 μm sampai 500 μm . Partikulat mengandung zat-zat organik maupun zat-zat non organik yang terbentuk dari berbagai macam materi dan bahan kimia. Ukuran-partikel dapat menggambarkan seberapa jauh partikel dapat terbawa angin, efek yang ditimbulkannya, sumber pencemarannya dan lamanya masa tinggal partikel di udara. Besarnya ukuran partikel debu yang dapat masuk ke dalam saluran pernafasan manusia adalah yang berukuran 0,1 μm sampai 10 μm dan berada di udara sebagai suspended particulate matter. Partikel debu dengan ukuran lebih >10 μm akan lebih cepat mengendap ke permukaan sehingga kesempatan terjadinya pemajanan pada manusia menjadi lebih kecil dan walaupun terjadi akan tertahan oleh saluran pernafasan bagian atas. Debu yang dapat dihirup disebut debu inhalable dengan diameter $\leq 10 \mu m$ dan berbahaya bagi saluran pernafasan karena mempunyai kemampuan merusak paru-paru. Sebagian debu yang masuk ke saluran pernafasan berukuran 5 μm akan sampai ke alveoli (Suyono, 2016).

2. Karbon Monoksida (CO)

Karbon monoksida (CO) adalah suatu gas yang tidak berwarna, tidak berbau dan juga tidak berasa. Karbon monoksida yang terdapat di alam terbentuk dari salah satu proses sebagai berikut:

- a. Pembakaran tidak lengkap terhadap karbon atau komponen yang mengandung karbon.
- b. Reaksi antara karbon dioksida dan komponen yang mengandung karbon pada suhu tinggi.
- c. Pada suhu tinggi, karbon dioksida terurai menjadi CO dan O.

Gas CO sebagian besar berasal dari pembakaran bahan bakar fosil dengan udara, berupa gas buangan. Kota besar yang padat lalu lintasnya akan banyak menghasilkan gas CO sehingga kadar CO dalam udara relatif tinggi dibandingkan dengan daerah pedesaan. Secara alamiah gas CO dapat juga terbentuk walaupun jumlahnya relatif sedikit, seperti gas hasil kegiatan gunung berapi, proses biologi dan lain-lain. Secara sederhana pembakaran karbon dalam minyak bakar terjadi melalui beberapa tahap sebagai berikut:



Reaksi pertama berlangsung sepuluh kali lebih cepat daripada reaksi kedua, oleh karena itu CO merupakan intermediat pada reaksi pembakaran tersebut dan dapat merupakan produk akhir jika jumlah O₂ tidak cukup untuk melangsungkan reaksi kedua. CO juga dapat merupakan produk akhir meskipun jumlah oksigen di dalam campuran pembakaran cukup, tetapi antara minyak bakar dan udara tidak tercampur rata. Pencampuran yang tidak rata antara minyak bakar dengan udara menghasilkan beberapa tempat yang kekurangan oksigen. Semakin rendah perbandingan antara udara dengan minyak bakar, semakin tinggi jumlah karbon monoksida yang dihasilkan.

Penyebaran gas CO di udara tergantung pada keadaan lingkungan. Untuk daerah perkotaan yang banyak kegiatan industrinya dan lalu lintasnya padat, udaranya sudah banyak tercemar oleh gas CO.

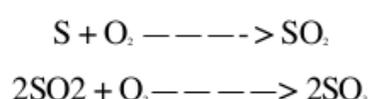
Sedangkan daerah pinggiran kota atau desa, cemaran CO di udara relatif sedikit. Ternyata tanah yang masih terbuka di mana belum ada bangunan di atasnya, dapat membantu penyerapan gas CO. Hal ini disebabkan mikroorganisme yang ada di dalam tanah mampu menyerap gas CO yang terdapat di udara. Angin dapat mengurangi konsentrasi gas CO pada suatu tempat karena dipindahkan ke tempat lain. Konsentrasi CO di udara pada tempat tertentu dipengaruhi oleh kecepatan emisi (pelepasan) CO di udara dan kecepatan dispersi dan pembersihan CO dari udara. Pada daerah perkotaan kecepatan pembersihan CO dari udara sangat lambat, oleh karena itu kecepatan dispersi dan pembersihan CO dari udara sangat menentukan konsentrasi CO di udara. Kecepatan dispersi dipengaruhi langsung oleh faktor-faktor meteorologi seperti kecepatan dan arah angin, turbulensi udara, dan stabilitas atmosfer. Kota besar meskipun turbulensi ditimbulkan karena adanya kendaraan yang bergerak dan aliran udara di atas dan disekeliling bangunan, tetapi karena keterbatasan ruangan maka gerakan udara sangat terbatas sehingga konsentrasi CO di udara dapat meningkat (Sumantri, 2015).

3. Sulfur Oksida (SO_x)

Gas belerang oksida atau sering ditulis dengan SO_x, terdiri dari gas SO₂ dan gas SO₃ yang keduanya mempunyai sifat berbeda. Gas SO₂ berbau sangat tajam dan tidak mudah terbakar, sedangkan gas SO₃ bersifat sangat reaktif. Gas SO₃ mudah bereaksi dengan uap air yang ada di udara untuk membentuk asam sulfat atau H₂SO₄. Asam sulfat ini sangat reaktif, mudah bereaksi (memakan) benda-benda lain yang mengakibatkan kerusakan, seperti proses pengkaratan (korosi) dan proses kimiawi lainnya. Konsentrasi gas SO₂ di udara akan mulai terdeteksi oleh indera manusia (tercium baunya) manakala konsentrasinya berkisar antara 0,3-1 ppm. Hanya sepertiga dari jumlah sulfur yang terdapat di atmosfer merupakan hasil dari aktivitas manusia, dan kebanyakan dalam bentuk SO₂. Sebanyak dua pertiga dari jumlah sulfur di atmosfer berasal dari sumber-sumber alam seperti volcano, dan terdapat dalam bentuk H₂S dan oksida.

Masalah yang ditimbulkan oleh polutan yang dibuat manusia adalah dalam hal distribusinya yang tidak merata sehingga terkonsentrasi pada daerah tertentu, bukan dari jumlah keseluruhannya, sedangkan polusi dari sumber alam biasanya lebih tersebar merata. Transportasi bukan merupakan sumber utama polutan SO_x tetapi pembakaran bahan bakar pada sumbernya merupakan sumber utama polutan SO_x, misalnya pembakaran batu arang, minyak bakar, gas, kayu dan sebagainya.

Pembakaran bahan-bahan yang mengandung sulfur akan menghasilkan kedua bentuk sulfur oksida, tetapi jumlah relatif masing-masing tidak dipengaruhi oleh jumlah oksigen yang tersedia. Meskipun udara tersedia dalam jumlah cukup, SO₂ selalu terbentuk dalam jumlah terbesar. Jumlah SO₂ yang terbentuk dipengaruhi oleh kondisi reaksi, terutama suhu dan bervariasi dari 1 sampai 10% dari total SO_x. Mekanisme pembentukan SO_x dapat dituliskan dalam dua tahap reaksi sebagai berikut:



SO₃ biasanya diproduksi dalam jumlah kecil selama pembakaran. Hal ini disebabkan oleh dua faktor yang menyangkut reaksi terakhir tersebut di atas. Faktor pertama adalah kecepatan reaksi yang terjadi, dan faktor kedua adalah konsentrasi SO₂ dalam campuran ekuilibrium yang dihasilkan dari reaksi tersebut. Reaksi pembentukan SO₃ berlangsung sangat lambat pada suhu relatif rendah (misalnya pada 200°C), tetapi kecepatan reaksi meningkat dengan kenaikan suhu. Oleh karena itu produksi SO₃ dirangsang pada suhu tinggi karena faktor kecepatan. Tetapi campuran ekuilibrium yang dihasilkan pada suhu rendah mengandung persentase SO₃ lebih tinggi daripada campuran yang dihasilkan pada suhu tinggi. Jadi faktor konsentrasi ekuilibrium merangsang produksi SO₃ pada suhu lebih rendah. Jelas bahwa kedua faktor tersebut mempunyai kecenderungan untuk menghambat satu sama lain selama pembakaran. Pada suhu tinggi

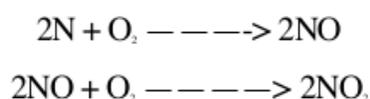
reaksi mengakibatkan ekuilibrium tercapai dengan cepat karena kecepatan reaksi tinggi, tetapi hanya sedikit SO_3 terdapat di dalam campuran. Pada suhu rendah, reaksi berlangsung sangat lambat sehingga kondisi ekuilibrium (sesuai dengan konsentrasi SO_3 tinggi) tidak pernah tercapai. Jadi produksi SO_3 terhambat pada zona pembakaran suhu tinggi karena kondisi ekuilibrium. Jika produk dijauhkan dari zona tersebut dan didinginkan, kondisi ekuilibrium dapat tercapai, tetapi kecepatan reaksi akan menghambat pembentukan SO_3 dalam jumlah tinggi.

Adanya SO_3 di udara dalam bentuk gas hanya mungkin jika konsentrasi uap air sangat rendah. Jika uap air terdapat dalam jumlah cukup seperti biasanya, SO_3 dan air akan segera bergabung membentuk droplet asam sulfat (H_2SO_4). Setelah berada di atmosfer, sebagian SO_3 akan diubah menjadi SO_2 (kemudian menjadi H_2SO_4) oleh proses-proses fotolitik dan katalitik. Jumlah SO_3 yang teroksidasi menjadi SO_2 dipengaruhi oleh beberapa faktor termasuk jumlah air yang tersedia, intensitas, waktu dan distribusi spektrum sinar matahari (Prabowo and Muslim, 2018).

4. Nitrogen Oksida (NO_x)

Nitrogen oksida sering disebut dengan NO_x , karena oksida nitrogen mempunyai 2 macam bentuk yang sifatnya berbeda, yaitu gas NO_2 dan gas NO . Sifat gas NO_2 adalah berwarna dan berbau, sedangkan gas NO tidak berwarna dan tidak berbau. Warna gas NO_2 adalah merah kecoklatan dan berbau tajam menyengat hidung. Seperti halnya CO , emisi nitrogen oksida dipengaruhi oleh kepadatan penduduk karena sumber utama NO_x yang diproduksi manusia adalah dari pembakaran, dan kebanyakan pembakaran disebabkan oleh kendaraan, produksi energi dan pembuangan sampah. Sebagian besar emisi NO_x yang dibuat manusia berasal dari pembakaran arang, minyak, gas alam dan bensin. Oksida yang lebih rendah yaitu NO terdapat di atmosfer dalam jumlah lebih besar daripada NO_2 . Pembentukan NO dan NO_2 mencakup reaksi antara nitrogen dan oksigen di udara sehingga membentuk NO , kemudian reaksi

selanjutnya antara NO dengan lebih banyak oksigen membentuk NO₂.
Persamaan reaksinya adalah sebagai berikut:



Udara terdiri dari sekitar 80% volume nitrogen dan 20% volume oksigen. Pada suhu kamar kedua gas ini hanya sedikit mempunyai kecenderungan untuk bereaksi satu sama lain. Pada suhu yang lebih tinggi (di atas 1210°C) keduanya dapat bereaksi membentuk nitric oksida dalam jumlah tinggi sehingga mengakibatkan polusi udara. Dalam proses pembakaran, suhu yang digunakan biasanya mencapai 1210-1765°C dengan adanya udara, oleh karena itu reaksi ini merupakan sumber NO yang penting. Jadi reaksi pembentukan NO merupakan hasil samping dalam proses pembakaran. Gas nitrogen dioksida (NO₂) bila mencemari udara mudah diamati dari baunya yang sangat menyengat dan warnanya coklat kemerahan. Organ tubuh yang paling peka terhadap pencemaran gas NO₂ adalah paru-paru. Paru-paru yang terkontaminasi oleh gas NO₂ akan membengkak sehingga penderita sulit bernapas yang dapat mengakibatkan kematian. Konsentrasi gas NO yang tinggi dapat menyebabkan gangguan pada system syaraf yang mengakibatkan kejang-kejang. Pada tanaman dapat menyebabkan nekrosis atau kerusakan pada jaringan daun. Pencemaran udara oleh gas NO_x juga dapat menyebabkan timbulnya *Peroxi Acetil Nitrates* (PAN) yang dapat menyebabkan iritasi pada mata yang menyebabkan mata terasa pedih dan berair (Prabowo and Muslim, 2018).

7.5 Efek Pencemaran Udara

Efek efek pencemaran udara pada kehidupan manusia dapat dibagi menjadi efek umum, efek terhadap kesehatan, efek terhadap tumbuh-tumbuhan dan hewan, efek terhadap cuaca dan iklim, dan efek terhadap sosial- ekonomi (Sumantri, 2017).

1. Efek Umum

Efek pencemaran udara terhadap kehidupan manusia antara lain:

- a. Meningkatkan angka kesakitanan dan kematian pada manusia, flora, dan fauna
- b. Memengaruhi kuantitas dan kualitas sinar matahari yang sampai kepermukaan bumi dan memengaruhi proses fotosintesis tumbuhan
- c. Memengaruhi dan mengubah iklim akibat terjadinya peningkatan kadar CO₂ di udara.
- d. Pencemaran udara dapat merusak cat, karet, dan bersifat korosif terhadap benda yang terbuat dari logam.
- e. Meningkatkan biaya perawatan bangunan, monumen, jembatan, dan lainnya.
- f. Mengganggu penglihatan dan dapat meningkatkan angka kasus kecelakaan lalu lintas di darat, sungai, maupun udara.
- g. Menyebabkan warna kain dan pakaian menjadi cepat buram dan bernoda.

2. Efek terhadap Ekosistem

Industri yang menggunakan batubara sebagai sumber energinya akan melepaskan zat oksida sulfat kedalam udara sebagai sisa pembakaran batubara. Zat tersebut akan bereaksi dengan air hujan membentuk asam sulfat sehingga air hujan menjadi asam. Apabila keadaan ini berlangsung cukup lama, akan terjadi perubahan pada ekosistem perairan danau sehingga pH air danau akan menjadi asam, produksi ikan menurun, dan secara tidak langsung pendapatan rakyat setempatpun menurun.

3. Efek terhadap Kesehatan

Efek pencemaran udara terhadap kesehatan manusia dapat terlihat baik secara cepat maupun lambat, seperti berikut:

a. Efek Cepat

Hasil studi epidemiologi menunjukkan bahwa peningkatan mendadak kasus pencemaran udara juga akan meningkatkan angka kasus kesakitan dan kematian akibat penyakit saluran pernapasan. Pada situasi tertentu gas CO dapat menyebabkan kematian mendadak karena daya afinitas gas CO terhadap haemoglobin darah (menjadi methaemoglobin) yang lebih kuat dibandingkan daya afinitas O₂ sehingga terjadi kekurangan gas oksigen di dalam tubuh.

b. Efek lambat

Pencemaran udara diduga sebagai salah satu penyebab penyakit bronkhitis kronis dan kanker paru primer. Penyakit yang disebabkan oleh pencemaran udara antara lain emfisema paru, black lung disease, asbestosis, silikosis, bisinosis, dan pada anak-anak penyakit asma dan eksema.

4. Efek Terhadap Tumbuhan dan Hewan

Tumbuh-tumbuhan sangat sensitif terhadap gas sulfur dioksida, fluorin, ozon, hidrokarbon, dan NO. Apabila terjadi pencemaran udara, konsentrasi gas tersebut akan meningkat dan dapat menyebabkan daun tumbuhan berlubang dan layu. Ternak akan menjadi sakit jika memakan tumbuh-tumbuhan yang mengandung dan tercemar fluorin.

5. Efek terhadap iklim dan cuaca

Gas karbon dioksida memiliki kecenderungan untuk menahan panas tetap berada dilapisan bawah atmosfer sehingga terjadi efek rumah kaca. Udara menjadi panas dan gerah. Selain itu partikel-partikel debu juga memiliki kecenderungan untuk memantulkan kembali sinar matahari di udara sebelum sinar tersebut sampai ke permukaan bumi sehingga udara dilapisan bawah atmosfer menjadi dingin.

6. Efek terhadap sosial ekonomi

Pencemaran udara akan meningkatkan biaya perawatan dan pemeliharaan bangunan, monumen, jembatan, dan lainnya serta menyebabkan pengeluaran biaya ekstra untuk mengendalikan pencemaran yang terjadi (Viktor, 2020).

