



PENDIDIKAN LINGKUNGAN HIDUP



Effine Lourrinx●Mahyati●Efbertias Sitorus●David Soputra
Julhim S. Tangio●Firdaus●Ibnu Rois●Octovianus SR Pasanda
Haeranah Ahmad●Muhammad Syahrir●Fajar Akbar

PENDIDIKAN LINGKUNGAN HIDUP



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).

Pendidikan Lingkungan Hidup

Effine Lourrinx, Mahyati, Efbertias Sitorus, David Soputra
Julhim S. Tangio, Firdaus, Ibnu Rois, Octovianus SR Pasanda
Haeranah Ahmad, Muhammad Syahrir, Fajar Akbar



Penerbit Yayasan Kita Menulis

Pendidikan Lingkungan Hidup

Copyright © Yayasan Kita Menulis, 2022

Penulis:

Effine Lourrinx, Mahyati, Efbertias Sitorus, David Soputra
Julhim S. Tangio, Firdaus, Ibnu Rois, Octovianus SR Pasanda
Haeranah Ahmad, Muhammad Syahrir, Fajar Akbar

Editor: Marulam MT Simarmata & 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

Effine Lourrinx., dkk.

Pendidikan Lingkungan Hidup

Yayasan Kita Menulis, 2022

xiv; 174 hlm; 16 x 23 cm

ISBN: 978-623-342-538-4

Cetakan 1, Juli 2022

- I. Pendidikan Lingkungan Hidup
- 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

Dengan puji syukur kehadiran Tuhan Yang Maha Esa, Buku Pendidikan Lingkungan Hidup dapat diselesaikan untuk edisi pertama. Buku ini disusun untuk menambah referensi bagi perkembangan ilmu lingkungan. Pendidikan lingkungan hidup sangat diperlukan untuk menjawab pertanyaan-pertanyaan yang muncul terkait permasalahan dan pengelolaan lingkungan. Hasil yang diharapkan pada pendidikan lingkungan hidup yaitu terjadi peningkatan kualitas lingkungan yang secara langsung atau tidak langsung akan berkontribusi pada peningkatan kesehatan masyarakat.

Buku ini disusun secara sistematis dan sangat lengkap penjabarannya yang meliputi:

- Bab 1 Konsep Lingkungan Hidup
- Bab 2 Manusia dan Lingkungan Hidup
- Bab 3 Unsur Lingkungan Biotik dan Abiotik
- Bab 4 Pelestarian Lingkungan
- Bab 5 Konsep Lingkungan Hidup
- Bab 6 Pengetahuan Kebencanaan dan Lingkungan
- Bab 7 Pencemaran Lingkungan
- Bab 8 Pemanasan Global
- Bab 9 Radiasi Lingkungan
- Bab 10 Sanitasi Lingkungan
- Bab 11 Ekologi dan Lingkungan

Akhir kata penulis mengucapkan terima kasih kepada pihak-pihak yang telah membantu dalam penyusunan hingga penerbitan buku ini. Penulis juga menyadari bahwa buku ini jauh dari sempurna, saran dan masukan

yang membangun dari pembaca sangat kami harapkan demi kualitas yang lebih baik dan kepuasan para pembaca. Semoga buku ini dapat bermanfaat bagi masyarakat, khususnya dalam pengembangan ilmu lingkungan.

Kudus, 26 Juni 2022

Tim Penulis

Daftar Isi

Kata Pengantar	v
Daftar Isi	vii
Daftar Gambar	xi
Daftar Tabel.....	xiii

Bab 1 Konsep Lingkungan Hidup

1.1 Pengertian Lingkungan Hidup.....	1
1.2 Etika Lingkungan Hidup.....	1
1.3 Permasalahan dan Perkembangan Lingkungan Hidup.....	4
1.3.1 Permasalahan Lingkungan Hidup	4
1.3.2 Perkembangan Lingkungan Hidup.....	4
1.4 Pengelolaan Lingkungan Hidup di Indonesia	6
1.4.1 Peraturan Perundang-undangan Lingkungan Hidup.....	6
1.4.2 Instrumen Lingkungan Hidup.....	9

Bab 2 Manusia dan Lingkungan Hidup

2.1 Pendahuluan.....	13
2.2 Ekosistem dan Lingkungan hidup.....	14
2.3 Strategi Hidup Manusia	15
2.4 Kualitas Hidup Manusia	16
2.5 Kualitas Manusia Dan Kualitas Lingkungan.....	18
2.6 Lingkungan Hidup dan Penegakan Lingkungan Hidup	19
2.7 Teknologi, Daya Dukung, dan Pengelolaan Lingkungan	21

Bab 3 Unsur Lingkungan Biotik dan Abiotik

3.1 Pendahuluan.....	27
3.2 Lingkungan Biotik.....	28
3.2 Lingkungan Abiotik	33

Bab 4 Pelestarian Lingkungan

4.1 Pendahuluan.....	39
4.2 Penyebab Kerusakan Lingkungan.....	40
4.3 Undang-undang Pelestarian Lingkungan Hidup.....	41
4.4 Pelestarian Sumber Daya Hutan.....	42

4.4.1 Upaya Pelestarian Hutan melalui Reboisasi dan Penghijauan	44
4.4.2 Pelestarian Hutan melalui pembentukan Taman Nasional.....	45
4.4.3 Pelestarian Hutan Melalui Upaya Pembentukan Hutan Lindung..	46
4.5 Pelestarian Sumber Daya Air	47
4.5.1 Usaha-usaha Konservasi Air	48
4.6 Pelestarian Sumber Daya Tanah	50
4.7 Pelestarian Sumber Daya Udara.....	52
4.8 Pelestarian Flora dan Fauna	53

Bab 5 Konsep Lingkungan Hidup

5.1 Pendahuluan.....	55
5.2 Pengertian Aturan Pengelolaan Lingkungan Hidup	56
5.3 Peraturan Pengelolaan Lingkungan Hidup.....	58
5.3.1 Undang-Undang RI Nomor 4 Tahun 1982.....	58
5.3.2 Undang-Undang RI Nomor 23 Tahun 1997.....	60
5.3.3 Undang-Undang RI Nomor 32 Tahun 2009.....	61

Bab 6 Pengetahuan Kebencanaan dan Lingkungan

6.1 Kejadian Bencana dan Terminologi Kebencanaan.....	67
6.1.1 Klasifikasi Bencana.....	68
6.1.2 Definisi Disaster (Kebencanaan)	71
6.2 Paradigma Penanggulangan Bencana	73
6.2.1 Berbagai Pandangan Bencana.....	73
6.2.2 Perubahan Paradigma	74
6.3 Prinsip Dasar Pengurangan Risiko Bencana	76
6.3.1 Pengurangan Risiko Bencana Berbasis Komunitas	78
6.3.2 Peran Pendidikan dalam Pengurangan Risiko Bencana.....	79
6.4 Pengenalan Tentang Kerusakan Lingkungan.....	81
6.4.1 Kerusakan Lingkungan.....	81
6.4.2 Faktor-faktor Penyebab Kerusakan Lingkungan.....	82
6.4.3 Jenis kerusakan lingkungan.....	83

Bab 7 Pencemaran Lingkungan

7.1 Pendahuluan.....	87
7.2 Pengertian Pencemaran Lingkungan.....	88
7.2.1 Pencemaran Air.....	89
7.2.2 Pencemaran Tanah.....	91
7.2.3 Pencemaran Udara.....	93
7.3 Pencegahan Pencemaran Lingkungan	95

7.3.1 Pencegahan Melalui Administratif.....	96
7.3.2 Pencegahan dengan Teknologi.....	97
7.3.3 Pencegahan Melalui Undang-undang.....	97
7.3.4 Pencegahan dengan Cara Edukatif.....	98
7.4 Pengawasan Pencemaran Lingkungan.....	98

Bab 8 Pemanasan Global

8.1 Pendahuluan.....	103
8.2 Penyebab Pemanasan Global.....	105
8.3 Efek Rumah Kaca.....	108
8.4 Rumusan Kebijakan Perubahan Iklim.....	110
8.5 Adaptasi Terhadap Perubahan Iklim.....	113

Bab 9 Radiasi Lingkungan

9.1 Pengertian Radiasi.....	117
9.2 Sumber Radiasi.....	118
9.3 Jenis Radiasi.....	120
9.4 Efek Radiasi.....	122
9.5 Kriteria Proteksi radiasi.....	127

Bab 10 Sanitasi Lingkungan

10.1 Pengertian Sanitasi.....	129
10.2 Kesehatan Lingkungan.....	131
10.3 Sanitasi Lingkungan.....	133
10.4 Ruang Lingkup Sanitasi Lingkungan.....	135

Bab 11 Ekologi dan Lingkungan

11.1 Pendahuluan.....	141
11.2 Ekologi.....	142
11.2.1 Defenisi Ekologi.....	142
11.2.2 Sejarah dan Perkembangan Ekologi.....	143
11.2.3 Asas Ekologi.....	143
11.2.4 Manfaat Ekologi.....	145
11.3 Lingkungan.....	145
11.3.1 Pengertian Lingkungan.....	145
11.3.2 Komponen Lingkungan.....	146
11.3.3 Jenis-Jenis Lingkungan.....	147
11.4 Ekosistem.....	147
11.4.1 Jenis-Jenis Ekosistem.....	148

11.4.2 Kerusakan Ekosistem.....	149
11.5 Pencemaran Lingkungan	150
11.5.1 Jenis-Jenis Pencemaran Lingkungan	150
11.5.2 Dampak Pencemaran Lingkungan.....	153
Daftar Pustaka	155
Biodata Penulis	169