7.6 Upaya Penanggulangan

Upaya pencegahan pencemaran udara berdasarkan periode waktunya terbagi menjadi 2 yaitu:

1. Jangka Pendek

Kegiatan jangka pendek di Indonesia untuk mencegah terjadinya pencemaran udara antara lain:

- a. Dengan cara mensosialisasikan media media cetak dan elektronik yang berkaitan dengan bahaya pencemaran udar bagi kelangsungan hidup manusia dan lingkungan
- b. Merelokasikan kawasan industri supaya berada dipinggiran kota dan industri tersebut dikelilingi dengan tanaman hijau (green belt)
- c. Melaksanakan AMDAL yang rutin pada industri industri yang berada diperkotaan ataupun pinggiran pemukiman
- d. Melakukan uji emisi gans buang dari kendraan bermotor secara berkala
- e. Perbaiki sarana transportasi darat terutama angkutan kota
- f. Penerapan program 3in1 pada kendraan pribadi dalam waktu waktu tertentu
- g. Pengawasan dan pelarangan pembakaran hutan terutama musim kemarau

2. Periode Waktu Jangka Panjang

- a. Melakukan perencanaan tata kota yang berwawasan lingkungan
- b. Memakai bahan bakar yang ramah lingkungan baik untuk industri maupun transportasi

- c. Membangun sarana transportasi bawah tanah
- d. Melakukan penghijauan disudut kota
- e. Membuat undang undang untuk menjaga kelestarian lingkungan

Secara teknis ada beberapa cara untuk menanggulangi pencemaran udara yang dapat dilakukan seperti berikut:

1. Menanam dan merawat tumbuhan di sekitar lingkungan kita
Hal ini berguna untuk menyejukkan dan mengurangi jumlah polusi udara di sekitar kita. Jika lahan kosong benar-benar tidak ada kita bisa memelihara tanaman dalam pot dan meletakkannya atau bisa juga menggantungnya di teras atau beranda rumah. Hal ini merupakan tindakan yang paling efektif dalam mengatasi pencemaran udara yang ada. Tumbuhan yang ada di sekitar kita akan berperan layaknya seorang dokter yang menyembuhkan pasiennya yang sedang sakit.
2. Gunakan transportasi umum.
Sebaiknya menggunakan transportasi umum yang ada. Ini akan membantu mengurangi jumlah kendaraan yang membuang polusinya setiap hari ke angkasa. Selain itu gunakan juga kendaraan yang ramah lingkungan seperti becak, sepeda, dokar atau delman. Jika menggunakan mobil atau motor, sebaiknya selalu lakukan pengecekan supaya mesin kendaraan bagus dan mengurangi polusi udara dengan memastikan emisi pembuangan di kendaraan anda baik (Viktor, 2020).
3. Mengurangi pemakaian bahan bakar fosil terutama yang mengandung asap serta gas-gas polutan lainnya agar tidak mencemarkan lingkungan.
4. Penyaringan asap
Sebaiknya melakukan penyaringan asap sebelum asap dibuang ke udara dengan cara memasang bahan penyerap polutan atau saringan atau membangun cerobong asap yang memenuhi syarat sehingga asap dapat menembus lapisan inversi thermal.
5. Melaksanakan program *Car Free Day*

Bab 8

Pencemaran Air

8.1 Pendahuluan

Setiap makhluk hidup membutuhkan air dalam kehidupannya. Tanpa air, maka semua makhluk hidup di dunia ini akan mati. Air merupakan sumber kehidupan bagi semua makhluk hidup, dengan banyak fungsi yang dimilikinya, yaitu air untuk di minum, memasak, mencuci, mandi, pengairan sawah, menyiram tanaman dan lain-lain. Fungsi air sebagai air minum memiliki kriteria jernih, tidak berwarna, dan tidak berbau. Selain itu bebas dari bahan-bahan kimia berbahaya. Sumber air dan keadaan air sangat menentukan layak tidaknya air tersebut dapat di konsumsi. Oleh karena itu, sangat penting menjaga dan memelihara kebersihan air.

Seiring pertumbuhan penduduk dan kemajuan teknologi dan industri, maka telah merubah tatanan kehidupan di bumi dan berpengaruh terhadap lingkungan terutama kualitas air. Air telah tercemar oleh hasil buangan aktivitas manusia dan sisa hasil industri. Permasalahan pencemaran air telah dirasakan hampir seluruh lapisan masyarakat terutama di daerah perkotaan. Hal ini terjadi karena kurangnya pengetahuan dan kesadaran masyarakat akan pentingnya air bagi kehidupan dan dampak pencemaran air. Daerah aliran sungai, danau, dan laut menjadi tempat pembuangan sampah oleh sebagian masyarakat, sehingga menyebabkan air tercemar. Selain itu, meningkatnya jumlah limbah buangan industri dalam bentuk padatan maupun cairan yang

dialirkan ke sungai dan laut, menyebabkan permasalahan lingkungan yang kompleks (Askari H., 2015). Salah satu permasalahan kompleks dan dirasakan dunia saat ini adalah pencemaran air, karena penyelesaian masalah ini membutuhkan berbagai kajian bidang ilmu. Untuk mengkaji lebih lanjut pencemaran air, maka akan diuraikan konsep-konsep pencemaran air, sumber pencemar, bahan pencemar, dampaknya, dan cara menanggulangnya.

8.2 Definisi Pencemaran Air

Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No. 82 Tahun 2001 Pasal 1 ayat 11 mendefinisikan bahwa pencemaran air adalah masuknya atau dimasukkannya makhluk hidup, zat, energi, dan atau komponen lain ke dalam air oleh kegiatan manusia sehingga kualitas air menurun sampai pada tingkat tertentu yang menyebabkan air tersebut tidak dapat digunakan lagi sesuai dengan peruntukannya (Abdurrahman. F., 2005). Definisi ini menerangkan bahwa air yang diperuntukkan sebagai air minum, maka akan menurun kualitasnya, jika air tersebut dimasuki bahan atau material tertentu seperti zat kimia, energi, dan unsur lainnya sebagai komponen pencemar, sehingga air tersebut tidak dapat dikonsumsi langsung tanpa melalui pengolahan. Pencemaran air terjadi jika polutan masuk ke dalam air yang merubah bentuk asli dari air menjadi berwarna dan berbau. Adapun beberapa zat kimia yang dapat mencemari air di antaranya adalah zat fosfat dari deterjen pencucian mobil, baju dan peralatan rumah tangga, kebocoran bahan bakar minyak dari kapal atau tangki yang tumpah, logam berat hasil buangan dari pabrik, limbah organik dari sampah rumah tangga dan juga kotoran hewan.

Komponen bahan pencemar perlu dilakukan pengendalian dengan tujuan untuk mempertahankan kualitas atau baku mutu air. Kualitas/mutu air berdasarkan kegunaannya dapat dikategorikan dalam beberapa kriteria, sebagaimana dalam PP RI No. 82 Tahun 2001 Pasal 8 (Abdurrahman. F., 2005) bahwa klasifikasi mutu air terdiri dari empat golongan yaitu:

1. Golongan I, air yang dapat digunakan untuk air minum yang di konsumsi langsung tanpa melalui pengolahan atau peruntukan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama;

2. Golongan II, air yang dapat digunakan sebagai air baku untuk diolah sebagai air minum dan keperluan rumah tangga atau peruntukan lain yang membutuhkan baku mutu air yang sama;
3. Golongan III, air yang dapat digunakan untuk keperluan perikanan dan peternakan atau peruntukan lain yang membutuhkan baku mutu air yang sama;
4. Golongan IV, air yang dapat digunakan untuk pertanian atau peruntukan lain misalnya untuk usaha perkotaan, industri, dan listrik negara.

Menurut definisi pencemaran air yang telah dikemukakan di atas, bila suatu sumber air yang termasuk dalam kategori golongan I, misalnya sebuah sumur penduduk kemudian mengalami pencemaran dalam bentuk rembesan limbah cair dari suatu industri maka kategori sumur tadi bukan golongan I lagi, namun sudah turun menjadi golongan II karena air tadi sudah tidak dapat digunakan langsung sebagai air minum tanpa melalui pengolahan terlebih dahulu. Dengan demikian air sumur tersebut menjadi kurang/tidak berfungsi lagi sesuai dengan peruntukannya. Bahkan jika jumlah bahan pencemarnya melebihi ambang batas baku mutu air yang diperuntukan untuk 4 golongan diatas, maka air tersebut tidak dapat digunakan sama sekali. Oleh karena itu pengendalian pencemaran sangat penting dilakukan oleh semua pihak agar kebutuhan akan air bersih tetap terpenuhi dan terjaga kelestariannya.

8.3 Sumber Pencemaran Air

Pencemaran air terjadi karena adanya material atau bahan-bahan yang berasal dari kegiatan manusia, baik material organik dan anorganik yang sifatnya beracun atau tidak beracun, yang secara langsung maupun tidak langsung masuk ke dalam air. Kegiatan manusia dalam kehidupan sehari-hari yang menjadi sumber pencemar dapat berasal dari kegiatan rumah tangga, kegiatan industri, kegiatan pertanian dan kegiatan lainnya yang dapat menghasilkan limbah cair, padat dan gas. Limbah yang dihasilkan, tentunya ada yang mengandung bahan kimia berbahaya, misalnya industri bahan kimia, industri tekstil dan pakaian jadi, industri pengolahan pangan, obat-obatan dan lain-lain. Produktivitas berbagai industri ini, jika tidak dilakukan melalui proses

AMDAL akan menyebabkan terjadinya pencemaran air. Secara umum sumber pencemaran air dapat berasal dari beberapa sumber yaitu: 1) limbah industri; 2) limbah pertanian dan 3) limbah rumah tangga

8.3.1 Pencemaran Air dari Limbah Industri

Limbah cair atau air buangan pabrik merupakan sisa air yang berasal dari proses produksi industri dan pada umumnya mengandung bahan-bahan atau zat-zat yang dapat membahayakan kesehatan manusia serta mengganggu lingkungan hidup (Erliza, A., dkk. 2019). Pelaku industri atau pemilik perusahaan, menjadi penyumbang pencemaran air, karena proses pengolahan seperti industri pengolahan makanan, pakaian jadi, obat-obatan dan industri lainnya dalam skala kecil sampai besar akan menghasilkan sisa hasil produksi berupa bahan padat dan cair. Sisa air pengolahan produksi dari industri, menjadi bahan pencemar air baik secara langsung maupun tidak langsung.

Pencemaran air secara langsung terjadi ketika limbah cair dari pabrik langsung dibuang ke aliran sungai, danau atau laut tanpa melalui proses pengolahan air limbah. Pencemaran air tidak langsung dapat terjadi akibat pembuangan limbah cair dan padat ke lahan kosong atau lahan terbuka, sehingga secara tidak langsung ketika hujan turun, zat-zat yang terkandung dalam limbah tersebut akan mengalir ke dataran terendah dan mengalir ke sungai, danau dan laut, sedangkan sebagian akan masuk ke dalam tanah mencemari air tanah. (Warlina, 2004) mengatakan bahwa secara umum sumber pencemaran air dikategorikan menjadi 2 yaitu sumber kontaminan langsung dan tidak langsung. Sumber langsung meliputi efluen yang keluar dari industri, TPA sampah, rumah tangga dan sebagainya. Sumber tak langsung adalah kontaminan yang memasuki badan air dari tanah, air tanah atau atmosfer berupa hujan.

Beberapa industri pengolahan yang dapat menimbulkan pencemaran air dari proses industrinya yaitu:

1. Industri pertambangan
2. Industri produk makanan
3. Industri produk tekstil
4. Industri pulp dan kertas
5. Industri bahan kimia
6. Industri penyamakan kulit

7. Industri electroplating

8.3.2 Pencemaran Air Dari Limbah Pertanian

Pemakaian pupuk dan pestisida sistesis oleh petani dalam pengolahan sawah dan ladang semakin meningkat, yang menyebabkan jumlah bahan kimia masuk ke dalam air juga makin banyak. Hal ini menjadi sumber pencemar air dan memengaruhi ekosistem perairan. Ikan dan hewan air akan terkontaminasi oleh bahan kimia dari limbah pertanian. Selain itu bahan-bahan kimia seperti NH₃ dan PO₄ yang berasal dari pupuk akan mempercepat pertumbuhan enceng gondok dan tumbuhan air lainnya. Semakin banyak tumbuhan air di sungai maupun di danau, maka akan menyebabkan pendangkalan dan memengaruhi habitat dari ikan dan jumlah keragaman organisme air akan berkurang. Pengolahan tanah pertanian yang kurang baik juga merupakan sumber pencemaran air, karena tanah terjadi erosi dan terbawa oleh air hujan ke sungai dan danau yang menyebabkan air permukaan tercemar dengan tanah endapan (Azizah, 2020).

8.3.3 Pencemaran Air Dari Limbah Rumah Tangga

Air limbah rumah tangga (sullage) adalah air limbah yang berasal dari buangan kamar mandi, dapur, air cuci pakaian, dan lain-lain yang mungkin dapat mengandung mikroorganisme patogen. Air limbah rumah tangga merupakan sumber utama pencemaran di daerah perkotaan. Padatnya penduduk perkotaan, menyebabkan pemakaian air untuk keperluan dapur, mandi, cuci dan sanitasi dalam jumlah besar. Hasil buangan limbah cair ini akan mencemari daerah aliran sungai (DAS), danau dan laut. Volume air limbah rumah tangga bergantung pada volume pemakaian air penduduk setempat. Semakin banyak jumlah penduduk, maka volume air yang digunakan dalam keperluan rumah tangga juga makin banyak sehingga limbah yang dihasilkan setara dengan volume air yang digunakan.

Air limbah rumah tangga kota-kota besar di Indonesia khususnya Jakarta saat ini telah menunjukkan tingkat yang cukup serius. Minimnya fasilitas pengolahan air limbah rumah tangga, mengakibatkan tercemarnya daerah aliran sungai oleh air limbah domestik, meskipun terdapat sumber pencemar lain seperti kegiatan industri dan aktivitas komersial lainnya, namun limbah domestik penyumbang terbesar dalam pencemaran air. Hasil penelitian oleh Dinas Pekerjaan Umum (PU) DKI Jakarta bersama-sama dengan Tim JICA

(1989), besarnya buangan air limbah dari rumah tangga per orang per hari adalah 118 liter, dengan konsentrasi BOD rata-rata 236 mg/lit dan pada tahun 2010 dan diperkirakan akan meningkat menjadi 147 liter dengan konsentrasi BOD rata-rata 224 mg/lit. Jumlah buangan air limbah di daerah Jakarta setiap harinya diperkirakan secara keseluruhan dari berbagai sumber pencemar (Herlambang, A., 2018) disajikan pada tabel 8.1 berikut ini.

Tabel 8.1: Jumlah Buangan Air Limbah Daerah Jakarta Setiap Hari (Herlambang, A., 2018)

No	Sumber Pencemar	Jumlah perhari	Persentase Kontribusi terhadap Pencemaran Air	Total Keseluruhan
1	Limbah Rumah Tangga	1.038.205 m ³	75 %	1.316.113 m ³ /hari
2	Limbah industri	105.437 m ³	15 %	
3	Limbah Perkantoran dan komersial	448.933 m ³	10 %	

Tabel diatas menunjukkan bahwa limbah rumah tangga sangat besar kontribusinya terhadap pencemaran air yaitu sebesar 75%, sedangkan limbah industri 10% dan limbah perkantoran dan komersial sebesar 15%.

8.4 Komponen Pencemaran Air

Komponen pencemaran air erat kaitannya dengan bahan pencemar yang dihasilkan dari kegiatan industri, kegiatan pertanian, dan kegiatan rumah tangga serta aktivitas lain yang berpotensi menghasilkan limbah. Adapun komponen pencemaran air dapat digolongkan menjadi:

8.4.1 Limbah Padat

Limbah padat adalah limbah berupa padatan kasar maupun halus yang jika dibuang ke dalam air sungai, danau atau laut akan membentuk dua kemungkinan berikut:

1. Pelarutan Bahan Buangan Oleh Air

Perubahan tingkat kepekatan air dipengaruhi oleh bahan buangan berbentuk padat yang larut dalam air. Penetrasi sinar matahari menjadi berkurang yang diakibatkan warna air yang berubah lebih pekat atau gelap. Jenis air ini dapat mengganggu proses fotosintesis tanaman, dan oksigen dalam air menjadi berkurang serta mengganggu kehidupan mikroorganisme yang hidup di dalam air

2. Pengendapan Bahan Buangan Padat Di Dasar Air

Pencemaran air dapat terjadi juga karena adanya limbah padat yang tidak larut dalam air. Limbah padat ini akan mengendap dan mengganggu organisme dalam air yaitu endapan padatan ini akan menutupi telur-telur ikan, sehingga telur tersebut tidak bisa menetas.

8.4.2 Limbah Organik dan Olahan Bahan Makanan

Limbah organik pada umumnya adalah bahan buangan yang dapat membusuk karena diurai oleh mikroorganisme. Limbah organik ini jika dibuang ke perairan akan meningkatkan jumlah mikroorganisme dalam air, dan tidak menutup kemungkinan dengan naiknya jumlah mikroorganisme dalam air akan menyebabkan tumbuhnya bakteri patogen yang berbahaya bagi kesehatan manusia. Oleh karena itu, limbah organik akan lebih baik jika diproses menjadi pupuk kompos.

8.4.3 Limbah Anorganik

Limbah anorganik adalah limbah yang sukar terurai oleh mikroorganisme. Limbah ini biasanya adalah logam yang berasal dari industri yang mengandung Timbal (Pb), Cadmium (Cd), Air raksa (Hg), Arsen (As), Krom (Cr), Kalsium (Ca), Magnesium (Mg), Nikel (Ni) dan Kobalt (Co). Pada umumnya jika logam ini masuk kedalam air, maka akan meningkatkan jumlah ion-ion logam dalam air.

Apabila ion-ion logam berasal dari logam berat yang berbahaya dan beracun, maka air tersebut akan membahayakan kesehatan manusia dan tidak layak untuk diminum.

8.4.4 Limbah Cairan Berminyak

Limbah cairan berminyak tidak akan larut dalam air, namun akan mengapung dan menutupi permukaan air. Minyak dipermukaan air akan menghalangi sinar matahari masuk ke dalam air, sehingga proses fotosintesis tidak terjadi. Jika limbah minyak mengandung senyawa volatil, maka akan terjadi proses penguapan dan permukaan air yang tercemar akan menyusut. Proses penyusutan akan bergantung pada waktu dan jenis minyaknya. Selain itu lapisan minyak tersebut akan terdegradasi oleh bakteri, namun membutuhkan waktu yang cukup lama.

8.4.5 Limbah Zat Kimia

Limbah zat kimia pada dasarnya terdapat dilingkungan bebas dan banyak ragamnya. Beberapa limbah berikut mengandung zat kimia, seperti sabun (baik itu shampoo, deterjen atau pun bahan pembersih), zat radioaktif, zat pembasmi hama (misalnya pestisida), dan zat warna kimia.

Sabun Natron yang merupakan jenis sabun keras mengandung garam natrium asam lemak. Sementara itu, untuk jenis sabun lunak mengandung unsur garam kalium asam lemak. Kandungan dalam sabun tersebut diperoleh dari reaksi antara basa KOH dan asam lemak. Umumnya, sabun lunak diberi zat pewangi, pewarna dan antiseptic seperti halnya pada sabun mandi.

Pencemaran air oleh zat kimia berupa insektisida umumnya terjadi pada lahan pertanian. Penggunaan zat kimia ini ditujukan untuk memberantas hama pengganggu tanaman, yang pada akhirnya mengalir ke air, seperti sawah, sungai maupun danau. Tentunya, air yang tercemar tersebut akan berbahaya dan beracun untuk dikonsumsi oleh makhluk hidup.

8.4.6 Zat Warna Kimia

Pada dasarnya semua zat warna kimia merupakan racun bagi tubuh manusia. Industri pengolahan makanan dan produk lainnya telah banyak menggunakan zat warna untuk meningkatkan nilai jual dari hasil produksi tersebut. Dengan cara ini, maka produk akan semakin mudah untuk dipasarkan.

Adapun industri yang seringkali menggunakan zat warna dalam kegiatannya adalah:

1. Industri tekstil dan pakaian jadi

2. Industri bidang otomotif
3. Industri perfilman, fotografi, percetakan, cat
4. Industri bidang farmasi dan obat-obatan

Selanjutnya, zat warna juga dapat ditemukan dari mineral alam dan senyawa anorganik. Contoh nyata dari zat tersebut adalah cat. Zat warna yang berasal dari senyawa anorganik dikenal dengan pigmen.

8.4.7 Larutan Penyamak Kulit

Senyawa chrom merupakan bahan yang seringkali digunakan pada industri penyamakan kulit. Secara kimia, senyawa chrom menjadi salah satu penyebab terjadinya pencemaran air. Ketika residu dari larutan ini masuk ke dalam air, maka komposisi air akan berubah, karena kandungan ion logam akan meningkat. Akibatnya, air lingkungan tersebut tidak dapat lagi dimanfaatkan sebagai air minum.

Mengingat besarnya dampak penggunaan senyawa chrom, maka sudah sepatutnya mencari substitusi dengan bahan yang lebih ramah lingkungan. Untuk itu, industri penyamakan kulit menggunakan sejenis enzim tertentu sebagai pengganti chrom. Namun demikian, pemakaian enzim tersebut masih berpotensi menyebabkan pencemaran air. Enzim ini akan menambah jumlah populasi mikroorganisme yang ada di dalam air. Selanjutnya, enzim, lemak serta sisa kulit akan diurai oleh mikroorganisme dan menghasilkan uapan yang sayangnya berbau busuk. Bau busuk tersebut timbul karena proses penguraian protein dan gugus amin.

8.4.8 Limbah Zat Radioaktif

Pada dasarnya, pembuangan limbah zat radioaktif ke dalam air lingkungan merupakan kegiatan yang tidak diperbolehkan. Larangan ini tidak lepas dari dampak zat itu sendiri yang sangat berbahaya bagi kesehatan makhluk hidup, khususnya manusia. Pada tingkat tertentu, paparan zat radioaktif pada manusia dapat memicu munculnya penyakit yang parah, seperti kanker. Kendati demikian, dengan maraknya pembangunan dan aktivitas industri, peluang terpaparnya zat radioaktif menjadi lebih besar. Dewasa ini, zat radioaktif sering digunakan pada berbagai sektor usaha, seperti pertanian, kedokteran dan tentu saja industri. Dengan kondisi ini, jika tidak dikelola dengan baik, zat radioaktif akan terus mencemari air lingkungan.

8.5 Dampak Pencemaran Air

Pencemaran air dapat berdampak luas terhadap makhluk hidup. Air yang telah tercemar oleh zat-zat atau bahan kimia tertentu akan memengaruhi organisme dan biota yang ada diperairan. Biota yang ada diperairan akan berkurang bahkan mengalami kepunahan, jika pencemaran terjadi terus menerus dan tidak dilakukan penanggulangan terhadap pencemaran tersebut. Kondisi seperti ini akan berdampak secara tidak langsung terhadap kesehatan manusia dan makhluk hidup lain. Bau yang ditimbulkan oleh air tercemar akan mengganggu pernafasan manusia. Selain itu ikan yang telah terpapar oleh bahan pencemar atau zat kimia tertentu, jika dikonsumsi manusia maka manusia yang mengkonsumsinya juga ikut terpapar. Demikian juga makhluk hidup lain seperti sapi, kambing dan lain-lain, jika minum air yang telah tercemar maka akan mengalami hal yang sama.

Berikut beberapa akibat yang ditimbulkan oleh pencemaran air yaitu:

1. Ekosisten dan kehidupan organisme yang ada di wilayah air tercemar akan terganggu bahkan mengalami kepunahan karena oksigen dalam air menurun drastis akibat bahan pencemar
2. Pertumbuhan ganggang dan tumbuhan air lainnya yang tidak terkendali sebagai parasit akan mengganggu aktivitas manusia seperti menjaring ikan dan aktivitas lainnya menjadi terhambat.
3. Penumpukan limbah atau sampah dalam jumlah besar dalam air akan menyebabkan pendangkalan air baik di danau dan sungai dan bahkan mengakibatkan banjir jika terjadi hujan.
4. Air yang telah tercemar, jika dalam jangka panjang air tersebut dikonsumsi maka dapat menyebabkan risiko terkena berbagai penyakit kanker dan juga risiko bayi cacat lahir.
5. Pencemaran air oleh penggunaan pestisida untuk membunuh hama, namun jika penggunaan peptisida tersebut berlebihan dapat membunuh hewan serta tumbuhan lain yang ada disekitarnya yang memiliki fungsi yang baik dalam ekosistem
6. Menyebabkan terjadinya kepunahan pada berbagai biota kuno di antaranya seperti plankton hingga spesies burung.

7. Terjadinya mutasi sel di dalam tubuh yang akan menyebabkan kanker dan leukemia.
8. Dapat menyebabkan erosi dan tanah longsor
9. Menyebabkan berkurangnya sumber daya air yang bersih yang aman dikonsumsi oleh manusia
10. Menjadi sumber dari berbagai jenis penyakit yang serius

Selanjutnya (Warlina, 2004) membagi dampak pencemaran air menjadi 4 kategori yaitu:

1. Kerusakan terhadap kehidupan biota air. Kehidupan biota air akan terganggu karena banyaknya bahan pencemar dalam air. Oksigen yang terlarut dalam air berkurang drastis, sehingga organisme air yang membutuhkan oksigen terganggu dan perkembangannya berkurang. Kematian juga dapat terjadi pada tumbuhan air dan bakteri-bakteri pengurai, sehingga penjernihan air secara alamiah tidak terjadi
2. Menurunnya kualitas air tanah. Air tanah akan tercemar oleh bakteri e coli yang berasal dari perembesan septic tank ke dalam air tanah, adanya limbah cair yang mengandung bahan kimia dari pabrik yang dibuang ke lingkungan tanpa melalui pengolahan sehingga merembes ke dalam tanah dan memengaruhi kualitas air tanah.
3. Berdampak terhadap kesehatan. Air tercemar menjadi media berkembangnya bakteri patogen, sebagai sarang insekta penyebar penyakit, sebagai media untuk hidup vektor penyakit. Selain itu, jika ketersediaan air bersih tidak cukup, maka manusia tidak dapat membersihkan dirinya dengan baik sehingga menjadi penyebab penyakit bagi tubuhnya.
4. Berdampak terhadap estetika lingkungan. Banyaknya bahan pencemar seperti bahan organik, sampah, minyak dan busa sabun dipermukaan air akan mengurangi estetika lingkungan. Air akan berbau, berwarna dan merubah tampilan permukaan air menjadi tidak menarik.

8.6 Penanggulangan Pencemaran Air

Pengendalian dan penanggulangan pencemaran air dapat diawali dari perilaku dalam kehidupan sehari-hari. Melalui kesadaran diri, kita dapat melakukan tindakan yaitu:

1. Memilih bahan makanan yang lebih alami dengan olahan sendiri di rumah dan mengurangi makanan siap saji. Makanan alami memberikan kesan pada bahan yang ramah lingkungan, sehingga dampak yang ditimbulkan terhadap lingkungan juga kecil.
2. Menghemat penggunaan air. Gunakan air sesuai kebutuhan, agar tidak boros dan air yang terbuang lebih sedikit. Dengan demikian limbah cair yang dihasilkan juga sedikit dan penghematan air juga sangat penting untuk menjaga ketersediaan air bersih di bumi.
3. Selalu menjaga kebersihan dan membuang sampah pada tempatnya. Usaha yang dilakukan dalam menjaga kebersihan lingkungan dan membuang sampah pada tempatnya merupakan upaya untuk meminimalisir pencemaran air oleh sampah. Melakukan kegiatan ini dapat mengurangi tumpukan sampah di air dan tanah. Pemilahan sampah juga penting dilakukan agar sampah dibuang berdasarkan jenisnya dan memudahkan pengolahan lebih lanjut seperti sampah organik dapat diolah menjadi pupuk kompos.
4. Mengawasi penggunaan pupuk kimia dan pestisida. Upaya pengawasan terhadap penggunaan pupuk kimia dan pestisida merupakan salah satu tindakan untuk mengurangi bahan kimia pencemar terhadap air. Penggunaan pupuk kimia dan pestisida ini dapat digantikan dengan pupuk kompos dan bahan pestisida alami yang berasal dari tumbuh-tumbuhan.
5. Menjalankan hukum yang ketat. Bagi seseorang yang melanggar peraturan yang berlaku dalam kerusakan lingkungan, misalnya membuang limbah sembarangan terutama pelaku industri yang membuang limbah industri sembarangan dalam jumlah yang besar maka hukum harus ditegakkan tanpa memandang siapapun pelakunya.

Beberapa upaya yang telah diuraikan diatas, merupakan kegiatan yang lebih mengarah pada pengendalian pencemaran air, oleh karena untuk melakukan penanggulangan terhadap pencemaran air perlu melakukan strategi dan tindakan penanggulangan pencemaran air (Herlambang, A., 2018) yang meliputi:

1. Pengaturan tata ruang. Pengaturan tata ruang sangat penting untuk mengatur dan menata ruang dengan mempertimbangkan beban lingkungan yang akan muncul, jika ruangnya sudah terpakai. Pembangunan kota yang mempertimbangkan kemampuan lingkungan sebagai penopang kehidupan di bumi, akan menghasilkan kota dengan julukan "green city" Untuk kota lama yang sudah terbentuk dapat dilakukan perubahan dengan menatanya kembali, meskipun tidak mudah untuk dilakukan, akan tetapi akan terwujud jika dilakukan dengan pendekatan musyawarah dan konvensasi yang sepadan serta konsep *eco city*.
2. Pembinaan dan penegakan hukum. Pemerintah sangat berperan dalam pembinaan dan penegakan hukum. Hal ini perlunya dukungan data sebagai evaluasi dan monitoring terhadap kerusakan lingkungan. Berapa banyak kerusakan yang ditimbulkan oleh suatu perusahaan harus ada data pendukung yang akurat di pusat data, sehingga penegakan hukum benar-benar dapat ditegakkan secara tegas.
3. Baku mutu kualitas air. Dalam PP RI no. 82 Tahun 2001, dinyatakan bahwa baku mutu air limbah adalah ukuran batas atau kadar unsur pencemar dan atau jumlah unsur pencemar yang ditenggang keberadaannya dalam air limbah yang akan dibuang atau dilepas ke dalam sumber air dari suatu usaha dan atau kegiatan. Pembuangan bahan pencemar dalam air limbah ke lingkungan telah diatur dan ditetapkan dalam peraturan pemerintah. Untuk itu pembuangan limbah ke lingkungan didasarkan pada standar baku mutu yang telah ditetapkan dan diperbolehkan.
4. Perlindungan sumber air. Perlindungan daerah resapan air merupakan salah satu tindakan untuk menanggulangi pencemaran air, yang dilakukan dengan cara pelarangan penebangan hutan dan pembukaan hutan, pembatasan pendirian perumahan, pelarangan penguasaan atas

sumber-sumber air oleh individu dan perlindungan dari pencemaran limbah domestik dan industri.

5. **Monitoring dan evaluasi.** Monitoring dan evaluasi penting dilakukan untuk melihat kondisi lingkungan dan penegakan hukum lingkungan. Oleh karena itu dibutuhkan pusat data tentang permasalahan lingkungan yang diperlukan untuk mengevaluasi dan monitoring daerah-daerah yang rawan pencemaran seperti daerah kawasan industri.
6. **Kelembagaan.** Kelembagaan sangat menentukan dalam pengelolaan lingkungan. Dalam skala nasional lembaga yang berwenang adalah Kementerian Lingkungan Hidup, dalam skala provinsi ada Badan Pengelolaan Lingkungan Hidup (BPLHD), beberapa tempat di daerah masih memakai nama Kantor atau Dinas. Banyaknya permasalahan lingkungan yang dihadapi saat ini, membutuhkan sumber daya manusia yang tidak sedikit. Namun kenyataan bahwa kurangnya sumber daya manusia dalam menangani dan memperbaiki lingkungan. Keadaan ini perlu disiasati dengan memberi peran dan ruang gerak kepada lembaga swadaya masyarakat untuk ikut berperan dalam mengatasi permasalahan lingkungan.
7. **Kelompok sadar lingkungan dan lembaga swadaya masyarakat.** Pemerintah dalam menangani permasalahan lingkungan tidak bisa berjalan sendiri-sendiri. Peran masyarakat sangat dibutuhkan untuk mewujudkan program pemeliharaan lingkungan. Kelompok sadar lingkungan dan swadaya masyarakat merupakan bentuk partisipasi yang dilakukan oleh kelompok masyarakat lokal yang peduli lingkungan. Oleh karena itu perlu dukungan pemerintah sebagai langkah pembinaan untuk suksesnya kegiatan dari kelompok sadar lingkungan dan swadaya masyarakat. Kelompok sadar lingkungan yang berhasil dapat menularkan dan memberi motivasi kepada kelompok lain untuk melakukan kegiatan yang sama.
8. **Produksi bersih.** Produksi bersih merupakan kegiatan internal pemilik usaha atau industri, yang dapat dimulai dari pemilihan bahan baku, proses pengolahan produksi ramah lingkungan, pengepakan sampai

pada pengiriman barang. Kegiatan ini, perlu adanya baku mutu standar sebagai acuan dalam menentukan seberapa banyak limbah yang dihasilkan dan layak lingkungan dalam satu produk. Dengan demikian produksi yang dihasilkan mendapatkan benefit setelah dikurangi biaya pengolahan limbah yang dihasilkan.

9. Teknologi pengolahan limbah. Bagi pemilik usaha atau industri yang letaknya dipinggir sungai atau laut, ditekankan untuk tidak membuang limbah industri langsung ke sungai, danau atau laut, sebelum dilakukan pengolahan. Teknologi pengolahan limbah sangat menentukan dalam pengolahan air limbah. Penelitian awal tentang pemilihan teknologi pengolahan penting dilakukan untuk menyesuaikan jenis dan karakteristik limbah. Penelitian ini dilakukan untuk memberikan kecocokan dan keefektifan teknologi dengan limbah yang di olah.
10. Pajak dan bank lingkungan. Untuk menjaga, memelihara dan memperbaiki lingkungan membutuhkan dana yang tidak sedikit. Oleh karena itu dalam pemeliharaan lingkungan agar terhindar dari pencemaran, sangat dibutuhkan dana untuk mendirikan industri lingkungan. Industri lingkungan dapat terwujud, ketika pemerintah menerapkan pajak kepada penghasil limbah dari proses industri yang dijalankannya. Pajak ini bertujuan untuk mendanai perbaikan lingkungan dan merealisasikan industri lingkungan yang bertujuan untuk menanggulangi permasalahan lingkungan terutama pencemaran.
11. Mendirikan Industri lingkungan. Permasalahan lingkungan masih merupakan permasalahan yang kompleks, hal ini disebabkan oleh kurangnya industri yang didirikan untuk mengatasi masalah lingkungan. Disamping kurangnya anggaran untuk mengatasi permasalahan lingkungan, juga belum menjadi perhatian utama dalam mengelola lingkungan. Oleh karena itu, sangat penting untuk mendirikan industri lingkungan yang bertujuan untuk mengatasi masalah lingkungan terutama pencemaran air. Jika hal ini terwujud maka akan mengurangi beban pemerintah mengurus lingkungan.

Bab 9

Permasalahan Tanah

9.1 Pendahuluan

Tanah merupakan salah satu sumber daya alam yang tidak dapat diperbaharui. Bertambahnya jumlah penduduk menyebabkan kebutuhan tanah untuk tempat tinggal juga semakin besar. Namun, tanah tidak saja diperlukan untuk memenuhi kebutuhan tersebut, tanah juga dibutuhkan untuk memenuhi kebutuhan manusia yang lain, seperti kebutuhan makanan (sandang) dan jasa (sekolah dan jalan) serta kebutuhan industri. Adanya berbagai kepentingan tersebut, menyebabkan tanah menjadi salah satu sumber daya yang diperebutkan sampai dengan hari ini.