Daftar Gambar

Gambar 2.1: Hubungan antara berbagai tipe makhluk hidup dalam jaring-jaring kehidupan, termasuk di dalamnya manusia yang tidak mungkin hidup tanpa adanya makhluk hidup lainnya, khususnya tumbuhan dan kelompok perombak (keterangan pada naskah)	15
Gambar 2.2: Pertumbuhan populasi jenis makhluk hidup dengan strategi hidup “r” (A) dan strategi hidup “K” (B). K = daya dukung lingkungan; r=kecepatan pertumbuhan populasi	16
Gambar 2.3: Kedudukan manusia dengan teknologinya yang transendental terhadap kelompoknya sendiri (hewan).....	22
Gambar 2.4: Timbulnya limbah dalam kegiatan manusia yang menimbulkan dampak bagi kehidupan manusia itu sendiri (Soerjani 1985). M=Manusia; T=Teknologi; P=Produksi; LI=Limbah Industri; LK=Limbah Konsumsi; L=Limbah Total; K=Konsumsi;.....	22
Gambar 2.5: Menurunnya kualitas hidup (Q) karena kenaikan GNP yang harus diimbangi dengan pengelolaan lingkungan (M)	23
Gambar 2.6: Daya dukung yang naik karena industrialisasi dengan penggunaan teknologi yang pada akhirnya mencapai daya dukung maksimum (Kmaks). Pengelolaan oleh manusia sebaiknya dibatasi antara Kmin dan Kopt.	24
Gambar 2.7: Daya dukung lingkungan yang dikelola di antara 30-70% memberikan kualitas lingkungan yang cukup baik. Angka-angka dalam kurung menunjukkan skala (indeks) kualitas lingkungan.	24
Gambar 3.1: Komponen-komponen biotik.....	29
Gambar 3.2: Komponen-komponen abiotik ekosistem	33
Gambar 9.1: Panjang Gelombang Radiasi non-pengion dan pengion berdasarkan Besar energinya	122
Gambar 9.2: Relation Between Exposure Doses And Health Risk	128
Gambar 10.1: Segitiga Epidemiologi.....	132
Gambar 11.1: Pencemaran udara akibat aktivitas industry.....	151

- Gambar 11.2: Pencemaran air pada pada sungai berasal dari aktivitas pemukiman penduduk dan industry152
- Gambar 11.3: Pencemaran tanah dari aktivitas pembuangan sampah.....153

Daftar Tabel

Tabel 4.1: Pengaruh buruk beberapa logam berat terhadap kesehatan manusia	.51
Tabel 5.1: Undang-Undang Republik Indonesia Tentang Pengelolaan Lingkungan Hidup62
Tabel 7.1: Baku Mutu Udara Ambien94
Tabel 9.1: Efek Kesehatan Berdasarkan kondisi paparan dan sumber informasi	..126
Tabel 9.2: Standar dosis untuk paparan radiasi di Amerika Serikat, dinyatakan dalam dosis efektif tahunan127
Tabel 11.1: Komponen Lingkungan146

Bab 1

Konsep Lingkungan Hidup

1.1 Pengertian Lingkungan Hidup

Menurut teori dari Naughton dan Larry L. Wolf, lingkungan hidup didefinisikan sebagai sesuatu yang terkait dengan semua faktor eksternal yang bersifat biologis dan fisika yang secara langsung dapat memengaruhi kehidupan, pertumbuhan, perkembangan dan reproduksi organisme (Fadli and Mustafa, 2016). Lingkungan hidup merupakan semua benda dan kondisi termasuk manusia dan perbuatannya yang terdapat dalam ruang tempat manusia berada dan memengaruhi serta berkaitan dengan kesejahteraan manusia dan jasad hidup lainnya (Danusaputro, 1980).

Lingkungan hidup merupakan lingkungan alam hayati, lingkungan alam non-hayati, lingkungan buatan, dan lingkungan sosial yang memengaruhi keberlangsungan perikehidupan dan kesejahteraan manusia serta makhluk lainya (Usman, 1993).

1.2 Etika Lingkungan Hidup

Pendalaman terhadap etika lingkungan sangat penting bagi manusia. Pemahaman terhadap etika lingkungan itu sendiri sudah mengalami proses

perubahan yang lebih baik. Dalam perkembangan teoritis terhadap etika lingkungan, telah dikenal 3 model teori etika lingkungan yang dikenal dengan *Antroposentrisme*, *Biosentrisme* dan *Ekosentrisme* (Tasnim, 2020).

Paham *Antroposentrisme* menganggap bahwa manusia adalah pusat dari alam semesta dan hanya manusia yang memiliki nilai, sementara alam dan segala isinya sekedar alat bagi pemuasan kepentingan dan kebutuhan hidup manusia. Manusia dianggap berada di luar, di atas dan terpisah dari alam. Manusia dipahami sebagai penguasa atas alam yang boleh melakukan apa saja. Pandangan yang seperti ini telah mendorong sikap dan perilaku eksploitatif tanpa kepedulian sama sekali terhadap alam dan segala isinya yang dianggap tidak mempunyai nilai pada diri sendiri.

Paham *Biosentrisme* dan *ekosentrisme* memperbaiki paham dari aliran *Antroposentrisme*. Kedua teori etika lingkungan ini menganut paham bahwa manusia tidak hanya dipandang sebagai makhluk sosial, tetapi juga sebagai makhluk biologis atau makhluk ekologis. Itu berarti bahwa manusia adalah sebagai makhluk yang kehidupannya tergantung dari dan terikat erat dengan semua kehidupan di alam semesta. Tanpa alam, tanpa makhluk hidup lain, manusia tidak akan bertahan hidup, karena manusia hanya merupakan salah satu entitas di alam semesta. Manusia mempunyai kedudukan yang sama dengan makhluk hidup lainnya dalam jaringan kehidupan di alam semesta ini. Manusia tidak berada di luar, di atas dan terpisah dari alam. Manusia berada dalam alam dan terikat serta tergantung dari alam dan seluruh isinya.

Aliran dari teori etika lingkungan *Biosentrisme* dan *Ekosentrisme* telah mempertegas bahwa komunitas biotis dan komunitas ekologis sebagai komunitas moral. Etika tidak lagi dibatasi hanya bagi manusia namun berlaku bagi semua makhluk hidup. Selain itu, etika lingkungan telah dibela untuk kembali kepada etika masyarakat adat, yang dipraktikkan oleh hampir semua suku asli diseluruh dunia.

Aliran ini sudah membela bahwa setiap kehidupan dan makhluk hidup mempunyai nilai dan berharga pada dirinya sendiri. Sehingga mereka selayaknya mendapat pertimbangan dan kepedulian moral. Memperlakukan alam secara moral, terlepas dari apakah ia bernilai bagi manusia atau tidak. Teori ini mendasarkan moralitas pada keluhuran kehidupan, entah pada manusia atau makhluk hidup lainnya.

Aliran *Biosentrisme* mempunyai empat keyakinan, yakni:

1. Bahwa manusia adalah anggota dari komunitas kehidupan di bumi dalam arti yang sama dan dalam kerangka yang sama, di mana makhluk hidup yang lain juga anggota dari komunitas yang sama.
2. Keyakinan bahwa spesies manusia, bersama dengan spesies lain adalah bagian dari sistem yang saling tergantung sedemikian rupa sehingga kehidupan ditentukan oleh relasi satu dengan lainnya.
3. Keyakinan bahwa semua organisme adalah pusat kehidupan yang mempunyai tujuan sendiri.
4. Keyakinan bahwa manusia pada dirinya sendiri tidak lebih unggul dari makhluk hidup lainnya (Tasnim, 2020).

Keyakinan ini mendorong manusia untuk berlaku netral dalam memandang semua makhluk hidup dengan segala kepentingannya. Manusia juga akan lebih terbuka untuk memperhatikan dengan serius kepentingan makhluk hidup lainnya apabila ada masalah kepentingan antara manusia dengan makhluk hidup lain.

Satu hal yang membedakan aliran *Biosentrisme* dengan *Ekosentrisme* adalah *Ekosentrisme* lebih memandang etika berlaku pada keseluruhan komponen lingkungan, seluruh komunitas ekologis, baik yang hidup maupun tidak. Mereka saling tergantung dan terikat satu sama lain dalam hubungan ekologi. Oleh karenanya kewajiban dan tanggung jawab moral tidak terbatas pada makhluk hidup saja tetapi juga terhadap lingkungan tak hidup. Etika lingkungan menjadi suatu gerakan yang secara bersama-sama memulihkan kondisi lingkungan yang rusak dan tetap memelihara keadaan yang sudah baik.

1.3 Permasalahan dan Perkembangan Lingkungan Hidup

1.3.1 Permasalahan Lingkungan Hidup

Masalah-masalah lingkungan dapat dikelompokkan ke dalam tiga bentuk, yaitu pencemaran lingkungan (pollution), pemanfaatan lahan secara salah (land misuse) dan pengurasan sumber daya alam (natural resource depletion) (Rahmadi, 2019).

Teknologi merupakan salah satu sumber terjadinya masalah-masalah lingkungan. Revolusi di bidang ilmu pengetahuan yang terjadi selama puluhan tahun terakhir telah mendorong perubahan-perubahan besar di bidang teknologi. Hasil-hasil teknologi itu diterapkan dalam sektor industri, pertanian, transportasi dan komunikasi (Stewart and Krier, 1978).