Dunia sudah kehilangan sepertiga dari tanah suburnya karena erosi dan polusi di masa lalu (Yu et al., 2019). Selain kuantitas, kualitas tanahpun saat ini semakin menurun. Berbagai peruntukkan tanah atau lahan menyebabkan kualitas tanah menjadi rusak atau kritis, misalnya penggunaan pupuk yang berlebihan pada kegiatan pertanian dan perkebunan, erosi (Rouf AlGhifari, Dinul Dzakiah, & Khulwatul Jannah Asrin, 2019), limbah industri dan rumah tangga serta perubahan iklim (Utami, 2019a, 2019b). Rusaknya tanah menyebabkan sumber daya ini kehilangan fungsinya, yaitu sebagai tempat hidup manusia, hewan dan tumbuhan, media pengatur tata air dan sebagai media daur ulang alami

9.2 Penyebab Degradasi Tanah

9.2.1 Deforestasi

Deforestasi merupakan berkurang atau hilangnya tutupan lahan hutan secara kuantitatif karena ada alih fungsi lahan untuk kegiatan atau fungsi tertentu (Putra, Oktari, & Putriana, 2019). Sedangkan menurut Kamus Besar Bahasa Indonesia, deforestasi adalah penebangan hutan. Secara umum, deforestasi diartikan sebagai penebangan hutan guna peruntukan lain, misalnya pertanian, perkebunan dan pertambangan (Austin, Schwantes, Gu, & Kasibhatla, 2019). Biasanya deforestasi ini dilakukan secara besar-besaran (masif) sehingga dampaknya pun sangat signifikan.

Dampak deforestasi terhadap kualitas tanah di antaranya adalah terjadi peningkatan suhu sebesar 10°C pada permukaan tanah yang tidak memiliki tutupan lahan jika dibandingkan dengan permukaan tanah pada kawasan hutan disekitarnya (Chaddad et al., 2022), berkurangnya nitrogen total dan kalium pada tanah yang telah mengalami konversi dari hutan menjadi perkebunan budidaya tanaman jagung (de Blécourt, Gröngröft, Baumann, & Eschenbach, 2019; Eleftheriadis, Lafuente, & Turrión, 2018; Huang et al., 2021) dan hilangnya stok karbon organik (Davari, Gholami, Nabiollahi, Homae, & Jafari, 2020; Gharibreza et al., 2020; Kassa, Dondeyne, Poesen, Frankl, & Nyssen, 2017; Villarino et al., 2017). Selain itu, deforestasi juga menghilangkan karbon dari biomassa yang berada di bawah dan di atas tanah (Hu et al., 2021). Alih fungsi atau konversi lahan dari hutan menjadi padang rumput atau perkebunan juga berdampak pada keanekaragaman bakteri dan kekayaan spesies pada tanah, terutama pada lapisan tanah 0-5 cm (Melo et al., 2021). Konversi hutan menjadi perkebunan teh juga berpengaruh terhadap sifat fisik tanah berupa ukuran agregat dan kestabilan struktur tanah (Gholoubi, Emami, & Caldwell, 2019). Dari sisi kuantitas tanah, alih fungsi lahan hutan menjadi pertanian kering secara jangka panjang menyebabkan kehilangan tanah sebanyak 60% dengan laju kehilangan tanah 2 mm per tahun (Gharibreza et al., 2020).

9.2.2 Salah Guna dan Proses Pemupukan Yang Berlebihan

Jumlah penduduk yang semakin meningkat setiap tahun menuntut ketersediaan pangan yang cukup besar, sementara lahan untuk pertanian dan perkebunan semakin sedikit. Lahan yang terbatas harus bisa menghasilkan

produk pangan yang cukup. Salah satu cara yang biasa digunakan agar lahan yang terbatas mampu menghasilkan produk pangan yang dibutuhkan adalah dengan menggunakan pupuk secara berlebihan untuk mempercepat pertumbuhan tanaman serta meningkatkan produktivitas tanaman. Penggunaan pupuk, khususnya pupuk kimia yang berlebihan dapat menyebabkan berbagai masalah lingkungan (Sharma & Singhvi, 2017), misalnya peningkatan kadar keasaman tanah dan pemadatan tanah (Song et al., 2022). Tanah yang memiliki tingkat keasaman yang tinggi tidak dapat menjadi media tumbuh bagi tanaman, sedangkan pemadatan tanah menyebabkan berkurangnya laju infiltrasi air ke dalam tanah sehingga kondisi tanah menjadi mudah kering dan kandungan air tanah juga berkurang. Selain itu, penggunaan pupuk kimia secara berkepanjangan juga dapat memperburuk kondisi tanah, lingkungan ekologi tanah, serta dapat terserap ke dalam produk pertanian atau perkebunan sehingga berbahaya apabila dikonsumsi oleh makhluk hidup (Li & Wu, 2008).

Pemakaian pupuk yang berlebihan juga dapat membunuh bakteri yang menguntungkan bagi tanah dan mikroorganisme lain yang membantu pembentukan tanah. Hal ini dapat meningkatkan laju degradasi tanah dengan menghancurkan aktivitas biologis serta terjadi peningkatan toksisitas dalam tanah yang berbahaya bagi ekosistem yang ada di dalamnya.

9.2.3 Kegiatan Pertambangan

Keberadaan sumber daya tanah sangat besar manfaatnya bagi kelangsungan hidup manusia. Manfaat yang didapat tidak hanya yang ada di atasnya, namun material yang terkandung di bawahnya pun sangat bermanfaat bagi kehidupan manusia. Bahan-bahan yang terkandung di dalam tanah dan bermanfaat bagi kehidupan manusia di antaranya adalah bahan tambang atau galian. Hampir semua unsur logam yang ada di bumi terkandung di dalam tanah. Untuk dapat dimanfaatkan, maka dilakukan kegiatan yang dikenal dengan istilah penambangan. Tidak saja logam, bahan lain yang ada di dalam tanah juga dapat berupa sumber energi, baik energi terbarukan maupun tidak terbarukan.

Untuk dapat dimanfaatkan, maka bahan-bahan tersebut harus diambil dengan cara membuka lahan di atasnya, yang biasanya berupa hutan. Pembukaan lahan untuk aktivitas tersebut tidak saja merubah struktur lapisan tanah asli, namun juga terkadang menyebabkan hilangnya lapisan tanah atas yang merupakan lapisan tanah yang paling subur. Selain itu, penggalian tanah juga menyebabkan tersingkapnya batuan dan mineral yang ada di dalam tanah dan menyebabkan

material tersebut bereaksi dengan udara bebas (teroksidasi) sehingga menyebabkan pH tanah menjadi rendah.

9.3 Dampak Degradasi Tanah

9.3.1 Tanah Kering dan Gersang

Selain karena proses alami, yaitu curah hujan yang rendah, kekeringan tanah terjadi karena aktivitas manusia, misalnya pembukaan lahan hutan untuk kegiatan tertentu sehingga tidak ada tutupan hijau serta berkurangnya lahan yang mampu menyerap air sehingga cadangan air tanah semakin berkurang. Penggunaan pupuk kimia secara berlebihan juga dapat menyebabkan kekeringan tanah. Pemanasan global yang menyebabkan naiknya suhu di permukaan bumi juga mengakibatkan terjadinya kekeringan pada tanah.

9.3.2 Hilangnya lahan yang subur

Kondisi tanah yang kering dan gersang jelas merupakan gambaran jika tanah tersebut adalah tanah yang kurang atau tidak subur sehingga diperlukan perlakuan khusus sebelum tanah itu bisa dimanfaatkan kembali. Terjadinya erosi juga menyebabkan tanah kehilangan kesuburannya karena erosi mengikis lapisan tanah atas yang paling subur dan membawanya ke lokasi lain, misalnya badan air permukaan. Hal ini lama kelamaan dapat menyebabkan terjadinya sedimentasi dan pendangkalan sungai sehingga kapasitasnya berkurang yang kemudian diikuti oleh terjadinya banjir.

9.3.3 Pencemaran Air dan Sedimentasi

Sedimen hasil dari erosi yang masuk atau terbawa ke sungai dapat menimbulkan pencemaran pada perairan tersebut. Partikel tanah dapat menyebabkan tingginya kandungan padatan dalam air sehingga kondisi perairan menjadi keruh. Hal ini dapat mengurangi penetrasi sinar matahari ke dalam air sehingga mengganggu proses fotosintesis. Selain itu, sedimentasi juga dapat mengancam kehidupan organisme yang ada di dasar perairan seperti bentos dan kustasea. Partikel tanah yang tererosi dapat terendapkan di dasar perairan sehingga mengganggu kehidupan organisme yang ada di dalamnya.

9.4 Solusi dalam Mengatasi Permasalahan Tanah

Beberapa usaha yang dapat dilakukan untuk mengurangi terjadinya degradasi tanah adalah dengan dilaksanakannya program reklamasi lahan, mencegah terjadinya salinisasi tanah serta melakukan konservasi tanah, baik secara mekanik/teknis, vegetatif, maupun kimia.

9.4.1 Reklamasi lahan

Menurut Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 26 Tahun 2020 tentang Rehabilitasi dan Reklamasi Hutan, reklamasi hutan adalah usaha untuk memperbaiki atau memulihkan kembali kawasan hutan yang rusak sehingga berfungsi secara optimal sesuai dengan peruntukannya. Reklamasi dilakukan pada kawasan hutan yang telah mengalami perubahan permukaan tanah dan perubahan penutupan tanah karena penggunaan kawasan hutan dan bencana.

9.4.2 Mencegah Salinisasi

Masalah salinitas tanah bukanlah hal yang baru. Sejak zaman Mesopotamia yang merupakan peradaban awal, sudah terjadi kegagalan pertanian karena terjadinya salinisasi pada tanah yang disebabkan karena irigasi yang berlebihan, rembesan, pendangkalan dan naiknya permukaan air (Shahid, Zaman, & Heng, 2018). Salinisasi tanah merupakan proses terjadinya kenaikan kandungan garam yang mudah larut (NaCl , Na_2CO_3 , dan Na_2SO_4) pada tanah yang menyebabkan tanah menjadi salin (Karolinoerita & Yusuf, 2020). Salinisasi tanah dapat disebabkan karena naiknya kadar garam yang berada di bawah tanah yang disebabkan oleh tingginya evaporasi akibat perubahan vegetasi penutup lahan dan kenaikan muka air laut (sebagai akibat dari pemanasan global) yang menyebabkan intrusi air laut dengan kadar garam yang tinggi ke dalam air tanah (Karolinoerita & Yusuf, 2020; Muliawan, Sampurno, & Jumarang, 2016) serta terjadinya bencana alam seperti tsunami (Kristiono, Purwaningrahyu, & Taufiq, 2013). Kondisi ini banyak dijumpai pada tanah yang berada disekitar wilayah pesisir dan wilayah yang dipengaruhi oleh pasang surut air laut (Hairmansis, 2020; Kristiono et al., 2013).

Dampak dari adanya tanah salin ini adalah dapat mengganggu atau menghambat pertumbuhan tanaman (Izzati, 2016). Hal ini terjadi karena

kandungan garam yang tinggi akan menghambat penyerapan air oleh tanaman. Kadar garam yang tinggi juga mengganggu penyerapan unsur hara oleh tanaman. Selain itu, tingginya kadar garam pada tanah juga mengakibatkan rusaknya struktur tanah sehingga aerasi dan permeabilitas tanah menjadi rendah (Muliawan et al., 2016).

Agar salinitas tanah dapat dicegah, maka beberapa hal yang dapat dilakukan di antaranya adalah penerapan teknik tata air menggunakan metode kolam alur (Karolinoerita & Yusuf, 2020; Kristanto, 2017). Sedangkan untuk mengatasi tanah yang telah mengandung kadar garam yang tinggi dapat dilakukan dengan melakukan pengelolaan tanah dengan pengelolaan secara mekanis, penambahan bahan pembenah tanah, seperti arang sekam padi dan pupuk kandang (Dharmasika, Budiyanto, & Kusmiyati, 2019) serta penambahan kapur, gysum dan sulfur serta mulsa (Karolinoerita & Yusuf, 2020).

9.4.3 Penggunaan Bahan Organik

Saat revolusi hijau terjadi di Indonesia guna meningkatkan produktivitas pangan, saat itu juga diperkenalkan sistem pertanian modern dari yang sebelumnya menggunakan teknik tradisional, di antaranya adalah penggunaan bibit unggul, pupuk kimia/sintetis dan pembangunan sistem irigasi modern. Penggunaan pupuk ini lama kelamaan berdampak negatif terhadap kualitas tanah, misalnya akumulasi kontaminan dalam tanah dan mengganggu keseimbangan unsur hara dalam tanah. Sebagai penyeimbang, maka saat ini penggunaan pupuk kimia banyak dikurangi dan digantikan dengan penggunaan bahan organik.

Bahan organik terbukti mampu membantu memperbaiki kualitas tanah sehingga tanah yang kritis dan kurang produktif dapat dimanfaatkan kembali. Selain itu, bahan organik juga dapat berfungsi sebagai agen pemantap agregat tanah. Beberapa contoh bahan organik yang dapat memperbaiki sifat fisik, kimia dan biologi tanah di antaranya adalah kombinasi pupuk kandang ayam dan kompos yang dapat menekan laju evaporasi dalam tanah sehingga meningkatkan kadar air tanah (Afandi, Siswanto, & Nuraini, 2017; Hasibuan, 2015; Intara, Sapei, Sembiring, & Djoefrie, 2011), daun dan kulit pisang mampu meningkatkan kapasitas tukar kation dan serapan hara tanah (Saptiningsih, 2015; Wihardjaka, 2021), pemberian vermikompos dapat meningkatkan porositas tanah dan meningkatkan kandungan C organik pada tanah (Hasibuan, 2015; Surya, Nuraini, & Widiyanto, 2017), biochar serasah jagung mampu meningkatkan kandungan P-tersedia (Tambunan, Handayanto,

& Siswanto, 2017) dan produksi tanaman (Yu et al., 2019) serta jerami padi mampu menurunkan kelarutan Fe^{2+} pada tanah sulfat masam (Fahmi, Radjagukguk, & Purwanto, 2019).

9.4.4 Pengelolaan Tanah dengan Teknik Konservasi

Teknik konservasi yang dapat dilakukan dalam rangka pengelolaan tanah adalah teknik mekanik, vegetatif dan kimia. Konservasi tanah secara mekanik merupakan perlakuan fisik yang diterapkan pada tanah yang meliputi pembuatan teras bangku, pembuatan saluran pembuangan air dan rorak (saluran peresapan) (Dariah, Haryati, & Budhyastoro, 2004). Cara ini dimaksudkan untuk mengurangi laju aliran permukaan serta mencegah erosi (Wardoyo, Purnomo, Santosa, Priyanto, & Anshori, 2014; Yulianur, Rizalihadi, & Bachtiar, 2015). Dengan adanya teras tersebut, aliran air yang membawa partikel tanah tidak akan langsung masuk atau terendapkan di badan air permukaan (Putri, Suharso, & Usman, 2012).

Konservasi tanah secara vegetatif dapat dilakukan dengan cara penghutanan kembali, wanatani, strip rumput, pemberian mulsa, penerapan pola tanam dan lain-lain (Subagyono, Marwanto, & Kurnia, 2003). Konservasi ini juga sering dikombinasikan dengan bahan lain, misalnya pupuk kandang untuk meningkatkan kesuburan tanah (Yuningsih & Khotimah, 2018). Metode ini selain digunakan untuk mengurangi energi dari air hujan yang dapat memecah butiran-butiran tanah sehingga mudah tererosi, mengurangi terjadinya erosi (Fuady, Satriawan, & Mayani, 2015; Laut, 2020; Rahayu, 2014) juga dapat mengurangi laju aliran permukaan dan meningkatkan kapasitas infiltrasi tanah (Haridjaja, Arsyad, & Yahya, 2012; Idjudin, 2011).

Konservasi tanah secara kimia dapat dilakukan dengan penambahan bahan kimia, baik bahan kimia organik dan anorganik yang bertujuan untuk memperbaiki sifat tanah dan mencegah terjadinya erosi. Bahan kimia yang ditambahkan berfungsi sebagai pembenah tanah (*soil conditioner*). Fungsi dari pembenah tanah ini adalah untuk menjaga kestabilan agregat dan struktur tanah serta kapasitas infiltrasi tanah. Beberapa contoh bahan yang dapat dijadikan sebagai *soil conditioner* adalah hidrogel superabsorben (Guilherme et al., 2015) dan limbah pertanian yang dikombinasikan dengan bakteri mampu mendegradasi tanah yang tercemar limbah minyak (Liu et al., 2020). Polimer superabsorben berbasis pati singkong yang digunakan sebagai *soil conditioner* secara signifikan mampu mengubah sifat fisik dan kimia tanah, di antaranya adalah berat isi tanah menurun sedangkan kapasitas menahan air dan

porositas meningkat (Parvathy, Jyothi, John, & Sreekumar, 2014). Pemanfaatan *Sargassum johnstonii* (rumput laut coklat) sebagai *soil conditioner* juga mampu menyuburkan tanah untuk meningkatkan produktivitas tanaman tomat (Kumari, Kaur, & Bhatnagar, 2013) dan penggunaan kitosan mampu memperbaiki sifat fisik tanah melalui peningkatan porositas, konduktivitas air yang lebih tinggi, dan mendukung pertumbuhan akar (Kubavat et al., 2020). *Soil conditioner* berbasis mineral seperti batu kapur dan dolomit merupakan bahan alkali yang kaya akan silikon, kalsium, kalium, dan magnesium yang dapat diaplikasikan untuk mengurangi keasaman tanah (Yang et al., 2020).