Motif ekonomi seringkali menggerakkan perilaku manusia atau keputusan-keputusan yang diambil oleh manusia (baik secara perorangan maupun kelompok) dalam pemanfaatan sumber daya alam. Sumber daya alam tidak dapat menjadi hak perorangan, tetapi setiap orang dapat menggunakan atau memanfaatkannya untuk kepentingan masing-masing. Bebasnya sumber daya alam itu dimanfaatkan oleh setiap orang untuk memenuhi kebutuhannya masing-masing, maka setiap orang berusaha dan berlomba-lomba untuk memanfaatkan atau mengeksploitasi sumber daya alam semaksimal mungkin guna perolehan keuntungan pribadi yang sebesar-besarnya. Pada akhirnya hal tersebut akan mengakibatkan penurunan kualitas lingkungan dan kuantitas sumber daya alam yang efeknya juga akan mengakibatkan masyarakat secara keseluruhan akan menderita kerugian (Hardin, 1977).

Dampak negatif dari menurunnya kualitas lingkungan adalah timbulnya ancaman terhadap kesehatan, menurunnya nilai estetika, kerugian ekonomi dan terganggunya sistem alami.

1.3.2 Perkembangan Lingkungan Hidup

Permasalahan lingkungan hidup mendapat perhatian yang luas dari berbagai bangsa sejak diselenggarakannya konferensi PBB tentang lingkungan hidup pada tanggal 5 sampai dengan 16 Juni 1972 di Stockholm, Swedia. Konferensi ini menghasilkan sebuah deklarasi tentang lingkungan hidup manusia atau

dikenal dengan Deklarasi Stockholm yang dianggap sebagai sumber cikal bakal pembangunan hukum lingkungan di dunia. Konferensi itu juga menetapkan setiap tanggal 5 Juni sebagai Hari Lingkungan Hidup Sedunia.

Pada tahun 1983 Majelis Umum PBB membentuk sebuah badan *World Commission on Environment and Development* (WCED) yang diketuai oleh Perdana Menteri Norwegia, Gro Harlem Brundtland. WCED menghasilkan sebuah laporan yang kemudian dipublikasikan "Our Common Future", memuat pendekatan terpadu terhadap masalah-masalah lingkungan hidup dan pembangunan.

Menanggapi rekomendasi laporan tersebut, Majelis Umum PBB memutuskan untuk menyelenggarakan Konferensi di Rio de Janeiro, Brasil pada tahun 1992. Konferensi ini dihadiri oleh 178 utusan negara, 115 Kepala Negara dan Kepala Pemerintahan, 1.400 orang juga perwakilan Lembaga Swadaya Masyarakat. Peserta Konferensi Rio mewakili berbagai kepentingan dan negara-negara di dunia, maka Konferensi Rio disebut juga sebagai *Earth Summit*.

Konferensi Rio atau menghasilkan kesepakatan sebagai berikut:

1. Deklarasi Rio; tentang Lingkungan Hidup dan Pembangunan.
2. Konvensi tentang Keanekaragaman Hayati (The Biodiversity Convention).
3. Konvensi tentang Perubahan Iklim (The Climatic Change Convention).
4. Agenda 21; dokumen blueprint pembangunan berkelanjutan di abad ke-21.
5. Prinsip-prinsip pengelolaan hutan yang tidak mengikat.
6. Pengembangan lebih lanjut instrumen-instrumen hukum dari Konvensi tentang Desertifikasi, Konvensi Pencemaran Laut yang bersumber dari Daratan.
7. Perjanjian untuk membentuk komisi tentang pembangunan berkelanjutan yang tugasnya memantau pelaksanaan kesepakatan-kesepakatan Rio dan Agenda 21 (Hunter and Salzman, 1998).

Kesadaran untuk melaksanakan perlindungan dan pelestarian lingkungan hidup semakin kuat khususnya bagi negara-negara di Asia Tenggara yang

ditandai dengan adanya kerjasama antarnegara ASEAN. Kerjasama itu antara lain dapat dilihat melalui Tripartite Agreement dan Deklarasi Manila. Tripartite Agreement adalah kesepakatan antara Indonesia, Malaysia dan Singapura mengenai pencegahan dan penanggulangan pencemaran laut di Selat Malaka dan Selat Singapura. Kesepakatan itu antara lain telah menghasilkan suatu penataan lalu lintas laut di dua selat tersebut sebagaimana dituangkan dalam "Indonesia-Malaysia-Singapura (IMS) Traffic Separation Scheme, Rules and Recommendations" (Danusaputro, 1980).

Pada tanggal 28 sampai dengan 29 Juli 2010 di Manila telah diselenggarakan sebuah Simposium tentang Pengambilan Keputusan dalam Bidang Lingkungan Hidup, Negara Hukum dan Keadilan Lingkungan se-Asia atas dukungan Asian Development Bank (ADB). Dalam simposium itu dibahas pengalaman masing-masing peradilan di Asia dalam penegakan hukum lingkungan dan penyelesaian sengketa lingkungan. Melalui simposium itu muncul suatu gagasan tentang perlunya peradilan negara-negara ASEAN menyelenggarakan sebuah pertemuan tahunan tentang lingkungan hidup. Gagasan ini kemudian memperoleh dukungan positif dari pimpinan Mahkamah Agung negara-negara di ASEAN serta ADB. Hasilnya adalah penyelenggaraan Pertemuan Ketua-Ketua Mahkamah Agung ASEAN dalam bidang lingkungan hidup yang pertama yang bertajuk ASEAN Chief Justices' *Roundtable on Environment* bertempat di Jakarta tanggal 5 sampai dengan 7 Desember 2011 (Rahmadi, 2019).

1.4 Pengelolaan Lingkungan Hidup di Indonesia

1.4.1 Peraturan Perundang-undangan Lingkungan Hidup

Di tingkat nasional, lahirnya Undang-Undang Nomor 4 Tahun 1982 Tentang Ketentuan-Ketentuan Pokok Pengelolaan Lingkungan Hidup tanggal 11 Maret 1982 dipandang sebagai awal dari lahirnya hukum lingkungan nasional modern. Artinya, peraturan perundang-undangan yang dibuat sebelum 11 Maret 1982 dipandang sebagai rezim hukum lingkungan nasional klasik (Rahmadi, 2019).

Undang-Undang Nomor 4 Tahun 1982 tentang Ketentuan-Ketentuan Pokok Pengelolaan Lingkungan Hidup (UULH 1982) sudah tidak lagi berlaku karena telah digantikan oleh Undang-Undang Nomor 23 Tahun 1997 yang kemudian digantikan oleh Undang-Undang Nomor 32 Tahun 2009 tentang Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup (UUPPLH 2009) yang berlaku hingga saat ini.

UULH 1982 merupakan undang-undang pengelolaan lingkungan hidup yang pertama di Indonesia setelah munculnya kesadaran global dan nasional tentang arti penting pengelolaan lingkungan. Selain itu, UULH 1982 dapat dipandang sebagai undang-undang tentang pengelolaan lingkungan hidup pada masa modern karena memuat konsep-konsep dan instrumen-instrumen pengelolaan lingkungan hidup, misalkan baku mutu lingkungan hidup dan analisis mengenai dampak lingkungan yang tidak ditemukan dalam peraturan perundang-undangan klasik.

Pada bagian sebelumnya telah diuraikan, bahwa sebelum UULH 1982 lahir sesungguhnya telah berlaku berbagai bentuk peraturan perundang-undangan tentang atau yang berhubungan dengan lingkungan hidup atau sumber daya alam dan sumber daya buatan. Namun demikian, berbagai peraturan perundang-undangan itu masih mengandung pendekatan sektoral, sementara masalah-masalah lingkungan yang timbul semakin kompleks sehingga peraturan perundang-undangan klasik tidak mampu mengantisipasi dan menyelesaikan masalah-masalah lingkungan secara efektif.

UULH 1982 merupakan sumber hukum formal tingkat undang-undang yang pertama dalam konteks hukum lingkungan modern di Indonesia. UULH 1982 memuat ketentuan-ketentuan hukum yang menandai lahirnya suatu bidang hukum baru, yakni hukum lingkungan karena ketentuan-ketentuan itu mengandung konsep-konsep yang sebelumnya tidak dikenal dalam bidang hukum. Akan tetapi, setelah UULH 1982 berlaku selama sebelas tahun ternyata oleh para pemerhati lingkungan hidup dan juga pengambil kebijakan lingkungan hidup dipandang sebagai instrumen kebijakan pengelolaan lingkungan hidup yang tidak efektif. Oleh sebab itu, UULH 1982 digantikan oleh Undang-Undang Nomor 23 Tahun 1997 tentang Pengelolaan Lingkungan Hidup (UULH 1997).

Senada dengan UULH 1982, UULH 1997 memiliki celah kelemahan normatif, terutama pada kewenangan penegakan hukum administratif dan kewenangan penyidikan sehingga perlu adanya penguatan dengan undang-

undang baru guna peningkatan penegakan hukum terkait permasalahan lingkungan hidup. Oleh sebab itu, UULH 1997 digantikan oleh Undang-Undang Nomor 32 Tahun 2009 tentang Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup.

Berbeda dari dua undang-undang sebelumnya, UU No. 32 Tahun 2009 diberi nama Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup. Penambahan istilah "Perlindungan" ini didasarkan pada pandangan dengan rasionalisasi agar lebih memberikan makna tentang pentingnya lingkungan hidup untuk memperoleh perlindungan. Pihak eksekutif dan tim penyusun dan tim ahli sebenarnya sudah menjelaskan kepada para anggota Panja DPR bahwa pengelolaan lingkungan hidup merupakan konsep yang di dalamnya telah mengandung unsur perlindungan lingkungan hidup di samping pemanfaatan lingkungan hidup. Tetapi para anggota Panja DPR bersikeras bahwa istilah perlindungan harus dicantumkan dalam judul undang-undang, sehingga akhirnya hal itu sepakat diterima.

Dibandingkan dengan UULH 1982 dan UULH 1997, UUPPLH 2009 memuat bab dan pasal yang lebih banyak, yaitu terdiri atas XVII bab dan 127 pasal. UUPPLH 2009 memerlukan peraturan pelaksanaan dalam bentuk peraturan pemerintah dalam bidang-bidang sebagai berikut:

1. Inventarisasi lingkungan hidup (Pasal 11);
2. Penetapan ekoregion (Pasal 11);
3. Rencana Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup (Pasal 11);
4. Penetapan daya dukung dan daya tampung (Pasal 12 ayat (4));
5. Kajian Lingkungan Hidup Strategis (Pasal 18 ayat (2));
6. Baku Mutu Lingkungan Hidup (Pasal 20 ayat (4));
7. Kriteria Baku Kerusakan (Pasal 21 ayat (5));
8. Analisis mengenai dampak lingkungan (Pasal 33);
9. Izin lingkungan (Pasal 41);
10. Instrumen ekonomi lingkungan (Pasal 43 ayat (4));
11. Analisis risiko lingkungan (Pasal 47 ayat (3));
12. Tata cara penanggulangan pencemaran dan/atau kerusakan lingkungan (Pasal 53 ayat (3));
13. Pengendalian pencemaran dan/atau kerusakan lingkungan hidup (Pasa 56);

14. Tata cara pemulihan fungsi lingkungan hidup (Pasal 54 ayat (3));
15. Dana penjaminan (Pasal 55 ayat (4));
16. Konservasi dan pencadangan sumber daya alam serta pelestarian fungsi atmosfer (Pasal 57 ayat (5));
17. Pengelolaan Bahan Berbahaya dan Beracun (Pasal 58 ayat (2));
18. Pengelolaan Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun (Pasal 59 ayat (7));
19. Tata cara dan persyaratan dumping (Pasal 61 ayat (3));
20. Tata cara pengawasan (Pasal 75);
21. Sanksi administratif (Pasal 83);
22. Penyelesaian sengketa lingkungan hidup (Pasal 86 ayat (3)).

1.4.2 Instrumen Lingkungan Hidup

Dalam sistem di Indonesia mengenal dua jenis instrumen pengelolaan lingkungan hidup. Pertama, adalah instrumen pengelolaan lingkungan hidup yang diwajibkan, yaitu pelaksanaan instrumen pengelolaan lingkungan hidup yang diatur melalui suatu peraturan legal seperti dalam bentuk Peraturan Pemerintah atau Keputusan Menteri. Kedua, adalah instrumen pengelolaan lingkungan hidup yang tidak diatur dalam suatu peraturan legal, sehingga pelaksanaannya tidak wajib, tergantung pada inisiatif pemrakarsa kegiatan.

Bagi instrumen pengelolaan lingkungan hidup yang wajib bila tidak dilaksanakan maka pemrakarsa kegiatan akan dikenai sanksi (pidana atau administrasi). Sedangkan untuk instrumen tidak wajib bila dilaksanakan atau tidak, tidak akan membawa konsekuensi hukum. Namun demikian, pelaksanaan instrumen pengelolaan lingkungan hidup yang tidak wajib dapat meningkatkan citra pemrakarsa terhadap upaya perlindungan lingkungan hidup. Dalam upaya perlindungan lingkungan hidup ke depan, sejalan dengan meningkatnya kesadaran banyak pihak terhadap perlindungan lingkungan hidup, instrumen pengelolaan lingkungan hidup yang tidak wajib ini juga penting untuk dilaksanakan. (Asdak, 2018).

Analisis Mengenai Dampak Lingkungan (AMDAL menjadi instrumen legal utama yang bersifat wajib (mandatory) dalam pengelolaan lingkungan hidup di Indonesia. Setiap pemrakarsa proyek pembangunan yang memenuhi kriteria seperti diatur dalam Peraturan Pemerintah Nomor 27 Tahun 1999 wajib melaksanakan AMDAL, termasuk Rencana Pemantauan Lingkungan (RPL)

dan Rencana Pengelolaan Lingkungan (RKL) di dalamnya. Bila dalam proses penapisan pemrakarsa proyek pembangunan tidak masuk dalam kriteria wajib AMDAL, maka instrumen yang dibuat adalah dokumen UKL-UPL.

Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan RI juga membentuk suatu instrumen pengelolaan lingkungan hidup lainnya yang dikenal dengan nama Kajian Lingkungan Hidup Strategis (KLHS). KLHS menjadi bersifat wajib untuk dilaksanakan oleh pemerintah (pusat dan daerah) karena pemerintah punya kewenangan mengeluarkan kebijakan, rencana, atau program (KRP) pembangunan yang juga melibatkan berbagai pemangku kepentingan di Indonesia.

Selain instrumen pengelolaan lingkungan hidup wajib, selama ini juga dikenal instrumen-instrumen pengelolaan lingkungan hidup yang telah dilaksanakan di Indonesia dalam bentuk sukarela atau tidak wajib, salah satunya Audit Lingkungan Hidup (Environmental Audit). Audit Lingkungan Hidup adalah pemantauan lingkungan hidup yang dilaksanakan berdasarkan inisiatif dan aturan sendiri serta tidak melibatkan pemerintah dalam pelaksanaannya. Dalam hal ini, instrumen pengelolaan lingkungan hidup dalam bentuk Audit Lingkungan Hidup bersifat sukarela. Pada kasus tertentu, terutama oleh adanya kasus dampak lingkungan hidup negatif signifikan dan menjadi isu nasional, pemerintah telah mewajibkan perusahaan-perusahaan untuk melakukan Audit Lingkungan Hidup. Dalam konteks ini, instrumen pengelolaan lingkungan hidup dalam bentuk Audit Lingkungan Hidup dapat dikategorikan wajib.

Implementasi Audit Lingkungan Hidup umumnya digunakan untuk memverifikasi ketaatan suatu perusahaan/industri terhadap peraturan pemerintah dalam bidang pengelolaan lingkungan hidup dan/atau sebagai pembuktian bahwa perusahaan tersebut telah melaksanakan sistem pengelolaan lingkungan hidup standar seperti ISO 14001, Ekolabel, Produksi Bersih dan PROPER. Pada kasus ini, perusahaan yang melaksanakan Audit Lingkungan Hidup bertujuan untuk memperoleh sertifikat.

Instrumen pengelolaan lingkungan hidup tidak wajib (sukarela) lainnya adalah Analisis Risiko Lingkungan Hidup (Ecological Risk Assessment) yang bertujuan untuk evaluasi dampak aktual dan potensial oleh suatu pencemar terhadap habitat (komunitas) flora dan fauna. Hasil kajian Analisis Risiko Lingkungan Hidup yang umumnya sangat teknis pada aspek ekologis perlu disampaikan kepada pengambil keputusan dan masyarakat dalam bahasa yang mudah dipahami. Oleh karena itu, sosialisasi hasil kajian Analisis Risiko

Lingkungan Hidup memerlukan komunikator lingkungan hidup yang memahami adanya kesenjangan pemahaman tentang persoalan-persoalan lingkungan hidup di masyarakat (Rahmadi, 2019).

Bab 2

Manusia dan Lingkungan Hidup

2.1 Pendahuluan

Lingkungan adalah suatu sistem kompleks yang berada di luar individu dan memengaruhi pertumbuhan serta perkembangan organisme, tetapi bukan habitat. Selanjutnya habitat terdiri dari organisme yang berada di laut, di darat, di padang pasir, di hutan dan sebagainya. Batas ruang lingkungan menurut pengertian ini sangat luas, namun untuk praktisnya di batasi ruang lingkungan dengan faktor-faktor yang dapat di jangkau oleh manusia seperti faktor alam, faktor politik, faktor ekonomi, faktor sosial dan lain-lain.

Setiap organisme, hidup dalam lingkungannya masing-masing. Begitu juga jumlah dan kualitas organisme penghuni di setiap habitat tidak sama. Faktor-faktor yang ada dalam lingkungan selain berinteraksi dengan organisme, juga berinteraksi sesama faktor tersebut, sehingga sulit untuk memisahkan dan mengubah tanpa memengaruhi bagian lain dari lingkungan itu. (Serafica, 2020).

Secara umum lingkungan dapat digolongkan menjadi 2 (dua) kategori yaitu:

1. Lingkungan abiotik seperti suhu, udara, cahaya atmosfer, hara, mineral, air, tanah, api.
2. Lingkungan biotik yaitu makhluk hidup di luar lingkungan abiotik.

Lingkungan hidup adalah kesatuan ruang dengan semua benda, daya, keadaan, dan makhluk hidup, termasuk manusia dan perilakunya, yang memengaruhi kelangsungan perikehidupan dan kesejahteraan manusia serta makhluk hidup lain yang dapat dibedakan secara fisik dan sosial. Setiap lingkungan hidup diatur oleh suatu hukum alam secara otomatis. Jika salah satu komponen mengalami kerusakan, maka dapat menyebabkan kerusakan pada komponen yang lain. (Mahyati, 2007).