Bab 10

Pembangunan Berwawasan Lingkungan

10.1 Pendahuluan

Permasalahan dari proses pembangunan dan pengembangan di wilayah Indonesia meliputi adanya suatu kesenjangan antar wilayah, masalah kemiskinan, jumlah penduduk, pembangunan yang belum merata, serta kesenjangan ekonomi. Kegiatan pembangunan memiliki nilai yang sangat mulia dan dibutuhkan oleh setiap manusia dalam mencapai kesejahteraan dalam berbagai sektor tetapi dalam pelaksanaannya harus mencapai suatu kesetimbangan pembangunan. Secara singkat, kesetimbangan kegiatan pembangunan kadang-kadang tidak tercapai karena disatu pihak ada kemajuan tetapi dilain pihak ditemukan beberapa kerusakan lingkungan yang secara serius dapat mengganggu kehidupan manusia dan kelangsungan pembangunan. Sesungguhnya lingkungan merupakan masalah yang saling terkait dengan pembangunan.

Secara umum kondisi lingkungan merupakan gabungan dari beberapa unsur yaitu unsur fisik (mineral, tanah, air dan udara), makhluk hidup (manusia, fauna dan flora) dan interaksi kultur antara manusia dengan manusia serta manusia dengan alam. Kegiatan interaksi dalam bentuk pembangunan

merupakan suatu upaya untuk meningkatkan taraf hidup rakyat dalam bentuk apapun, pada hakekatnya kegiatan tersebut untuk menyediakan kesempatan bagi masyarakat memperbaiki kehidupan dan memperbaiki taraf kehidupan (Saptari, 2009).

Pembangunan yang berwawasan lingkungan merupakan kegiatan yang terencana menggunakan dan mengelola sumber daya alam secara bijaksana dalam pembangunan dan berkesinambungan untuk meningkatkan kualitas kehidupan manusia dan pengelolaan lingkungan hidup tanpa mengorbankan generasi yang akan datang.

10.2 Konsep Pembangunan Berwawasan Lingkungan

Pembangunan berwawasan lingkungan merupakan pembangunan yang berkelanjutan untuk mengoptimalkan manfaat dari sumber daya alam dan menopang kehidupan manusia agar tercapai kesejahteraan. Konsep pembangunan berkelanjutan atau sustainable development merupakan proses pembangunan yang meliputi: lahan, kota, bisnis, masyarakat. Berdasarkan *Brundt land Report* dari PBB (1987) yaitu "memenuhi kebutuhan sekarang tanpa mengorbankan pemenuhan kebutuhan generasi masa depan".

Pembangunan berkelanjutan untuk memenuhi kebutuhan manusia masa kini tanpa mengorbankan kebutuhan untuk generasi masa depan dengan menitikberatkan pada daya dukung lingkungan, pencapaian keadilan sosial, berkelanjutan ekonomi dan lingkungan menjadi tempat hidup manusia dan makhluk hidup yang lain. Pembangunan berwawasan lingkungan tidak menimbulkan efek negatif terhadap kelestarian lingkungan seperti pencemaran dan menurunnya jumlah sumber daya yang tidak dapat diperbarui secara drastis.

Implementasi pembangunan berkelanjutan akan berorientasi pada pemerataan kesejahteraan pada masyarakat, terutama pada sektor ekonomi dapat berdasarkan tingkat kebutuhan kehidupan manusia dan adanya keterbatasan sumber lingkungan yang terkait kondisi teknologi untuk memenuhi kebutuhan saat ini dan masa depan.

Dasar pembangunan berkelanjutan sesuai, *The Global Tomorrow Coalition* (1990) terdiri dari 4 hal sebagai berikut yaitu:

1. Pembangunan ekonomi dan kesehatan lingkungan merupakan dua hal pokok yang saling berkaitan. Proses pengambilan keputusan atau perumusan kebijakan mengawali integrasi antara lingkungan dan ekonomi
2. Persoalan lingkungan merupakan hal yang saling terkait satu sama lain
3. Masalah ekonomi dan lingkungan juga berhubungan dengan faktor sosial dan politik
4. Pentingnya kerja sama dan komunikasi internasional diakibatkan oleh faktor-faktor ekonomi, polusi, dan ekosistem yang tidak peduli batas-batas negara.

Pembangunan berkelanjutan perlu mendapatkan perhatian agar daerah dapat dikembangkan tanpa mengganggu ekosistem lingkungan yang ada. Masyarakat setempat tidak terpinggirkan kepentingannya untuk pemenuhan kebutuhan hidup yang lebih baik. Pembangunan berkelanjutan berhubungan erat dengan pertumbuhan ekonomi dan bagaimana mencari jalan untuk memajukan ekonomi dalam jangka panjang, tanpa menghabiskan modal alam.

Emil Salim berpendapat bahwa pembangunan berkelanjutan bertujuan untuk meningkatkan kesejahteraan masyarakat, untuk memenuhi kebutuhan dan aspirasi manusia. Secara umum pembangunan yang berkelanjutan pada hakekatnya dilaksanakan dalam rangka menjamin keberlangsungan hidup generasi masa akan datang melalui pemerataan pembangunan.

Sasaran pembangunan berkelanjutan berdasarkan pemerataan pembangunan menurut Sutamihardja (2004) yaitu:

1. Pemerataan manfaat hasil-hasil pembangunan antar generasi (*intergeneration equity*) yang berarti bahwa pemanfaatan sumber daya alam untuk kepentingan pertumbuhan perlu memperhatikan batas - batas yang wajar dalam kendali ekosistem atau sistem lingkungan serta diarahkan pada sumber daya alam yang *replaceable* dan menekankan serendah mungkin eksploitasi sumber daya alam yang *unreplaceable*.

2. *Safeguarding* atau pengamanan terhadap kelestarian sumber daya alam dan lingkungan hidup yang ada dan pencegahan terjadi gangguan ekosistem dalam rangka menjamin kualitas kehidupan yang tetap baik bagi generasi yang akan datang.
3. Pemanfaatan dan pengelolaan sumber daya alam semata untuk kepentingan mengejar pertumbuhan ekonomi demi kepentingan pemerataan pemanfaatan sumber daya alam yang berkelanjutan antar generasi.
4. Mempertahankan kesejahteraan rakyat yang berkelanjutan baik masa kini maupun masa yang mendatang (inter temporal).
5. Mempertahankan manfaat pembangunan ataupun pengelolaan sumber daya alam dan lingkungan yang mempunyai dampak manfaat jangka panjang ataupun lestari antar generasi.
6. Menjaga mutu ataupun kualitas kehidupan manusia antar generasi sesuai dengan habitatnya.

10.3 Ciri-Ciri Pembangunan Berwawasan Lingkungan

Suatu pembangunan yang berwawasan lingkungan menjadi pola kebijaksanaan pembangunan kedepan yang tidak mengganggu keseimbangan ekosistem yaitu pembangunan yang berorientasi kepada pengelolaan sumber daya alam sekaligus melakukan upaya perlindungan dan pengembangannya. Keberhasilan dari pembangunan berkelanjutan berwawasan lingkungan hidup berdasarkan koordinasi yang keterpaduan antara pemanfaatan sumber daya alam, sumber daya manusia, dan sumber daya buatan.

Adapun syarat-syarat untuk pembangunan berwawasan berkelanjutan, yaitu:

1. Keberlanjutan Ekologis
2. Keberlanjutan Ekonomi
3. Keberlanjutan Sosial dan Budaya
4. Keberlanjutan Politik

5. Keberlanjutan Pertahanan dan Keamanan.

Menurut peraturan kementerian lingkungan hidup (1990) pembangunan yang berwawasan lingkungan dapat diukur berdasarkan 3 (tiga) kriteria yaitu:

1. Tidak terjadi pemborosan pada penggunaan sumber daya alam
2. Tidak terjadi polusi dan dampak lingkungan lainnya
3. Kegiatan dapat meningkatkan penggunaan sumber daya.

Beberapa ciri-ciri kebijaksanaan pembangunan berwawasan lingkungan yaitu:

1. Memberikan peluang kepada setiap warga masyarakat dalam peningkatan mutu taraf hidup pada berbagai ragam kehidupan.
2. Pembangunan berwawasan lingkungan terkait pada pengendalian perubahan sumber daya alam secara fisik, pengaturan ekonomi, pembinaan etika lingkungan dan sosial secara maksimal serta berkesinambungan dalam peningkatan kesejahteraan masyarakat.
3. Kriteria pembangunan berwawasan lingkungan karena suatu perencanaan yang memerhatikan daya dukung lingkungan sehingga dapat mendukung adanya kesinambungan pembangunan berwawasan lingkungan yang akan berdampak baik bagi kelangsungan hidup kedepannya.

10.4 Prinsip Pilar Pembangunan Berkelanjutan

Pengertian pembangunan berkelanjutan, Komisi Bruntland mengidentifikasi 7 (tujuh) tujuan penting untuk kebijakan pembangunan dan lingkungan (Mitchell, 2000), sebagai berikut:

1. Memikirkan kembali makna pembangunan.
2. Merubah kualitas pertumbuhan (lebih menekankan pada pembangunan daripada sekedar pertumbuhan).

3. Memenuhi kebutuhan dasar akan lapangan kerja, makanan, energi, air, dan sanitasi.
4. Menjamin terciptanya keberlanjutan pada satu tingkat pertumbuhan tertentu.
5. Mengkonservasi dan meningkatkan sumber daya.
6. Merubah arah teknologi dan mengelola risiko.
7. Memadukan pertimbangan lingkungan dan ekonomi dalam pengambilan keputusan.

Secara umum, prinsip dari pembangunan berwawasan lingkungan merupakan suatu pembangunan yang berpegang erat dengan sumber daya alam dan generasi yang akan datang tetap menikmati sumber daya alam yang sama. Hubungan antara sumber daya alam dan lingkungan hidup akan selalu berkaitan dengan pembangunan berkelanjutan. Dampak yang di timbulkan dari pembangunan berkelanjutan akan berpengaruh pada sektor ekonomi, sosial dan lingkungan. Menurut Pongtuluran Yonathan (2015) prinsip ini mencakup adanya pemikiran aspek lingkungan hidup sedini mungkin dan pada setiap tahapan pembangunan diperhitungkan daya dukung lingkungan di bawah nilai ambang batasnya.

Adapun pilar-pilar pembangunan berkelanjutan berupa berkelanjutan ekonomi, berkelanjutan sosial dan berkelanjutan lingkungan, yang berkembang secara seimbang, kalau tidak pembangunan akan terjebak pada model pembangunan konvensional yang menekankan pertumbuhan ekonomi saja dan meninggalkan perkembangan sosial dan lingkungan.

Pengelolaan lingkungan hidup berdasarkan pelestarian kemampuan lingkungan yang serasi dan seimbang untuk menunjang pembangunan yang berkesinambungan bagi peningkatan kesejahteraan manusia. Berdasarkan UU Nomor 32 tahun 2009, pembangunan berkelanjutan tidak saja berkonsentrasi pada isu - isu lingkungan. Lebih luas daripada itu, pembangunan berkelanjutan mencakup tiga lingkup kebijakan yaitu pembangunan ekonomi, pembangunan sosial, dan perlindungan lingkungan. Dokumen-dokumen PBB, terutama dokumen hasil World Summit 2005 menyebut ketiga dimensi tersebut saling terkait dan merupakan pilar pendorong bagi pembangunan berkelanjutan.

Agenda 2030 untuk Pembangunan Berkelanjutan (the 2030 Agenda for Sustainable Development atau SDGs) adalah kesepakatan pembangunan baru yang mendorong perubahan - perubahan yang bergeser ke arah pembangunan

berkelanjutan yang berdasarkan hak asasi manusia dan kesetaraan untuk mendorong pembangunan sosial, ekonomi dan lingkungan hidup.

Pelaksanaan pembangunan berwawasan lingkungan menurut Lonergan terdapat 3 (tiga) bidang pembangunan yang menjadi pertimbangan yaitu:

10.4.1 Pembangunan Berkelanjutan di bidang Ekonomi

Ekonomi yang menghubungkan antara pengaruh - pengaruh unsur makro ekonomi dan mikro ekonomi pada lingkungan dan bagaimana sumber daya alam diperlakukan dalam analisis ekonomi. Pembangunan ekonomi nasional sebagaimana diamanatkan oleh Undang-Undang Dasar Negara Republik Indonesia Tahun 1945 diselenggarakan berdasarkan prinsip pembangunan berkelanjutan dan berwawasan lingkungan, kemiskinan, ekuitas, keberlanjutan, perubahan iklim.

Hubungan ekonomi dengan sosial merupakan kesetaraan antara generasi dan kebutuhan dasar/mata pencaharian (pertumbuhan, efisiensi dan stabilitas). Pembangunan ekonomi berkelanjutan adalah tercapainya pertumbuhan ekonomi berkualitas melalui keberlanjutan peluang kerja dan usaha, inovasi, industri inklusif, infra struktur memadai, energi bersih yang terjangkau dan didukung kemitraan. Pembangunan ekonomi akan menciptakan kenaikan penghasilan nasional secara bersinergi yang memberikan kemampuan suatu negara untuk memelihara lingkungan agar tidak terjadi kerusakan lingkungan tetapi dapat mendukung kehidupan manusia dan makhluk hidup yang lain disekitarnya.

Pembangunan berkelanjutan telah melaksanakan peningkatan peluang ekonomi sesuai dengan kebijakan pemerintah untuk mempercepat capaian pembangunan ekonomi Indonesia dimulai tahun 2011 – 2023 terutama penguatan konektivitas internet yaitu Rencana Pita lebar Nasional Indonesia menetapkan target 2019 untuk tingkat penetrasi broadband 30% di daerah perkotaan dan 6% di daerah pedesaan dan tingkat penetrasi broadband seluler 100% di daerah perkotaan dan 52% di daerah pedesaan (Rohman, 2014 dalam Puspitasari & Ishii, 2016).

10.4.2 Pembangunan Berkelanjutan di bidang Lingkungan

Pembangunan berkelanjutan di bidang lingkungan meliputi proses pengelolaan sumber daya alam dan lingkungan yang berkelanjutan sebagai penyangga seluruh kehidupan adil, lumayan, giat dan berkelanjutan yang dapat

menentukan penampilan dan sosok pembangunan, pertumbuhan penduduk, dan degradasi lingkungan pada semua negara. Hubungan ekonomi dengan lingkungan memberikan penilaian/internalisasi dan menimbulkan dampak polusi pada ketahanan serta keaneka ragaman hayati dan sumber daya alam.

Berdasarkan UU No. 23 tahun 1997 tentang pengelolaan lingkungan hidup, pada pasal 1 ayat 3 yang berbunyi: Pembangunan berkelanjutan yang berwawasan lingkungan hidup adalah upaya sadar dan terencana, yang memadukan lingkungan hidup, termasuk sumber daya, ke dalam proses pembangunan untuk menjamin kemampuan, kesejahteraan, dan mutu hidup generasi masa kini dan generasi masa depan. Pada UU No. 23 Tahun 1997 telah dilaksanakan pembaruan telah dilakukan tentang Pengelolaan Lingkungan Hidup menjamin kepastian hukum dan memberikan perlindungan terhadap hak setiap orang untuk mendapatkan lingkungan hidup yang baik dan sehat sebagai bagian dari perlindungan terhadap keseluruhan ekosistem.

10.4.3 Pembangunan Berkelanjutan di bidang Sosial Budaya

Pembangunan sosial berkelanjutan adalah tercapainya pemenuhan hak dasar manusia yang berkualitas secara adil dan setara untuk meningkatkan kesejahteraan bagi seluruh masyarakat yang mengaitkan antara tradisi atau sejarah dengan dominasi ilmu pengetahuan barat, serta pola tradisi agama. Hubungan sosial dengan lingkungan (kesetaraan antara generasi dan nilai budaya). Pembangunan yang berwawasan lingkungan berintegrasi satu sama lain untuk mendorong terciptanya segala kebutuhan dasar kehidupan misalnya perumahan, listrik, sanitasi, air bersih, perawatan kesehatan, pendidikan, bahan bakar, akses telekomunikasi dan internet dan asset pokok untuk bertahan hidup secara layak (pemberdayaan, inklusi/konsultasi).

Selama abad 20 terjadi 2 (dua) revolusi terkait dengan peranan lingkungan hidup dalam pembangunan ekonomi dan sosial. Revolusi pertama antara 1960's -1970's saat munculnya paradigma bahwa terdapat konflik antara konsep pertumbuhan dan konservasi sumberdaya alam dan lingkungan di mana setiap terjadi pembangunan yang dimaksudkan untuk meningkatkan kesejahteraan masyarakat selalu dibarengi dengan eksploitasi sumber daya alam dan terjadinya kerusakan lingkungan (Meadows, dkk, 1972).

10.5 Perlindungan Dan Pengelolaan Lingkungan Hidup

Pembangunan berkelanjutan merupakan suatu upaya sadar dan terencana yang memadukan aspek lingkungan hidup, sosial, dan ekonomi ke dalam strategi pembangunan untuk menjamin keutuhan lingkungan hidup serta keselamatan, kemampuan, kesejahteraan, dan mutu hidup generasi masa kini dan generasi masa depan.

Pada Undang-Undang Republik Indonesia tentang Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup, No. 32 tahun 2009 diharapkan mampu memberikan dampak positif bagi tata kelola lingkungan di Indonesia serta sejalan dengan pembangunan berkelanjutan dan berwawasan lingkungan yang diamanatkan oleh Undang-Undang Dasar Negara Republik Indonesia Tahun 1945. Pada peraturan tersebut, tercakup proses perumusan dan penerapan instrumen pencegahan pencemaran dan/atau kerusakan lingkungan hidup serta penanggulangan dan penegakan hukum mewajibkan pengintegrasian aspek transparansi, partisipasi, akuntabilitas, dan keadilan. dimaksudkan untuk meningkatkan kepedulian, kesadaran dan tanggung jawab stake holder (pembuat kebijakan, pelaksana, dan masyarakat yang terkena dampak pembangunan) agar bersama-sama menyadari pentingnya Perlindungan dan pengelolaan lingkungan hidup.

Menurut Otto Soemarwoto, pembangunan berkelanjutan tidak memiliki sifat serakah yang mementingkan kepentingan diri sendiri, akan tetapi pembangunan berkelanjutan akan memikirkan kebutuhan bagi generasi penerus selanjutnya. Menurut M. Daud Silalahi, menegaskan bahwa antara pembangunan berwawasan lingkungan dengan pembangunan berkelanjutan dapat diibaratkan bagaikan dua sisi dari mata uang yang sama di mana keduanya saling berkaitan, sehingga dapat disimpulkan bahwa pembangunan berkelanjutan yang berwawasan lingkungan merupakan pembangunan yang tidak mengabaikan kelestarian lingkungan, menjaga keharmonisan lingkungan dan sumber daya alam tetap terjaga sampai generasi – generasi berikutnya untuk meningkatkan kesejahteraan generasi sekarang tanpa mengurangi kemampuan generasi masa akan datang untuk mengelola sumber daya guna meningkatkan kesejahteraannya.

Pembangunan berkelanjutan berdasarkan pada landasan hukum yang menjadi dasar dan pedoman dalam melaksanakan pembangunan berkelanjutan yaitu Undang-Undang Nomor 32, Tahun 2009 tentang Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup yang dikutip seperti di bawah ini:

1. Pasal 3 Perlindungan dan pengelolaan lingkungan hidup bertujuan:
 - a. melindungi wilayah Negara Kesatuan Republik Indonesia dari pencemaran dan/atau kerusakan lingkungan hidup; keadilan; eko region; keanekaragaman hayati; pencemar membayar; partisipatif; kearifan lokal;
 - b. menjamin keselamatan, kesehatan, dan kehidupan manusia;
 - c. menjamin kelangsungan kehidupan makhluk hidup dan kelestarian ekosistem;
 - d. menjaga kelestarian fungsi lingkungan hidup;
 - e. mencapai keserasian, keselarasan, dan keseimbangan lingkungan hidup;
 - f. menjamin terpenuhinya keadilan generasi masa kini dan generasi masa depan;
 - g. menjamin pemenuhan dan perlindungan hak atas lingkungan hidup sebagai bagian dari hak asasi manusia;
 - h. mengendalikan pemanfaatan sumber daya alam secara bijaksana;
 - i. mewujudkan pembangunan berkelanjutan; dan
 - j. mengantisipasi isu lingkungan global.
2. Paragraf 8 Instrumen Ekonomi Lingkungan Hidup mencakup antara lain:
 - a. Pasal 42, yang berisi ayat (1) yang berbunyi:

Dalam rangka melestarikan fungsi lingkungan hidup, Pemerintah dan pemerintah daerah wajib mengembangkan dan menerapkan instrumen ekonomi lingkungan hidup.

Pada ayat (2) yang berbunyi: Instrumen ekonomi lingkungan hidup sebagaimana dimaksud pada ayat (1) salah satunya adalah perencanaan pembangunan dan kegiatan ekonomi.
 - b. Pasal 43 menyatakan bahwa Instrumen perencanaan pembangunan dan kegiatan ekonomi meliputi:

- 1) Penyusunan neraca sumber daya alam dan lingkungan hidup
- 2) Penyusunan produk domestik bruto dan produk domestik regional bruto yang mencakup penyusutan sumber daya alam dan kerusakan lingkungan hidup
- 3) Mekanisme kompensasi/imbal jasa lingkungan hidup antar daerah dan
- 4) Internalisasi biaya lingkungan hidup.

Pemantauan dan pengelolaan lingkungan hidup terkait pembangunan berkelanjutan berdasarkan perubahan peraturan pemerintah **Undang-Undang Nomor 22, Tahun 2021 tentang penyelenggaraan perlindungan dan pengelolaan lingkungan hidup** yaitu akan menerapkan beberapa upaya untuk pengelolaan lingkungan hidup sebagai berikut:

1. Pengelolaan lingkungan hidup, yang diisi dengan informasi mengenai bentuk/jenis pengelolaan lingkungan hidup yang telah dilakukan/diusulkan untuk mengelola setiap dampak lingkungan yang ditimbulkan
2. Lokasi pengelolaan lingkungan hidup, yang diisi dengan informasi mengenai lokasi di mana pengelolaan lingkungan hidup dimaksudkan (dapat dilengkapi dengan narasi yang menerangkan bahwa lokasi tersebut disajikan lebih jelas dalam peta pengelolaan lingkungan hidup)
3. Periode pengelolaan lingkungan hidup, yang diisi dengan informasi mengenai waktu/periode dilakukannya pengelolaan lingkungan hidup
4. Pihak/institusi pengelolaan lingkungan hidup.

Selanjutnya Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No. 22 Tahun 2021 mengalami pembaharuan terkait Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan dari beberapa peraturan sebelumnya, yaitu:

1. Pasal 1, ayat (2) berbunyi: Perlindungan dan pengelolaan lingkungan hidup adalah upaya sistematis dan terpadu yang dilakukan untuk melestarikan fungsi lingkungan hidup dan mencegah terjadinya pencemaran dan/atau kerusakan lingkungan hidup yang meliputi

perencanaan, pemanfaatan, pengendalian, pemeliharaan, pengawasan, dan penegakan hukum.

2. Pasal 1, ayat (6) berbunyi: upaya pengelolaan lingkungan hidup dan upaya pemantauan lingkungan hidup yang selanjutnya disebut UKL-UPL adalah rangkaian proses pengelolaan dan upaya pemantauan lingkungan hidup yang dituangkan dalam bentuk standar untuk digunakan sebagai prasyarat pengambilan keputusan serta termuat dalam perizinan bersama, atau persetujuan pemerintah pusat atau pemerintah daerah.
3. Pasal 1, ayat (7) berbunyi: keputusan kelayakan lingkungan hidup adalah keputusan yang menyatakan kelayakan lingkungan hidup dari suatu rencana usaha dan/atau kegiatan yang wajib dilengkapi dengan Amdal.

Daftar Pustaka

- Abdurrahman, F. (2005) "Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No 82 Tahun 2001," https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/63265612/Pp_Ri_No_82_Tahun_200120200510-93153. Di Akses Tanggal 20 September 2022
- Afandi, F. N., Siswanto, B., & Nuraini, Y. (2017). Pengaruh pemberian berbagai jenis bahan organik terhadap sifat kimia tanah pada pertumbuhan dan produksi tanaman ubi jalar di Entisol Ngrangkah Pawon, Kediri. *Jurnal Tanah dan Sumberdaya Lahan*, 2(2), 237-244.
- Ali Said, Indah Budiati, dkk, (2016), Potret Awal Tujuan Pembangunan Berkelanjutan (Sustainable Development Goals) Di Indonesia, Badan Pusat Statistik
- Allaby, M., (2000). *Basics of Environmental Science* 2nd Edition. Routledge.
- Alwin, M. . (2022) Modul Pembelajaran Biogeografi. Feniks Muda Sejahtera.
- Amsyari, F. (1977) Prinsip-prinsip masalah pencemaran lingkungan: studi tentang banjir, karakteristik desa dan kota. Ghalia Indonesia.
- Ariany, Z. (2011) "Kajian Aspek Hukum Internasional pada Kasus Tumpahan Minyak Kapal Tanker Exxon Valdez," *Teknik Jurnal Ilmiah Bidang Ilmu Kerekayasaan* Volume 32 Nomor 1 Halaman 53-56.
- Askari, H. (2015) "Perkembangan Pengolahan Air Limbah," Bandung: Institut Teknologi Bandung.
- Asosiasi Pertambangan Batubara Indonesia (APBI-ICMA), <http://apbi-icma.org>

- Austin, K. G., Schwantes, A., Gu, Y., & Kasibhatla, P. S. (2019). What causes deforestation in Indonesia? *Environmental Research Letters*, 14(2), 024007.
- Azhar1, A. (2016) 'Marine Journal PENGARUH PERUBAHAN IKLIM TERHADAP TERUMBU KARANG: ANTARA DAMPAK DAN PERANNYA DALAM SIKLUS KARBON', *Marine Journal*, 2(1), pp. 1–13.
- Azizah, B. N. (2020) "Modul Praktikum Pencemaran Air". UIN Raden Intan Lampung. Di Akses Tanggal 20 September 2022
- Barbier, E. (2005) *Natural Resources and Economic Development* Cambridge University Press.
- Bendon, J. T. (2021) "Dampak Agent Orange Amerika Serikat terhadap Kerusakan Lingkungan di Vietnam Periode 2015-2019," Skripsi Jurusan Ilmu Hubungan Internasional Fakultas Ilmu Sosial dan Ilmu Politik Universitas Pasundan.
- Budiwati, T. (2009) "Analisis Hujan Asam dan CO2 Atmosfer," Prosiding Seminar Nasional Penelitian, Pendidikan dan Penerapan Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Yogyakarta 16 Mei 2009.
- Chaddad, F., Mello, F. A. O., Tayebi, M., Safanelli, J. L., Campos, L. R., Amorim, M. T. A., . . . Demattê, J. A. M. (2022). Impact of mining-induced deforestation on soil surface temperature and carbon stocks: A case study using remote sensing in the Amazon rainforest. *Journal of South American Earth Sciences*, 119, 103983. Retrieved from <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S089598112200270X>. doi:<https://doi.org/10.1016/j.jsames.2022.103983>
- Chandra, B. (2006) *Pengantar Kesehatan Lingkungan*. Edited by P. Widyaastuti. Jakarta: EGC.
- Chandra, B. (2007) *Pengantar Kesehatan Lingkungan*. Jakarta: EGC.
- Charles W. Howe, (1979) *Natural Resource Economics* , John Wiley & Sons, New York, , ch. 1.
- Chen, X., Huang, B. and Lin, C.-T. (2019) 'Environmental awareness and environmental Kuznets curve', *Economic Modelling*, 77, pp. 2–11.

- Conant, J. dan P. Fadem. (2009) "Panduan Masyarakat untuk Kesehatan Lingkungan," Bandung: Penerbit The Eksyezet.
- Dariah, A., Haryati, U., & Budhyastoro, T. (2004). Teknologi konservasi tanah mekanik. *Teknologi Konservasi Tanah pada Lahan Kering Berlereng*; Kurnia, U., Rachman, A., Dariah, A., Eds, 103-126.
- Darmayanti, Y. dan N. F. Afianti (2017) "Penerapan dan Tingkat Efektivitas Teknik Bioremediasi untuk Perairan Pantai Tercemar Minyak," *Jurnal Oseana Volume 42 Nomor 4 Halaman 55-69*.
- Davari, M., Gholami, L., Nabiollahi, K., Homae, M., & Jafari, H. J. (2020). Deforestation and cultivation of sparse forest impacts on soil quality (case study: West Iran, Baneh). *Soil and Tillage Research*, 198, 104504. Retrieved from <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0167198719302454>. doi:<https://doi.org/10.1016/j.still.2019.104504>
- de Blécourt, M., Gröngröft, A., Baumann, S., & Eschenbach, A. (2019). Losses in soil organic carbon stocks and soil fertility due to deforestation for low-input agriculture in semi-arid southern Africa. *Journal of Arid Environments*, 165, 88-96. Retrieved from <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0140196319300242>. doi:<https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2019.02.006>
- Dewata, I. dan Y. H. Danhas. (2018) "Pencemaran Lingkungan," Depok; Rajagrafindo Persada.
- Dharmasika, I., Budiyanto, S., & Kusmiyati, F. (2019). Pengaruh Dosis Arang Sekam Padi dan Pupuk Kandang Sapi terhadap Pertumbuhan dan Produksi Tanaman Jagung Hibrida (*Zea Mays L.*) pada Salinitas Tanah. *Jurnal Litbang Provinsi Jawa Tengah*, 17(2), 195-205.
- Eleftheriadis, A., Lafuente, F., & Turrión, M.-B. (2018). Effect of land use, time since deforestation and management on organic C and N in soil textural fractions. *Soil and Tillage Research*, 183, 1-7. Retrieved from <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0167198718305518>. doi:<https://doi.org/10.1016/j.still.2018.05.012>
- Elika, E. P. , R. Resnawaty, dan A. S. Gutama. (2017) "Bencana Sosial Kasus Lumpur PT. Lapindo Brantas Sidoarjo Jawa Barat," *Jurnal Penelitian dan PKM Volume 4 Nomor 2 Halaman 205-216*.

- Emil Salim, (2010), Paradigma Pembangunan Berkelanjutan, dalam Iwan Jaya Azis, Lydia M. Napitupulu, Arianto Patunru, dan Budi Reksosudarmo, Pembangunan Berkelanjutan, Peran dan Kontribusi Emil Salim, Kepustakaan Populer Gramedia, Jakarta, halaman 21 – 30
- Erliza, A. Zahraeni Hasriani, Romi Setiawan, Puput Bella Mulbes, Resma Yani, Annisa Putri Amalia, Ade Perdana Putra (2019) "Identifikasi Pencemaran Air Di Sepanjang Aliran Sungai Utama Das Batang Arau Kota Padang," *Jurnal Kapita Selektu Geografi*. Volume 2 Nomor 5: (Hal.: 29- 34).
- Fahmi, A., Radjagukguk, B., & Purwanto, B. H. (2019). Kelarutan fosfat dan ferro pada tanah sulfat masam yang diberi bahan organik jerami padi. *Journal of Tropical Soils*, 14(2), 119-125.
- Fuady, Z., Satriawan, H., & Mayani, N. (2015). Aliran permukaan, erosi dan hara sedimen akibat tindakan konservasi tanah vegetatif pada kelapa sawit. *Sains Tanah-Journal of Soil Science and Agroclimatology*, 11(2), 95-103.
- Gharibreza, M., Zaman, M., Porto, P., Fulajtar, E., Parsaei, L., & Eisaei, H. (2020). Assessment of deforestation impact on soil erosion in loess formation using ^{137}Cs method (case study: Golestan Province, Iran). *International Soil and Water Conservation Research*, 8(4), 393-405. Retrieved from <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2095633920300514>. doi:<https://doi.org/10.1016/j.iswcr.2020.07.006>
- Gholoubi, A., Emami, H., & Caldwell, T. (2019). Deforestation effects on soil aggregate stability quantified by the high energy moisture characteristic method. *Geoderma*, 355, 113919. Retrieved from <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S001670611930103X>. doi:<https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2019.113919>
- Golait, N., Moharil, R.M. dan Kulkarni, P.S. (2009) "Renewable Energy in the World and Perspective of It's Development in India," *Renewable and Sustainable Energy Riviews*, 13(1), hal. 233–247.
- Guilherme, M. R., Aouada, F. A., Fajardo, A. R., Martins, A. F., Paulino, A. T., Davi, M. F., . . . Muniz, E. C. (2015). Superabsorbent hydrogels based on polysaccharides for application in agriculture as soil conditioner and nutrient carrier: A review. *European Polymer Journal*, 72, 365-385.

- Hairmansis, A. (2020). Pengembangan Varietas Unggul Padi untuk Lahan Terdampak Salinitas. *Jurnal Pangan*, 29(2), 161-170.
- Hakim, D.A. (2015). 'Politik Hukum Lingkungan Hidup Di Indonesia Berdasarkan Undang-Undang Nomor 32 Tahun 2009 Tentang Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup', *Fiat Justisia: Jurnal Ilmu Hukum*, 9(2).
- Handayanto, E., Muddarisna, N. and Fiqri, A. (2017) *Pengelolaan Kesuburan Tanah*. Malang: Universitas Brawijaya Press.
- Haridjaja, O., Arsyad, S., & Yahya, S. (2012). Infiltrasi dan Aliran Permukaan sebagai Respon Perlakuan Konservasi Vegetatif pada Pertanaman Kakao. *Jurnal Agroteknotropika*, 1(1).
- Hasibuan, A. S. Z. (2015). Pemanfaatan bahan organik dalam perbaikan beberapa sifat tanah pasir pantai selatan Kulon Progo. *PLANTA TROPICA: Jurnal Agrosains (Journal of Agro Science)*, 3(1), 31-40.
- Herlambang, A. (2018) "Pencemaran Air dan Strategi Penanggulangannya," *Jurnal*.
- Hermawan, N. T. E. (2009) "Analisa Kronologi Kecelakaan Reaktor Chernobyl," *Prosiding Seminar Keselamatan Nuklir 5-6 Agustus 2009*.
- Hu, X., Næss, J. S., Jordan, C. M., Huang, B., Zhao, W., & Cherubini, F. (2021). Recent global land cover dynamics and implications for soil erosion and carbon losses from deforestation. *Anthropocene*, 34, 100291. Retrieved from <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S221330542100014X>. doi:<https://doi.org/10.1016/j.ancene.2021.100291>
- Huang, W., Zong, M., Fan, Z., Feng, Y., Li, S., Duan, C., & Li, H. (2021). Determining the impacts of deforestation and corn cultivation on soil quality in tropical acidic red soils using a soil quality index. *Ecological Indicators*, 125, 107580. Retrieved from <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1470160X21002454>. doi:<https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2021.107580>
- Idjudin, A. A. (2011). Peranan konservasi lahan dalam pengelolaan perkebunan. *Jurnal Sumberdaya Lahan*, 5(2).