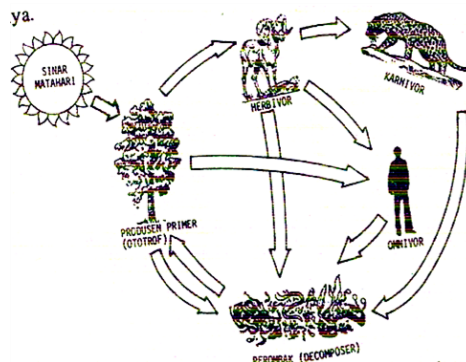
2.2 Ekosistem dan Lingkungan hidup

Satuan pokok ekologi adalah ekosistem atau sistem ekologi yakni satuan kehidupan terdiri atas suatu komunitas makhluk hidup (berbagai jenis) dengan berbagai benda mati yang berinteraksi membentuk suatu sistem. Ekosistem dicirikan dengan berlangsungnya pertukaran materi dan transformasi energi yang sepenuhnya berlangsung di antara berbagai komponen dalam sistem itu sendiri atau dengan sistem lain di luarnya. Kehidupan akan berlangsung dalam berbagai fenomena kehidupan menurut prinsip, tatanan, dan hukum alam atau ekologi seperti homeostasis (keseimbangan), kelentingan (esilience atau kelenturan), kompetisi, toleransi, adaptasi, suksesi, evolusi, mutasi, hukum minimum, hukum entropi, dan sebagainya.

Sedangkan lingkungan hidup adalah sistem kehidupan di mana terdapat campur tangan manusia terhadap tatanan ekosistem yang kesatuan ruang dengan semua benda, daya, keadaan, dan makhluk hidup termasuk manusia dan perilakunya yang menentukan perikehidupan serta kesejahteraan manusia dan makhluk hidup lainnya.

Dalam gambar 2.1 menunjukkan secara ringkas dan sederhana bagaimana seluruh jaring-jaring kehidupan itu berlangsung melalui daur materi dan transformasi energi. Energi matahari hanya dapat di sintesis dalam bentuk kehidupan oleh tumbuhan berhijau daun (produsen primer atau ototrof, artinya mampu menopang hidup sendiri). Makhluk hidup lainnya adalah produsen

sekunder (herbivor=pemakan tumbuhan), tersier (karnivor= pemakan hewan lain), dan seterusnya. Manusia pada dasarnya karnivor, kemudian berkembang juga menjadi herbivor, dan disebut omnivor (pemakan segala macam). Seluruh kelompok makhluk hidup lain ini disebut heterotrof (makhluk hidup yang tergantung kepada makhluk hidup lain). Kelompok penting dalam daur kehidupan diwujudkan dalam sistem trofik (sistem makanan) ini adalah kelompok perombak (decomposer) yang terdiri atas cacing, serangga, bakteri, jamur, ragi, virus, dan sebagainya. Jadi terlihat bahwa betapapun perkasanya manusia itu, kalau kita kembali kepada hakikat kehidupan, tidak mungkin manusia melepaskan diri dari jaring-jaring kehidupan itu. Alternatifnya hanyalah bagaimana berada dalam jaring-jaring kehidupan itu secara serasi.



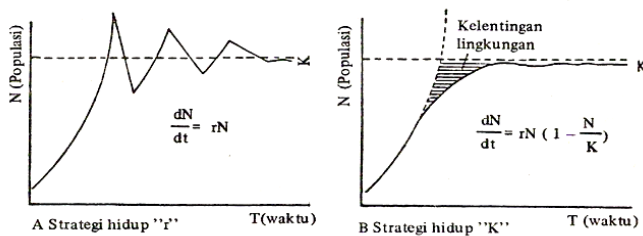
Gambar 2.1: Hubungan antara berbagai tipe makhluk hidup dalam jaring-jaring kehidupan, termasuk di dalamnya manusia yang tidak mungkin hidup tanpa adanya makhluk hidup lainnya, khususnya tumbuhan dan kelompok perombak (keterangan pada naskah).

Pada dasarnya manusia adalah kelompok individu yang merupakan populasi dari satu spesies hewan. Hal ini terlihat dalam Gambar 2.1, menunjukkan manusia berada dalam jaring-jaring kehidupan (the web of life) sebagaimana kelompok jenis makhluk hidup lainnya.

2.3 Strategi Hidup Manusia

Dalam ilmu hayat dikenal adanya dua macam strategi hidup yang ekstrim, yakni strategi hidup “r” dan strategi hidup “K”. Jenis makhluk hidup dengan strategi hidup “r” adalah yang mengalami pertumbuhan populasi yang cepat

dengan mengabaikan terlampaunya daya dukung lingkungan (Gambar 2.2 A). Manusia pada hakikatnya adalah jenis makhluk hidup yang berstrategi hidup “K” yakni yang memperhatikan batas daya dukung lingkungan. Kalau populasinya sudah mendekati batas daya dukung maka terbentuk perubahan laju kehidupan karena pengaruh kelentingan lingkungan (environmental resistance atau environmental resilience) yang menahan laju pertumbuhan sehingga pertumbuhan dapat berimpit dengan batas daya dukung (K) (Gambar 2.2 B).



Gambar 2.2: Pertumbuhan populasi jenis makhluk hidup dengan strategi hidup “r” (A) dan strategi hidup “K” (B). K = daya dukung lingkungan; r=kecepatan pertumbuhan populasi (Soerjani 1985).

Strategi hidup “K” manusia itu ditandai dengan lahirnya anak yang hanya seorang sekali melahirkan, bayinya yang lahir dalam keadaan lemah, harus dilindungi, diasuh, dan dipelihara sebelum mampu menopang hidup sendiri. Secara hayati manusia harusnya tidak mempunyai masalah dengan lingkungan hidupnya, tidak ada krisis, tidak ada pencemaran, serta selalu berada dalam keserasian dengan lingkungannya. Adanya populasi manusia yang bertambah besar itu juga meningkat pula pola hidup atau tingkat konsumsinya, maka tuntutan terhadap daya dukung tidak saja ditentukan oleh pertambahan populasi manusia (N), tetapi juga oleh peningkatan konsumsi atau peningkatan tuntutan terhadap sumber daya.

2.4 Kualitas Hidup Manusia

Dalam perkembangan kebudayaan manusia terlihat bahwa kebutuhan manusia tidak sekedar kebutuhan hidup secara hayati. Atau dengan istilah yang lebih lazim kita pakai, manusia tidak sekedar hidup untuk memenuhi kebutuhan

pokok untuk hidup, seperti minum, makan, dan memelihara kesehatan, melainkan juga kebutuhan sekunder, yakni kebutuhan akan pakaian, rumah, pendidikan, dan sebagainya. lebih jauh manusia juga mempunyai kebutuhan tersier, yakni kebebasan untuk melakukan pilihan.

Suatu kebutuhan manusia akan mengubah seluruh pola hidupnya, apabila dia tidak sekedar makan untuk keperluan hidup secara hayati, melainkan dengan suatu pilihan menurut selera kebudayaannya. Sementara itu, dengan keterbatasan sumber daya yang tersedia, dan dengan populasi manusia yang selalu bertambah serta pola kebutuhannya yang senantiasa berubah dan meningkat, maka kualitas hidup manusia sebenarnya makin menurun pula. Hal ini terlihat dalam rumus berikut:

$$Q = \frac{R}{N \cdot (C_p + C_s + C_t)} \quad \dots\dots\dots (1)$$

Keterangan

Q = kualitas hidup

R = sumber daya yang tersedia (secara terbatas)

N. = populasi manusia (yang senantiasa naik)

C_p = kebutuhan atau konsumsi primer

C_s = kebutuhan sekunder

C_t = kebutuhan tersier. (Soerjani 1985)

Dalam perkembangan budaya manusia C_p, C_s, dan C_t makin bertambah sehingga rasio sumber daya dengan populasi dan pola hidup makin kecil. Hal ini berarti bahwa Q makin rendah, atau kualitas hidup makin turun. Salah satu kemungkinan upaya yang harus dilakukan oleh manusia adalah untuk menekan pertumbuhan populasinya sehingga pertumbuhan N tidak melampaui suatu batas. Hal ini dilaksanakan melalui program keluarga berencana (KB), dan sebagainya. Di samping itu juga dapat dilakukan dengan menahan diri, yakni dengan jalan mengendalikan pola hidup atau tingkat konsumsi kita pada batas yang tidak berlebihan. Hal ini terutama ditujukan kepada kebutuhan yang tidak pokok, kemewahan yang berlebihan, kebutuhan yang didorong oleh martabat (sebagai pejabat dan sebagainya). Kedua hal ini sekaligus akan

berakibat mengecilnya penyebut $N \times C$, sehingga rasio R dengan N , C akan meningkat, dan kualitas hidup pun bertambah baik.

2.5 Kualitas Manusia Dan Kualitas Lingkungan

Makhluk hidup secara keseluruhan merupakan penyebab utama terjadinya perubahan dalam sistem kehidupan. Manusia merupakan fenotipe yang terbentuk oleh adanya interaksi antara genotipe dan lingkungan hidupnya. Genotipe itupun tidaklah konstan, melainkan terus menerus mengalami perubahan karena terjadinya mutasi pada gen dalam khromosomnya, baik mutasi spontan maupun mutasi karena pengaruh lingkungan. Manusia modern dapat terbentuk oleh lingkungan hidupnya dan sebaliknya manusia modern membentuk lingkungan hidupnya. Manusia tak dapat berdiri sendiri di luar lingkungan hidupnya. Membicarakan manusia harus pula membicarakan lingkungan hidupnya. Manusia tanpa lingkungan hidupnya adalah abstraksi belaka.

Sedangkan manusia mempunyai potensi dan kemampuan untuk merubahnya secara berbeda, karena perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi yang dikuasai khususnya, serta perkembangan kebudayaan pada umumnya. Seringkali perubahan itu sangat kolosal, drastis, bahkan dramatis. Bahkan, perubahan itu secara sadar ditimbulkannya, walau dia tahu hal itu akan menimbulkan kerugian pada orang lain serta makhluk hidup lain, atau merusakkan lingkungan pada umumnya.