- Intara, Y. I., Sapei, A., Sembiring, N., & Djoefrie, M. B. (2011). Pengaruh pemberian bahan organik pada tanah liat dan lempung berliat terhadap kemampuan mengikat air. *Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia*, 16(2), 130-135.
- Izzati, M. (2016). Perubahan pH dan Salinitas Tanah Pasir dan Tanah Liat Setelah Penambahan Pembenh Tanah Dari Bahan Dasar Tumbuhan Akuatik. *BULETIN ANATOMI DAN FISILOGI dh SELLULA*, 24(1), 1-6.
- Johanson, P. (2010) "Making Good Choices About Nonrenewable Resources" New York : The Rosen Publishing Group, Inc.
- K.E.S Manik (2018) : Pengelolaan Lingkungan Hidup .cetakan ke2 Kencana , Jakarta
- Karolinoerita, V., & Yusuf, W. A. (2020). Salinisasi lahan dan permasalahannya di Indonesia. *Jurnal Sumberdaya Lahan*, 14(2), 91-99.
- Kassa, H., Dondeyne, S., Poesen, J., Frankl, A., & Nyssen, J. (2017). Impact of deforestation on soil fertility, soil carbon and nitrogen stocks: the case of the Gacheb catchment in the White Nile Basin, Ethiopia. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 247, 273-282. Retrieved from <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0167880917302773>. doi:<https://doi.org/10.1016/j.agee.2017.06.034>
- Keraf, S., (2014). *Filsafat Lingkungan Hidup : Alam sebagai Sebuah Sistem Kehidupan*. Kanisius.
- Khare, V. Nema, S., dan Baredar, P. (2013) "Status of Solar Wind Renewable Energy in India," *Renewable and Sustainable Energy Riviews*, 27(1), hal. 1-10.
- Krisno, P. L. (2017) "Kemajuan Industri dan Dampak Lingkungannya di Jepang sebelum Tahun 1950," *Jurnal Lensa Budaya Volume 12 Nomor 1 Halaman 60-69*.
- Kristanto, A. H. (2017). Modifikasi teknik budidaya untuk menurunkan salinitas lahan pada tebu (*Saccharum Officinarum L.*) lahan kering di PG Cepiring Kendal. *Buletin Agrohorti*, 5(3), 351-358.
- Kristiono, A., Purwaningrahyu, R. D., & Taufiq, A. (2013). Respons tanaman kedelai, kacang tanah, dan kacang hijau terhadap cekaman salinitas.

- Kubavat, D., Trivedi, K., Vaghela, P., Prasad, K., Vijay Anand, G. K., Trivedi, H., . . . Ghosh, A. (2020). Characterization of a chitosan-based sustained release nanofertilizer formulation used as a soil conditioner while simultaneously improving biomass production of *Zea mays* L. *Land Degradation & Development*, 31(17), 2734-2746. Retrieved from <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/ldr.3629>. doi:<https://doi.org/10.1002/ldr.3629>
- Kuhn, T.S., (1962). *The structure of scientific revolutions*. Chicago : University of Chicago Press.
- Kumari, R., Kaur, I., & Bhatnagar, A. K. (2013). Enhancing soil health and productivity of *Lycopersicon esculentum* Mill. using *Sargassum johnstonii* Setchell & Gardner as a soil conditioner and fertilizer. *Journal of Applied Phycology*, 25(4), 1225-1235. Retrieved from <https://doi.org/10.1007/s10811-012-9933-y>. doi:10.1007/s10811-012-9933-y
- Kurniawan, W. (2015) 'Dampak Sosial Ekonomi Pembangunan Pariwisata Umbul Sidomukti Kecamatan Bandungan Kabupaten Semarang', *Economics Development Analysis Journal*, 4(4), pp. 443–451.
- Kusmana, C. (2015) 'Keanekaragaman hayati (biodiversitas) sebagai elemen kunci ekosistem kota hijau', *PROS SEMNAS MASY BIODIV INDON*, 1(8), pp. 1747–1755. doi: 10.13057/psnmbi/m010801.
- Kusniawati, D. S. Lugo, dan I. Susilowati. (2021) "Dampak Sosial dan Keamanan Masyarakat Hiroshima Nagasaki Pasca dijatuhkannya Bom Atom Tahun 1945," *Jurnal of Legal Reserch* Volume 3 Nomor 4 Halaman 607-626.
- Laili, F. N. dan A. Sofyan. (2017) "Identifikasi Daya Tampung Beban Pencemaran Sungai Citarum Hilir di Karawang dengan WASP," *Jurnal Teknik Lingkungan* Volume 23 Nomor 1 Halaman 1-12.
- Latuconsina, H. (2019) *Ekologi Perairan Tropis*. Gajah Mada University Press.
- Laut, K. A. J. T. (2020). *Konservasi Tanah Pada Perkebunan Kelapa Sawit Tanaman Menghasilkan Di PT. Citra Putra Kebun Asri Jorong Tanah Laut*.
- Lazuardi. (2003) "Penipisan Lapisan Ozon dan Penanggulangannya," *Jurnal Pendidikan Science* Volume 27 Nomor 3 Halaman 100-107.

- Li, D.-P., & Wu, Z.-J. (2008). [Impact of chemical fertilizers application on soil ecological environment]. *Ying yong sheng tai xue bao = The journal of applied ecology*, 19(5), 1158-1165. Retrieved from <http://europepmc.org/abstract/MED/18655608>.
- Liddell, H.G., Scott, R., (1940). *A Greek-English Lexicon*, παράδειγμα. <https://www.perseus.tufts.edu/>.
- Listiyani, N. (2017) "Dampak Pertambangan terhadap Lingkungan Hidup di Kalimantan Selatan dan Implikasinya bagi Hak-Hak Warga Negara," *Jurnal Al'Adl* Volume 9 Nomor 1 Halaman 67-86.
- Liu, H., Tan, X., Guo, J., Liang, X., Xie, Q., & Chen, S. (2020). Bioremediation of oil-contaminated soil by combination of soil conditioner and microorganism. *Journal of Soils and Sediments*, 20(4), 2121-2129.
- Lovelock, J., (1979). *Gaia: A New Look at Life on Earth*. Oxford University Press.
- Lubis, D. P. (2011) 'Pengaruh Perubahan Iklim Terhadap Keanekaragaman Hayati di Indonesia', *Jurnal Geografi*, 3(2), pp. 107-117.
- Luhmann, N., (2013). *Introduction to Systems Theory*. Polity.
- Maizer, S. (2008) 'Konservasi Ekosistem dan Keanekaragaman Hayati Hutan Tropis Berbasis Masyarakat Maizer Said Nabdi', *Kaunia*, IV(2), pp. 159-172.
- Meadows, D. H., Meadows, D. L., Randers, J. dan Behrens, W., (1972), *The Limit of Growth*. London: Pan.
- Mega, I. . et al. (2010) *BUKU AJAR Tanah*. Denpasar: Udayana.
- Melo, V.F., Barros, L. S., Silva, M. C. S., Veloso, T. G. R., Senwo, Z.N., Matos, K. S., & Nunes, T. K. O. (2021). Soil bacterial diversities and response to deforestation, land use and burning in North Amazon, Brazil. *Applied Soil Ecology*, 158, 103775. Retrieved from <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0929139320307046>. doi:<https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2020.103775>
- Mitchell, J.V., (2000), *Energy and the Environment*. Paper presented at the Seventh International Energy Forum. Riyadh, Saudi Arabia, November 17-19.

- Mukono, H. (2008) *Pencemaran Udara dan Pengaruhnya terhadap Gangguan Saluran Pernapasan*. Surabaya: Airlangga University Press.
- Muliawan, N. R. E., Sampurno, J., & Jumarang, M. I. (2016). Identifikasi nilai salinitas pada lahan pertanian di daerah Jungkat berdasarkan metode daya hantar listrik (DHL). *Prisma Fisika*, 4(2).
- Mulyanto, H.R. (2007) 'Ilmu lingkungan', Yogyakarta. Graha Ilmu [Preprint].
- Nijhuis, M. (2014) "Dapatkan Batu Bara Menjadi Bersih ?," *National Geographic Indonesia Volume 10 Nomor 4 Halaman 42-73*.
- Nss, R.L.P., Suryawardana, E. and Triyani, D. (2015) 'Analisis dampak pembangunan infrastruktur jalan terhadap pertumbuhan usaha ekonomi rakyat di Kota Semarang', *Jurnal Dinamika Sosial Budaya*, 17(1), pp. 82–103.
- Nugroho, A. C. (2011) 'Sertifikasi Arsitektur/Bangunan Hijau: Menuju Bangunan Yang Ramah Lingkungan', *Jurnal Arsitektur*, 2(1).
- Nurma'rifah, W. (2019) "Analisis Kecelakaan Nuklir Reaktor Three Mile Island dengan Aplikasi PCSTRAN 2LOOP PWR Simulator dan Skenario Meminimalisir Dampaknya," Skripsi Program Studi Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Yogyakarta.
- Parvathy, P. C., Jyothi, A. N., John, K. S., & Sreekumar, J. (2014). Cassava Starch Based Superabsorbent Polymer as Soil Conditioner: Impact on Soil Physico-Chemical and Biological Properties and Plant Growth. *CLEAN – Soil, Air, Water*, 42(11), 1610-1617. Retrieved from <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/clen.201300143>. doi:<https://doi.org/10.1002/clen.201300143>
- Patty, S. I. (2015) 'Karakteristik Fosfat, Nitrat dan Oksigen Terlarut di Perairan Selat Lembeh, Sulawesi Utara', *JURNAL PESISIR DAN LAUT TROPIS*, 3(2), pp. 1–7. doi: 10.35800/JPLT.3.2.2015.9581.
- Pearce, David W. and Jeremy J. Warford, (1993), *World Without End, Economics, Environment and Sustainable Developmentsy*, Oxford University Press, New York
- Pencegahan Pencemaran, I. et al. (2017) 'ANALISIS MENGENAI DAMPAK LINGKUNGAN (AMDAL) SEBAGAI INSTRUMEN PENCEGAHAN PENCEMARAN DAN PERUSAKAN

- LINGKUNGAN', *Badamai Law Journal*, 2(1), pp. 113–132. doi: 10.32801/DAMAI.V2I1.3393.
- Pidwirny, W., (2006). *Environmental Systems as Energy Systems*, in: *Fundamentals of Physical Geography*, 2nd Edition.
- Pomalingo, N. dan I. Ali. (2003) "Pengetahuan Lingkungan," Makassar; Konsorsium Perguruan Tinggi Kawasan Timur Indonesia.
- Pongtuluran, Yonathan, (2015), *Manajemen Sumber Daya Alam dan Lingkungan*. Yogyakarta: CV Andi Offset
- Prabowo, K. and Muslim, B. (2018) *Penyehatan Udara*. Jakarta: Pusat Pendidikan Sumber Daya Manusia Kesehatan.
- Pratama, R. (2019) 'EFEK RUMAH KACA TERHADAP BUMI', *Buletin Utama Teknik*, 14(2), pp. 120–126. Available at: <https://jurnal.uisu.ac.id/index.php/but/article/view/1096> (Accessed: 16 September 2022).
- Pratama, R. (2019) "Efek Rumah Kaca terhadap Bumi," *Buletin Utama Teknik* Volume 14 Nomor 2 Halaman 120-126.
- Puspitasari, L., & Ishii, K., (2016), *Digital Divides and Mobile Internet in Indonesia: Impact of Smartphones, Telematics and Informatics*, vol. 33, No. 2
- Putra, A. H., Oktari, F., & Putriana, A. M. (2019). Deforestasi dan Pengaruhnya Terhadap Tingkat Bahaya Kebakaran Hutan di Kabupaten Agam Provinsi Sumatera Barat. *Jurnal Dialog Penanggulangan Bencana*, 10(2), 191-200.
- Putri, D. R., Suharso, T. W., & Usman, F. (2012). Arah Konservasi Wilayah Sungai Bengawan Solo yang Melalui Perkotaan Bojonegoro. *Jurnal Tata Kota dan Daerah*, 2(2), 75-82.
- Rahayu, E. (2014). *PENGARUH TEKNIK KONSERVASI SECARA VEGETATIF TERHADAP EROSI TANAH PADA BUDIDAYA KENTANG (Solanum tuberosum) DAN KUBIS (Brassica oleracea) DI DESA KASIMPAR, DAS SERAYU HULU*. Universitas Gadjah Mada,
- Ramage, M., Shipp, K., (2009). *Systems Thinkers*. Springer.

- Ramana, V.P., Sinha, C.S. dan Suckla, P.R. (2001) "Renewable Energy Technologies and Climate Change Policies in India," *International Journal of Global Energy Issues*, 15, hal. 1–17.
- Redhana, I. W., (2017). "Kimia Hijau untuk Mencapai Pembangunan Berkelanjutan," *Prosiding Seminar Nasional Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Surabaya Sabtu 7 Oktober 2017*.
- Rouf AlGhifari, A., Dinul Dzakiah, L., & Khulwatul Jannah Asrin, L. (2019). *Erosi sebagai penyebab utama degradasi lahan. Agroteknologi*.
- Roziaty, E., Kusumadani, A. . and Aryani, I. (2017) *Biologi Lingkungan*. Malang: Universitas Brawijaya.
- Saptari, A., (2009), Prinsip-prinsip pembangunan berkelanjutan yang berwawasan lingkungan, dalam *Buku Materi Pokok Manajemen Pembangunan dan Lingkungan, Modul 1*, Jakarta: Universitas Terbuka
- Saptiningsih, E. (2015). Kandungan selulosa dan lignin berbagai sumber bahan organik setelah dekomposisi pada tanah Latosol. *BULETIN ANATOMI DAN FISILOGI dh SELLULA*, 23(2), 34-42.
- Sarbi, S. (2018) 'Kerusakan Hutan dan Lingkungan Hidup dari Pembangunan dan Pertumbuhan Penduduk (Studi Kasus di Kabupaten Polewali Mandar)', *Papatudzu: Media Pendidikan Dan Sosial Kemasyarakatan*, 13(2), pp. 193–204.
- Sarudji, D. (2010) *Kesehatan Lingkungan*. Bandung: CV. Karya Putra Darwati.
- Shahid, S. A., Zaman, M., & Heng, L. (2018). Soil salinity: Historical perspectives and a world overview of the problem. In *Guideline for salinity assessment, mitigation and adaptation using nuclear and related techniques* (pp. 43-53): Springer.
- Sharma, N., & Singhvi, R. (2017). Effects of chemical fertilizers and pesticides on human health and environment: a review. *International journal of agriculture, environment and biotechnology*, 10(6), 675-680.
- Siahaan, N.H.T. (2004) *Hukum lingkungan dan ekologi pembangunan*. Erlangga.
- Silalahi, M.D. (1996) *Pengaturan hukum sumber daya air dan pengelolaan lingkungan hidup di Indonesia*. Alumni.

- Sinaga, R. M. and Harahap, R. (2016) 'ANALISIS SISTEM SALURAN DRAINASE PADA JALAN PERJUANGAN MEDAN', Educational Building: Jurnal Pendidikan Teknik Bangunan dan Sipil, 2, pp. 2477–4898. doi: 10.24114/EB.V2I2.4494.
- Situmorang, M. (2012) KIMIA LINGKUNGAN, digilib Unimed. FMIPA Unimed. Available at: <http://digilib.unimed.ac.id/id/eprint/1605> (Accessed: 16 September 2022).
- Smithson, P., Addison, K., Atkinson, K., (2008). The physical environment. Scientific concepts and methods, in: Fundamentals of the Physical Environment. Routledge.
- Soegianto, A. (2010) 'Ilmu lingkungan, sarana menuju masyarakat berkelanjutan', Surabaya: Airlangga University Press [Preprint].
- Song, W., Shu, A., Liu, J., Shi, W., Li, M., Zhang, W., ... Gao, Z. (2022). Effects of long-term fertilization with different substitution ratios of organic fertilizer on paddy soil. *Pedosphere*, 32(4), 637-648. Retrieved from <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1002016021600474>. doi:[https://doi.org/10.1016/S1002-0160\(21\)60047-4](https://doi.org/10.1016/S1002-0160(21)60047-4)
- Subagyo, K., Marwanto, S., & Kurnia, U. (2003). Teknik konservasi tanah secara vegetatif. In: Balai Penelitian Tanah.
- Suhono, A., (2004), Pembangunan Berkelanjutan (Sustainable Development) dalam Perubahan Lingkungan Global. Bogor: Institut Pertanian Bogor
- Sumantri, H. A. (2010) Kesehatan Lingkungan. Depok: Kencana.
- Sumantri, H. A. (2015) Kesehatan Lingkungan IV. Jakarta: Kencana.
- Sumantri, H. A. (2017) Kesehatan Lingkungan. Depok: Kencana.
- Surya, J. A., Nuraini, Y., & Widiyanto, W. (2017). Kajian porositas tanah pada pemberian beberapa jenis bahan organik di perkebunan kopi robusta. *Jurnal Tanah dan Sumberdaya Lahan*, 4(1), 463-471.
- Sutamihardja, (2004), Perubahan Lingkungan Global; Program Studi Pengelolaan Sumber Daya Alam dan Lingkungan Sekolah Pascasarjana: IPB
- Suyono, B. (2016) Ilmu Kesehatan Masyarakat. Jakarta: EGC.