Oleh karena itu dalam ilmu lingkungan, tidak sekedar hubungan timbal balik dan sebab akibat yang kita persoalkan, tetapi juga apakah manfaat dan risiko dari perbuatan atau kegiatan itu kecuali menimbulkan manfaat dan risiko bagi diri sendiri juga menimbulkan manfaat dan risiko bagi orang lain serta makhluk hidup lain. Kalau menguntungkan bagi dirinya, bagi orang lain, serta makhluk hidup lain, maka tindakannya itu benar. Bila yang terjadi sebaliknya, maka tindakan itu salah. Jadi, dalam ilmu lingkungan ada masalah benar atau salah, atau dengan kata lain ilmu lingkungan adalah ekologi ditambah dengan pertimbangan moral benar atau salah. Oleh karena itu, ilmu lingkungan harus memasukkan moral alam ke dalam moral manusia.

Selanjutnya, terhadap manfaat dan risiko yang timbul secara alami pun, seperti letusan gunung berapi, angin topan, dan sebagainya, manusia juga mengembangkan pengetahuan, teknologi, dan kebudayaannya untuk memperbesar manfaat dan memperkecil (kalau tidak mampu meniadakan) risiko, baik yang menimpa dirinya secara langsung maupun yang menimpa orang lain, makhluk hidup lain, serta lingkungan hidup pada umumnya.

Oleh karena itu, hakikat pokok pengelolaan lingkungan hidup oleh manusia adalah bagaimana manusia melakukan upaya agar kualitas manusia makin meningkat, sementara kualitas lingkungan juga makin baik. Hal ini merupakan landasan ilmiah mengapa masalah lingkungan hidup di Indonesia dikaitkan dengan masalah kependudukan, di mana dapat diartikan bahwa masalah lingkungan yang paling menonjol dan perlu memperoleh kualitas pengelolaan adalah masalah kependudukan.

2.6 Lingkungan Hidup dan Penegakan Lingkungan Hidup

Lingkungan merupakan ruang tiga dimensi, di dalam mana organisme merupakan salah satu bagiannya. Lingkungan bersifat dinamis dalam arti berubah-ubah setiap saat. Perubahan dan perbedaan yang terjadi secara mutlak maupun relatif dari faktor-faktor lingkungan terhadap tumbuh-tumbuhan akan berbeda-beda menurut waktu, tempat dan keadaan tumbuhan itu sendiri. Kehidupan sebetulnya adalah proses pertukaran energi antara organisme dan lingkungan. Melalui tumbuhan hijau energi sinar matahari di ikat dan di ubah menjadi energi kimia dalam bentuk senyawa gula. Sifat dan susunan tumbuhan sangat di pengaruhi oleh keadaan lingkungannya. Setiap bentuk dari organisme atau bagian-bagiannya yang memungkinkan organisme itu hidup pada keadaan lingkungan tertentu disebut adaptasi.

Lingkungan hidup merupakan anugerah yang diberikan oleh Allah SWT kepada seluruh makhluk ciptaan Allah SWT untuk dimanfaatkan secara baik. Pemanfaatan lingkungan hidup dalam rangka pemenuhan kebutuhan makhluk hidup itu sendiri disertai tanggung jawab besar dalam perlindungan dan pengelolaan lingkungan hidup agar tetap terjaga kelestariannya.

Lingkungan hidup itu satu kesatuan dengan kehidupan masyarakat. Seseorang tidak bisa lepas dari lingkungan hidup. Semua makhluk hidup yang ada di dunia ini, tergantung satu sama lain dengan alam dan lingkungan hidup. Roda kehidupan ini sebagai ekosistem yang saling membutuhkan, dan satu sama lain tergantung. Pada keseimbangan, keberlanjutan dalam ekosistem ini harus terjaga supaya kerusakan dan pencemaran terhadap ekologi lingkungan hidup tidak terjadi.

Negara dengan tegas menjamin hak atas lingkungan yang baik dan sehat di Pasal 28 H ayat (1) UUD NRI Tahun 1945, menempatkan warga negara ini harus diberi perlindungan atas lingkungan hidup yang baik dalam hidup dan kehidupannya. Negara yang di implementasi dalam UU No.32 Tahun 2009 tentang Perlindungan Pengelelolaan Lingkungan Hidup, yang menggantikan UU No.23 Tahun 1997 tentang Pengelolaan Lingkungan Hidup, jo UU No.4 Tahun 1982 tentang Ketentuan Pokok Lingkungan Hidup. PP No.27 Tahun 1999 yang diganti PP No.27 Tahun 2012 tentang Izin Lingkungan.

UU PPLH merupakan hukum utama dalam pengelolaan sumber daya alam. Hukum lingkungan itu menjadi embrio dari pengaturan hukum sumber daya alam, seperti hukum kehutanan, hukum perkebunan, hukum pertambangan, hukum penataan ruang, dan pesisir dan lain sebagainya.

Secara keilmuan UU PPLH memahami hukum lingkungan, memahami konsep dasar alam, penciptaan terhadap alam, ekosistem makhluk hidup, pengaturan dan pengelolaan, penegakan hukum. Alam dan lingkungan ada untuk dijaga, dirawat, dan dimanfaatkan dengan batasan dan ukuran keseimbangan. Proses pemanfaatan sumber daya alam yang berlebihan, menimbulkan dampak ketidakseimbangan dalam hidup manusia dan lingkungan hidup.

Peraturan perundang-undangan sebagai pedoman dan dasar untuk memberi perlindungan dan jaminan atas lingkungan yang baik. Pada kontruksi ini, formulasi penegakan hukum dalam hukum lingkungan menjadi kunci menjaga dan merawat lingkungan hidup. Penegakan hukum dalam permasalahan hukum lingkungan tidak lepas dari penegakan hukum administrasi lingkungan, hukum perdata lingkungan, hukum pidana lingkungan, dan hukum lingkungan internasional. Sebelum memahami penegakan perlindungan dan pengelolaan lingkungan, diuraikan konsep dasar terkait dengan lingkungan.

Lingkungan Hidup menurut pasal 1 angka 1 Undang-undang Nomor 32 Tahun 2009 tentang perlindungan dan pengelolaan lingkungan hidup adalah kesatuan

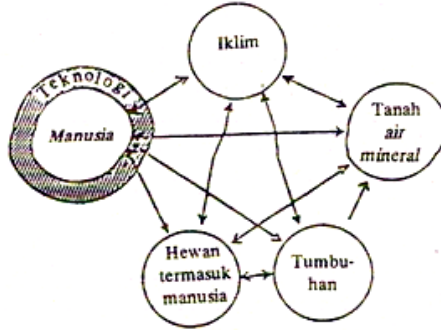
ruang dengan semua benda, daya, keadaan, dan makhluk hidup, termasuk manusia dan perilakunya, yang memengaruhi alam itu sendiri kelangsungan perikehidupan dan kesejahteraan manusia serta makhluk hidup lain. Lingkungan hidup merupakan bagian yang mutlak dari kehidupan setiap manusia dan makhluk lainnya, yang perlu dijaga dan dilindungi.

Pasal 1 angka 2 UU PPLH memberikan pengertian bahwa 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. Lingkungan hidup itu harus dijaga, dirawat, dan dikendalikan dalam pengelolaannya untuk perlindungan dan pengelolaan lingkungan hidup sebagai sistem manajemen. Hal ini menjadi alur keseimbangan alam, lingkungan hidup, dan manusia.

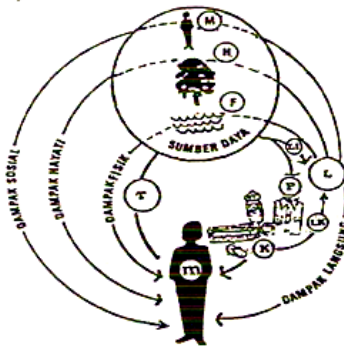
2.7 Teknologi, Daya Dukung, dan Pengelolaan Lingkungan

Dari model kualitas hidup Q nampak sepintas lalu bahwa guna meningkatkan kualitas hidup dapat diusahakan melalui kenaikan nilai tambah sumber daya dengan jalan teknologi atau rekayasa. Jadi Q diusahakan naik melalui nilai tambah R. Secara hayati penggunaan teknologi oleh manusia itu menyebabkan kedudukan dan fungsinya dalam ekosistem berubah menjadi transendental terhadap kelompoknya sebagai makhluk hidup hewani (Gambar 2.3).

Ekosistem atau lingkungan hidup alami berubah menjadi lingkungan hidup buatan (man-made environment). Seperti yang juga terlihat pada Gambar 2.4 yang melukiskan kesatuan ekosistem dan lingkungan hidup serta timbulnya limbah dalam lingkungan hidup buatan, karena kecepatan perombakan oleh kelompok atau proses daur ulang lainnya yang berlangsung tidak secepat terbentuknya limbah itu sendiri.



Gambar 2.3: Kedudukan manusia dengan teknologinya yang transendental terhadap kelompoknya sendiri (hewan) (Lohani 1984; Soerjani 1985).

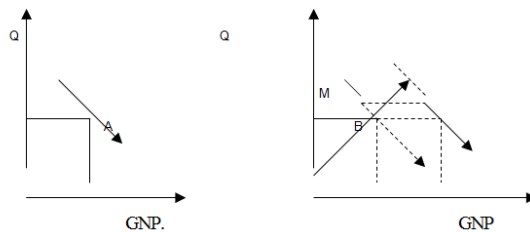


Gambar 2.4: Timbulnya limbah dalam kegiatan manusia yang menimbulkan dampak bagi kehidupan manusia itu sendiri (Soerjani 1985). M=Manusia; T=Teknologi; P=Produksi; LI=Limbah Industri; LK=Limbah Konsumsi; L=Limbah Total; K=Konsumsi;

Kesemuanya dapat menimbulkan dampak fisik, dampak hayati dan dampak sosial, di samping dampak langsung bagi manusia yang melakukan kegiatan itu sendiri. Menumpuknya limbah ini juga karena limbah itu dikeluarkan dari sistem yang menghasilkannya sehingga menimbulkan “tragedi” milik umum, yakni air sungai yang dikotori, udara yang tercemar, timbunan limbah di pinggir jalan, dan sebagainya. Seharusnya diusahakan agar sistem itu mampu menyerap limbah itu sebagai sumber daya, baik langsung maupun melalui teknologi yang memanfaatkan jasad renik perombak misalnya. Hal ini mungkin dapat dijalankan apabila manusia bersedia melihat berbagai masalah yang timbul sebagai suatu kesempatan (problems as opportunities) seperti

misalnya yang kita lakukan dalam mengelola masalah gulma, yakni dengan memanfaatkan gulma itu untuk berbagai keperluan manusia.

Upaya menambahkan nilai sumber daya (R) melalui teknologi atau industrialisasi memang mungkin, tetapi harus diingat bahwa upaya itu juga akan menghasilkan limbah, yang akhirnya akan menurunkan kualitas lingkungan hidup. Gambar 2.5 menunjukkan bahwa kenaikan GNP akan menurunkan kualitas hidup (Q) karena kenaikan GNP itu juga diikuti dengan kenaikan limbah yang menurunkan kualitas lingkungan.



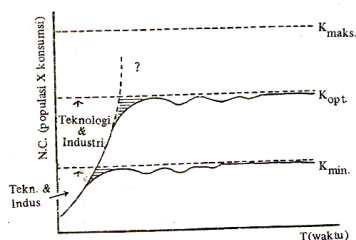
Gambar 2.5: Menurunnya kualitas hidup (Q) karena kenaikan GNP yang harus diimbangi dengan pengelolaan lingkungan (M) (Beale 1980, Soerjani 1985).

Oleh karena itu makin tinggi tingkat kegiatan manusia untuk mencapai kenaikan GNP, makin berat pula upaya yang harus dilakukan untuk mengelola lingkungan agar kualitas hidup tidak mengalami kemerosotan.

Memang benar bahwa dengan menggunakan teknologi dalam proses industrialisasi baik industri primer (pertambangan dan pertanian), industri sekunder (manufaktur dan konstruksi) serta industri tersier (jasa dan komunikasi) daya dukung dapat dinaikkan. Tetapi perlu diingat bahwa dengan teknologi yang canggih seperti apa pun, daya dukung itu pada suatu tingkat akan mencapai batas maksimum (Gambar 2.6).

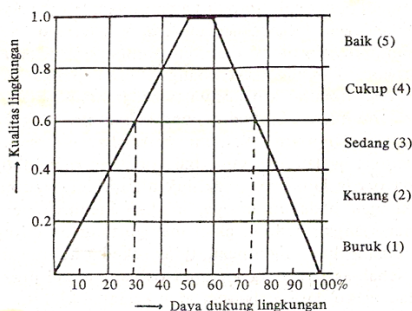
Berbagai kasus menunjukkan bahwa kualitas lingkungan masih akan terpelihara baik, apabila manusia mengelola daya dukung pada batas di antara minimum (K_{min}) dan optimum (K_{opt}). Oleh sebab itu, dibawah minimum berarti bahwa sumber daya itu tidak berfungsi dengan baik, sementara keadaan yang mendekati daya dukung maksimum akan mengundang risiko (pencemaran, dan sebagainya), sehingga diperlukan biaya yang tinggi. Bahkan ada bahaya kalau batas itu sampai dilampaui maka akan timbul krisis lingkungan berupa ketidakseimbangan yang makin berat. Salah satu contoh

mengenai hal ini adalah hasil padi yang dengan teknologi yang kita kuasai pada saat ini dapat mencapai hasil maksimum sebesar 16 ton/ha. Pada kenyataannya menunjukkan bahwa hasil yang sekarang sudah kita capai, yakni sebesar 5 ton/ha ($\pm 1/3$ K_{maks}) sudah timbul berbagai masalah lingkungan, seperti pencemaran air minum oleh pupuk, kontaminasi hasil panen oleh pestisida, dan sebagainya.



Gambar 2.6: Daya dukung yang naik karena industrialisasi dengan penggunaan teknologi yang pada akhirnya mencapai daya dukung maksimum (K_{maks}). Pengelolaan oleh manusia sebaiknya dibatasi antara K_{min} dan K_{opt} . (Soerjani 1985)

Demikian pula menurut konsep tata ruang, arsitektur bangunan juga harus memperhitungkan arsitektur alam, yakni antara $1/3$ - $2/3$ dari seluruh tata ruang yang dikelola untuk berkembang secara alam. Gambar 2.7 menunjukkan bahwa daya dukung lingkungan perlu dikelola dalam batas yang seimbang antara peranan semua komponen dengan kualitas lingkungan yang terbaik juga tercapai antara 30 - 70% dari daya dukung 100% .



Gambar 2.7: Daya dukung lingkungan yang dikelola di antara 30 - 70% memberikan kualitas lingkungan yang cukup baik. Angka-angka dalam kurung menunjukkan skala (indeks) kualitas lingkungan. (Soerjani 1985)

Suatu padang rumput tanpa ternak akan menggambarkan suatu pengelolaan yang tidak seimbang, sehingga kualitas lingkungan buruk (1), kenaikan jumlah ternak akan menimbulkan keadaan yang lebih baik karena makin timbul keseimbangan sehingga keadaan dengan skala kurang (2), akan bertahap menuju keadaan sedang (3), cukup (4), dan baik (5). Keadaan cukup dan baik ini tercapai pada batas daya dukung 30-70%, karena semakin tinggi daya dukung dimanfaatkan, makin menurun kualitas lingkungan, sampai akhirnya pada daya dukung 100% keadaan menjadi buruk kembali. Oleh karena itu, mengelola daya dukung mendekati kemampuan 100% akan ada risiko bahwa pada suatu saat timbul kekeringan, rumput tidak tumbuh semestinya, makanan ternak kurang, air minum tidak cukup, dan sebagainya, menyebabkan kualitas lingkungan akan berada dalam keadaan yang buruk. (Soerjani 1985)

Bab 3

Unsur Lingkungan Biotik dan Abiotik

3.1 Pendahuluan

Kehidupan manusia di bumi tidak bisa dipisahkan dari lingkungannya, begitu juga dengan kehidupan manusia dengan makhluk hidup lainnya seperti hewan dan tumbuhan. Manusia memerlukan makhluk hidup lainnya untuk memenuhi kebutuhan hidupnya. Sehingga antara manusia dan makhluk hidup lainnya memiliki keterkaitan satu sama lain. Manusia bersama hewan, tumbuhan dan jasad renik menempati suatu ruang tertentu. Kecuali makhluk hidup, dalam ruang itu terdapat juga benda tak hidup, seperti misalnya udara yang terdiri atas bermacam gas, air dalam bentuk uap, cair dan padat, tanah dan batu. Ruang yang ditempati suatu makhluk hidup bersama dengan benda tak hidup di dalamnya disebut lingkungan hidup makhluk hidup tersebut (Soemarwoto, 1991).

Lingkungan hidup selalu mempunyai isu permasalahan yang dapat digolongkan menjadi dua bagian. Pertama, masalah lingkungan yang muncul sebagai akibat dari berbagai gejala alam itu sendiri, misalnya gempa, erupsi, gerhana dan lain-lain. Kedua, masalah lingkungan sebagai akibat campur tangan manusia. Perubahan-perubahan yang disebabkan oleh alam yang

selanjutnya merupakan gejala yang ada menimbulkan berbagai dampak kepada penghuninya, tetapi sebagian besar dampak yang timbul dari perubahan tersebut diselesaikan oleh alam sendiri, yaitu dengan mempertahankan keseimbangan (Ariwidodo, 2014).

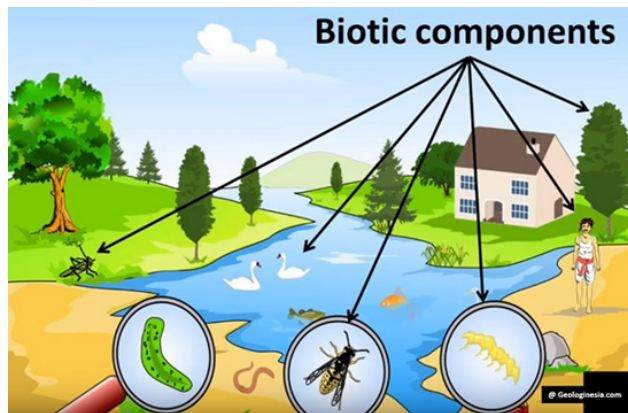
menurut Munadjat Danusaputro, dikatakan bahwa lingkungan hidup merupakan semua benda dan kondisi termasuk manusia dan perbuatannya yang terdapat dalam ruang tempat manusia berada dan memengaruhi serta berkaitan dengan kesejahteraan manusia dan jasad hidup lainnya (Danusaputro, 1985).

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 (HIDUP, YANG and ALAM, 2016).