- Sydow, A., (2010). Environmental Systems. Environmental Systems, Encyclopedia of Life Support Systems.
- Tambunan, S., Handayanto, E., & Siswanto, B. (2017). Pengaruh aplikasi bahan organik segar dan biochar terhadap ketersediaan P dalam tanah di lahan kering Malang Selatan. *Jurnal Tanah dan Sumberdaya Lahan*, 1(1), 85-92.
- The Global Tomorrow Coalition, (1990), dalam Tim Pengajar Subyek, 2010, Teori Pembangunan, Alqa print, Jatinangor
- The Global Tomorrow Coalition, (1990), dalam Tim Pengajar Subyek, 2010, Teori Pembangunan. Alqa print: Jatinangora
- Tim GTK DIKNAS. (2021). "Modul Belajar Mandiri Bidang Studi Biologi," Jakarta; Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan.
- Undang-Undang Nomor 32, Tahun 2009 tentang Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup, Kementerian Lingkungan Hidup Republik Indonesia
- Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 23 Tahun 1997 Tentang Pengelolaan Lingkungan Hidup
- Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 32 Tahun 2009 tentang Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup.
- Utami, D. N. (2019a). Kajian dampak perubahan iklim terhadap degradasi tanah. *Jurnal Alami: Jurnal Teknologi Reduksi Risiko Bencana*, 3(2), 122-131.
- Utami, D. N. (2019b). KAJIAN DAMPAK PERUBAHAN IKLIM TERHADAP DEGRADASI TANAH STUDY OF THE IMPACT OF CLIMATE CHANGE ON SOIL DEGRADATION. *Jurnal Alami* (ISSN: 2548-8635), 3(2).
- Utina, R. et al. (2018) 'KECERDASAN EKOLOGIS: Strategi Membangun Lingkungan Hidup Berkualitas', PIDATO PENGUKUHAN, 14 April. Available at: <https://repository.ung.ac.id/en/karyailmiah/show/241/kecerdasan-ekologis-strategi-membangun-lingkungan-hidup-berkualitas.html> (Accessed: 16 September 2022).
- UU NO.32 (2009) 'Lingkungan Hidup', Isi UU No. 32 Tahun 2009 tentang Lingkungan Hidup, Berikut Penjelasannya | merdeka.com.

- Vazhayil J.P. dan Balasubramanian, R. (2010) "Copenhagen Commitments and Implications: A Comparative Analysis of India and China," *Energy Policy*, 38, hal. 7442–7450.
- Viktor (2020) *Kesehatan Lingkungan*. Medan: Yayasan Kita menulis.
- Villarino, S. H., Studdert, G. A., Baldassini, P., Cendoya, M. G., Ciuffoli, L., Mastrángelo, M., & Piñeiro, G. (2017). Deforestation impacts on soil organic carbon stocks in the Semiarid Chaco Region, Argentina. *Science of The Total Environment*, 575, 1056-1065. Retrieved from <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969716321052>. doi:<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.09.175>
- von Bertalanffy, L., (1968). *General System Theory: Foundations, Development, Applications*. George Braziller.
- Wahyunindyawati dan Dyanasari. (2017). "Ekonomi Sumberdaya Alam dan Lingkungan," Yogyakarta: Deepublish.
- Wardhana, W. A. (2001) *Dampak Pencemaran Lingkungan*. Yogyakarta: CV Andi Offset.
- Wardhana, W. A. (2004). "Dampak Pencemaran Lingkungan," Yogyakarta: Penerbit Andi.
- Wardoyo, S. S., Purnomo, H., Santosa, A., Priyanto, S., & Anshori, M. (2014). Penentuan Tingkat Bahaya Erosi dan Teknik Konservasi Bio-mekanik di Lahan Pasca Erupsi G. Merapi Srumbung, Magelang.
- Warlina, L. (2004) "Pencemaran Air: Sumber, Dampak Dan Penanggulangannya," Makalah pribadi Pengantar ke Falsafah Sains (PPS702) Institut Pertanian Bogor.
- Warno Utomo, S., Ir Sutriyono, Ms. and Reda Rizal, M. (2012) 'Pengertian, Ruang Lingkup Ekologi dan Ekosistem', in. Jakarta: Universitas Terbuka.
- Wihardjaka, A. (2021). Dukungan Pupuk Organik Untuk Memperbaiki Kualitas Tanah Pada Pengelolaan Padi Sawah Ramah Lingkungan. *Jurnal Pangan*, 30(1), 53-64.
- Yang, X., Feng, Y., Zhang, X., Sun, M., Qiao, D., Li, J., & Li, X. (2020). Mineral soil conditioner requirement and ability to adjust soil acidity. *Scientific*

- Reports, 10(1), 18207. Retrieved from <https://doi.org/10.1038/s41598-020-75192-5>. doi:10.1038/s41598-020-75192-5
- Yanuarto, T., A. C. Utomo, dan S. E. Pinuji. (2020). "Buku Saku Tanggap Tangkas Tangguh Menghadapi Bencana," Jakarta: Penerbit Pusat Data, Informasi, dan Komunikasi Kebencanaan BNPB.
- Yu, H., Zou, W., Chen, J., Chen, H., Yu, Z., Huang, J., . . . Gao, B. (2019). Biochar amendment improves crop production in problem soils: A review. *Journal of Environmental Management*, 232, 8-21.
- Yulianur, A., Rizalihadi, M., & Bachtiar, S. (2015). Upaya Peningkatan Umur Guna Waduk Melalui Penanggulangan Erosi Secara Mekanik (Studi Kasus: DAS Waduk Keuliling Aceh Besar Provinsi Aceh).
- Yuningsih, L., & Khotimah, K. (2018). Peningkatan kesuburan tanah melalui teknik konservasi vegetatif dengan penambahan pupuk kandang. *Sylva: Jurnal Penelitian Ilmu-Ilmu Kehutanan*, 7(1), 9-13.
- Zebua, M.T. (2017) 'Kajian Dampak Kerusakan Lingkungan Akibat Aktifitas Bermukim Di Kelurahan Bhayangkara Distrik Jayapura Utara', *Dinamis*, 2(12 Des), pp. 28–37.
- Zulkifli, A. and Suslia, A. (2017) 'Dasar-dasar ilmu lingkungan'.

Biodata Penulis



Efbertias Sitorus, S.Si., M.Si. Lahir di Medan, 22 Mei 1992, Sumatera Utara, Indonesia, merupakan anak dari Drs. Edward Sitorus, M.Si dan Juliana Tarigan, S.Pd. Menyelesaikan studi Sarjana Kimia dari Universitas Negeri Medan, Magister Kimia (bidang analitik) di Universitas Sumatera Utara. Menulis buku sejak tahun 2019. Kegiatan saat ini melaksanakan tri dharma perguruan tinggi dan aktif sebagai staff pengajar di Fakultas Pertanian Universitas Methodist Indonesia. Penulis dapat dihubungi melalui email: efbertias.sitorus35@gmail.com



Ir. Muhammad Ihsan Mukrim, ST., M.Eng., M.Sc. Lahir di Watampone, 20 Pebruari 1977. Menyelesaikan pendidikan dasar dan menengah di Watampone dan memperoleh gelar sarjana teknik sipil (2001) dan profesi insinyur (2019) dari Universitas Hasanuddin serta magister (S2) dari Universitas Gadjah Mada dan Asian Institute of Technology, Thailand (2010). Mulai bekerja tahun 1998, sebagai asisten Laboratorium Hidraulika dan Ilmu Ukur Tanah pada Departemen Teknik Sipil Unhas, hingga 2002. Sejak 2001, bekerja pada beberapa perusahaan konsultan dan kontraktor, pada instansi pemerintah (Dinas Bina Marga dan Dinas Pekerjaan Umum Kota Makassar, 2004-2014) serta pada beberapa lembaga pendidikan tinggi (Universitas Fajar, Institut Sains dan Teknologi Pembangunan Indonesia). Pernah menjabat sebagai Kepala Seksi Pembangunan Bangunan Air dan Kepala Seksi Penelitian dan Pengawasan Bangunan Air, Dinas PU Makassar, tahun 2013-2014. Sejak tahun 2013, berkiprah sebagai anggota Pokja Air Minum dan Penyehatan Lingkungan, Kota Makassar. Sejak 2015, bekerja sebagai Dosen DPK pada Prodi Teknik Sipil, Sekolah Tinggi Teknik Baramuli.



David Soputra lahir di Pekanbaru, pada 23 Mei 1962. Anak kelima dari pasangan Adam Soputra dan Hanna yang bekerja di Bank Pembangunan Daerah Riau, Pekanbaru. Ia tercatat sebagai lulusan Universitas Advent Indonesia dengan jurusan Biologi Lingkungan. Ia menamatkan gelar BA di bidang Biologi Lingkungan pada tahun 1985, dan menyelesaikan Sarjana Biologi (S-1) tahun 1990. Kemudian menyelesaikan gelar sarjana pendidikan Biologi dari Universitas Simalungun di tahun 2010. Pada tahun 2006 hingga 2008 mengikuti program perkuliahan pasca sarjana di Adventist University of the Philippines, Manila, dengan gelar Master of Science in Environmental Biology. Dan saat ini sedang menyelesaikan perkuliahan tingkat doktoral di Sekolah Tinggi Teologia Sumatera Utara dengan konsentrasi di bidang pendidikan. David Soputra telah menikah dengan Lisye Nanjar, dan telah dikaruniai tiga orang anak, yakni Stella, Ezra, Mita, dan menantu yang bernama Janno dan Ingrid. Dan telah dikaruniai dua orang cucu yang bernama Jemima dan Jason. Saat ini David Soputra bekerja sebagai tenaga dosen di Akademi Keperawatan Surya Nusantara, dan STFT Surya Nusantara.



Asmuliani R. lahir di Bila, Soppeng pada 7 November 1981. Pendidikan Program Sarjana ditempuh di Universitas Hasanuddin Fakultas Pertanian dan Kehutanan, Program Studi Agronomi, Konsentrasi Arsitektur Lanskap. Penulis melanjutkan Program Magister di Konsentrasi Manajemen Lingkungan, Program Studi Pengelolaan Lingkungan Hidup, Universitas Hasanuddin dan lulus Tahun 2011. Penulis sejak Tahun 2012 menjadi tenaga pengajar di Program Studi Agroteknologi Fakultas Pertanian Universitas Ichsan Gorontalo. Tahun 2019 pindah homebase ke Universitas Pohnpei Fakultas Pertanian dan Ilmu Perikanan Program Studi Agroteknologi.



Erni Mohamad, S.Pd, M.Si, adalah Seorang Dosen kimia di Universitas Negeri Gorontalo. Dilahirkan di Gorontalo pada tanggal 12 Agustus 1969. Jabatan saat ini disamping dosen mempunyai tugas tambahan sebagai kepala laboratorium kimia. Menyelesaikan Pendidikan diploma 3 di Fakultas Pendidikan dan Keguruan Di Universitas Sam Ratulangi Manado di Gorontalo tahun 1992, melanjutkan Sarjana S1 di Sekolah Tinggi Keguruan dan Ilmu Pendidikan (STKIP) Gorontalo tahun 1997. Kemudian melanjutkan Pasca Sarjana di Universitas Brawijaya jurusan Kimia pada konsentrasi Kimia Lingkungan tahun 2011



Irwan Sofia, profesi sebagai dosen di Politeknik Negeri Ujung Pandang (PNUP) Makassar. Dosen tetap pada Program Studi Sarjana Terapan D4Teknologi Kimia Industri, dengan jabatan fungsional lektor kepala. Penulis tercatat sebagai lulusan Program Magister Teknik Kimia, Institut Teknologi Bandung (ITB) tahun 1997. Penulis telah berkiprah lebih dari 30 tahun lamanya dalam mengajar, membimbing tugas akhir, skripsi mahasiswa dan melakukan penelitian.



Seri Asnawati Munthe, SKM, M.Kes(Kesling) Lahir pada tanggal 27 Februari 1971 di Pangambatan Kecamatan Merek Kabupaten Karo, Sumatera Utara, Indonesia, dan merupakan putri ketiga dari pasangan Bapak Johan Munthe dan Ibu Sintalina Manjorang serta istri dari Petrus Sembiring. Penulis menyelesaikan kuliah D3- di Akademi Penilik Kesehatan Medan di Kabanjahe tahun 1993 dan tahun 2000 -2002 melanjutkan S-1 di Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Sumatera Utara peminatan kesehatan lingkungan serta melanjutkan S-2 di Program Pascasarjana Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Sumatera Utara, (2008-2010) dengan minat studi Kesehatan

Lingkungan. Bekerja sebagai staf dosen di Akademi Kesehatan Lingkungan Sari Mutiara Medan sejak tahun 1994-20002 dan 2002 sampai Saat ini bertugas sebagai dosen di Program Studi Kesehatan Masyarakat Fakultas Farmasi dan Ilmu Kesehatan Universitas Sari Mutiara Indonesia, Medan-Sumatera Utara.



Julhim S. Tangio, S.Pd, M.Pd. lahir di Gorontalo pada tanggal 28 Agustus 1975. Menepuh Pendidikan Sarjana S1 Pendidikan Kimia di Sekolah Tinggi Keguruan dan Ilmu Pendidikan (STKIP) Gorontalo tahun 1999. Kemudian melanjutkan studi Pascasarjana di Universitas Negeri Jakarta Program Studi Pendidikan Kependudukan dan Lingkungan Hidup (PKLH) tahun 2004. Saat ini, berprofesi sebagai Dosen Jurusan kimia Universitas Negeri Gorontalo.



Rd. Indah Nirtha NNPS, ST. M.Si. Lahir pada tanggal 19 Juni 1977 di Kota Palu Sulawesi Tengah. Pendidikan S1 ditempuh di Program Studi Teknik Lingkungan Sekolah Tinggi Teknik Lingkungan "YLH" Yogyakarta dan S2 di Program Studi Ilmu Lingkungan Universitas Gadjah Mada. Saat ini penulis bekerja sebagai Staf Pengajar Program Studi Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Lambung Mangkurat Kalimantan Selatan.



Mahyati lahir di Ujung Pandang, pada 29 September 1970 merupakan anak tunggal dari pasangan Hj. Julaeha (Ibu) dan Abdul Latief (Ayah). Setelah lulus angkatan ke2 yaitu 1988 pada Prodi Teknik Kimia D3 Politeknik Universitas Hasanuddin kembali melanjutkan kuliah hingga jenjang S3 pada bidang bioteknologi lingkungan pada FMIPA Kimia Universitas Hasanuddin pada tahun 2009. Mahyati telah banyak berkontribusi pada bidang yang terkait dengan lingkungan misalnya menyusun dokumen lingkungan dll, pertanian, perikanan khususnya rumput laut, pendidikan energi terbarukan dan bidang pendidikan vokasi teknik kimia.

PENGANTAR ILMU LINGKUNGAN

Buku Pengantar Ilmu Lingkungan merupakan disiplin ilmiah yang menginterpretasikan ilmu kimia, fisika, biologi, ekologi, geologi, ilmu tanah, sains atmosfer, dan geografi untuk mempelajari pengelolaan lingkungan, solusi dari pada permasalahan lingkungan.

Dalam buku ini bagaimana prinsip, sistem, sumber daya alam, pengelolaan serta permasalahan yang berada di lingkungan seperti pencemaran air, tanah, dan udara serta itu akan dirangkum melalui peraturan - peraturan tentang lingkungan.

Buku Pengantar Ilmu Lingkungan ini membahas yaitu:

- Bab 1 Prinsip Dasar Pengetahuan Lingkungan
- Bab 2 Lingkungan sebagai Sistem
- Bab 3 Lingkungan Fisik, Kimiawi, dan Hayati
- Bab 4 Permasalahan Lingkungan
- Bab 5 Sumber Daya Alam yang Dapat Diperbarui
- Bab 6 Sumber Daya Alam yang Tak dapat Diperbaharui
- Bab 7 Pencemaran Udara
- Bab 8 Pencemaran Air
- Bab 9 Permasalahan Tanah
- Bab 10 Pembangunan Berwawasan Lingkungan



YAYASAN KITA MENULIS
press@kitamenulis.id
www.kitamenulis.id

LINGKUNGAN- Referensi

ISBN 978-623-342-614-5



Pengantar Ilmu Lingkungan

ORIGINALITY REPORT

17%

SIMILARITY INDEX

10%

INTERNET SOURCES

9%

PUBLICATIONS

3%

STUDENT PAPERS

MATCH ALL SOURCES (ONLY SELECTED SOURCE PRINTED)

< 1%

★ Arman Drakel. "Kebijakan pengelolaan lingkungan hidup berbasis ekonomi sumberdaya di Propinsi Maluku Utara", Agrikan: Jurnal Agribisnis Perikanan, 2010

Publication

Exclude quotes Off

Exclude matches Off

Exclude bibliography On