Berdasarkan UU PPLH tersebut diatas bahwa lingkungan hidup merupakan kesatuan ruang baik yang ada di luar angkasa, di bumi dan di perut bumi yang merupakan satu rangkaian yang tidak dapat dipisahkan, jika salah satunya berdampak terhadap pencemaran maka akan saling berhubungan, dan akan berdampak pada makhluk hidup yang ada di dalamnya termasuk manusia (Hesti, 2020). Lingkungan suatu organisme adalah segala sesuatu diluar organisme, yang menjadi kondisi atau persyaratan organisme untuk hidup, lingkungan makhluk hidup (organisme) dibagi menjadi 2, yaitu: Lingkungan Abiotik (benda mati / Fisik) dan Lingkungan Biotik (Makhluk Hidup)

3.2 Lingkungan Biotik

Lingkungan Biotik adalah lingkungan yang meliputi semua makhluk hidup di bumi, baik tumbuhan maupun hewan. Dalam ekosistem, tumbuhan berperan sebagai produsen, hewan berperan sebagai konsumen, dan mikroorganisme berperan sebagai decomposer, juga meliputi tingkatan-tingkatan organisme yang meliputi individu, populasi, komunitas, ekosistem, dan biosfer (Manik, 2018).



Gambar 3.1: Komponen-komponen biotik (geolognesia, 2019)

Keberadaan suatu organisme dalam ekosistem dapat memengaruhi keanekaragaman. Berkurangnya jumlah suatu jenis populasi dalam suatu ekosistem dapat indeks keanekaragamannya. Salah satunya, faktor biotik ini dapat memengaruhi jenis hewan yang dapat hidup di habitat tersebut, dan ada hewan-hewan tertentu yang hidupnya membutuhkan perlindungan yang dapat diberikan oleh energi dari tumbuhan di habitat tersebut. Ada beberapa faktor yang memengaruhi keberadaan serangga tanah dalam ekosistem yaitu pertumbuhan populasi dan interaksi yang terjadi antar spesies.

Organisme tidak hidup sendirian melainkan bersama dengan organisme yang lain. Apabila dalam suatu populasi hidup bersama dengan populasi yang lain, maka boleh jadi keduanya saling memengaruhi atau bisa jadi tidak memengaruhi sama sekali. Suatu interaksi dapat terjadi antar sesama individu dalam suatu populasi atau biasa dikenal dengan interaksi intraspesifik. Biasanya interaksi ini dapat terjadi dalam memperebutkan sumberdaya sejenis yang keberadaannya terbatas. Persaingan ini sangat ketat, karena kebutuhan sumberdaya yang diperebutkan antara individu tersebut sama dan tidak dapat digantikan dengan yang lain (Dharmawan and Ibrohim, 2005).

Interaksi yang terjadi bisa antara dua populasi yang berbeda disebut dengan intraspesifik. Secara teoritik dapat dikatakan bahwa populasi dua spesies dapat berinteraksi yang pengaruhnya dapat berupa menguntungkan (+), merugikan (-), atau populasi tersebut tidak terpengaruh oleh populasi yang lain (0). Ketiga interaksi tersebut dapat saling berkombinasi satu sama lain sehingga efek dari interaksi tersebut dapat menimbulkan berbagai tipe interaksi.

Macam-macam tipe interaksi:

1. Predator adalah binatang atau serangga yang memakan binatang atau serangga lain. Predasi adalah suatu interaksi atau simbiosis dari dua individu, yang mana salah satu individu menyerang atau memakan individu yang lain yang digunakan untuk kepentingan hidupnya dan biasanya dilakukan berulang-ulang. Contohnya, singa dengan mangsanya yaitu seperti singa dengan kijang, rusa dan burung hantu dengan tikus.
2. Parasitisme adalah serangga yang hidup menumpang, berlindung dan makan dari inangnya. Interaksi ini bersifat merugikan, organisme yang satu merasa untung dan organisme yang ditumpanginya merasa rugi. Contohnya, Plasmodium dengan manusia dan Taenia saginata dengan sapi.
3. Kompetisi terjadi karena adanya keinginan untuk mempertahankan kelangsungan hidup sebagai akibat terjadi kepadatan populasi yang sedemikian rupa meningkat, sehingga kebutuhan akan bahan makanan, tempat tinggal, dan kebutuhan hidup lainnya dari populasi tersebut menjadi di luar kemampuan alam lingkungan untuk menyediakannya. Interaksi kompetisi ada dua jenis yaitu kompetisi intraspesifik dan kompetisi interspesifik (Jumar, 2000).
4. Protokooperasi merupakan ke dua jenis individu populasi yang berinteraksi mendapatkan keuntungan tetapi bukan merupakan keharusan bagi kedua populasi untuk selalu saling berhubungan agar dapat hidup. Contohnya, asosiasi lumut dengan keong air tawar (lumut menggunakan zat hara dari keong). Keong ditumbuhi lumut menjadi perlindungan terhadap musuh-musuhnya.
5. Komensalisme merupakan hubungan antara dua organisme yang berbeda spesies dalam bentuk kehidupan bersama untuk berbagi sumber makanan, salah satu spesies diuntungkan dan spesies lain lainnya tidak dirugikan.
6. Mutualisme adalah hubungan antara dua organisme yang berbeda spesies yang saling menguntungkan kedua belah pihak. Contohnya,

bakteri *Rhizobium* yang hidup pada bintil akar kacang-kacangan (Sri Wahyuni, 2014).

Tingkatan-tingkatan organisme makhluk hidup tersebut dalam ekosistem akan saling berinteraksi, saling memengaruhi membentuk suatu system yang menunjukkan kesatuan. Secara lebih terperinci, tingkatan organisasi makhluk hidup adalah sebagai berikut (Ma'arif, 2016):

1. Individu merupakan organisme tunggal seperti: seekor tikus, seekor kucing, sebatang pohon jambu, sebatang pohon kelapa, dan seorang manusia. Dalam mempertahankan hidup, seti jenis dihadapkan pada masalah-masalah hidup yang kritis. Misalnya, seekor hewan harus mendapatkan makanan, mempertahankan diri terhadap musuh alaminya, serta memelihara anaknya. Untuk mengatasi masalah tersebut, organisme harus memiliki struktur khusus seperti: duri, sayap, kantung, atau tanduk. Hewan juga memperlihatkan tingkah laku tertentu, seperti membuat sarang atau melakukan migrasi yang jauh untuk mencari makanan. Struktur dan tingkah laku demikian disebut adaptasi
2. Populasi Kumpulan individu sejenis yang hidup pada suatu daerah dan waktu tertentu disebut populasi
3. Komunitas Komunitas ialah kumpulan dari berbagai populasi yang hidup pada suatu waktu dan daerah tertentu yang saling berinteraksi dan memengaruhi satu sama lain. Komunitas memiliki derajat keterpaduan yang lebih kompleks bila dibandingkan dengan individu dan populasi.
4. Ekosistem Antara komunitas dan lingkungannya selalu terjadi interaksi. Interaksi ini menciptakan kesatuan ekologi yang disebut ekosistem. Komponen penyusun ekosistem adalah produsen (tumbuhan hijau), konsumen (herbivora, karnivora, dan omnivora), dan dekomposer/pengurai (mikroorganisme). Dalam komunitas, semua organisme merupakan bagian dari komunitas dan antara komponennya saling berhubungan melalui keragaman interaksinya.

5. Biosfer

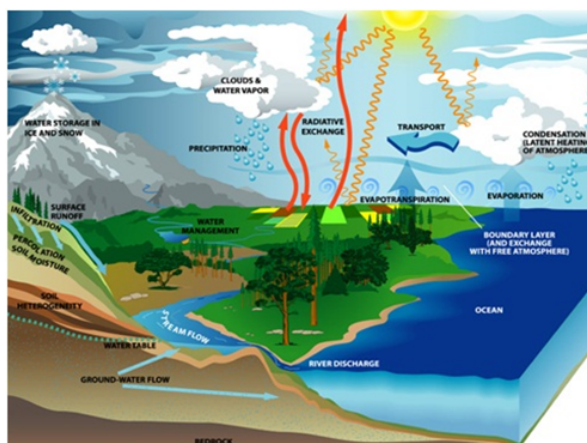
Seluruh ekosistem di dunia disebut biosfer. Dalam biosfer, setiap makhluk hidup menempati lingkungan yang cocok untuk hidupnya. Lingkungan atau tempat yang cocok untuk kehidupannya disebut habitat. Dalam biologi kita sering membedakan istilah habitat untuk makhluk hidup mikro, seperti jamur dan bakteri, yaitu disebut substrat. Dua spesies makhluk hidup dapat menempati habitat yang sama, tetapi tetap memiliki relung (nisia) berbeda. Nisia adalah status fungsional suatu organisme dalam ekosistem. Dalam nisianya, organisme tersebut dapat berperan aktif, sedangkan organisme lain yang sama habitatnya tidak dapat berperan aktif. Sebagai contoh marilah kita lihat pembagian nisia di hutan hujan tropis.

Berdasarkan segi trofik atau nutrisi, maka komponen biotik dalam ekosistem terdiri atas dua jenis, yaitu (Indriyanto, 2006):

1. Komponen autotrofik. Autos artinya sendiri dan trophikos artinya menyediakan makanan. Komponen autotrofik yaitu organisme yang mampu menyediakan atau mensintesis makanannya sendiri berupa bahan organik berasal dari bahan – bahan anorganik dengan bantuan klorofil dan energi utama berupa radiasi matahari. Oleh karena itu, organisme yang mengandung klorofil termasuk ke dalam golongan autotrof dan pada umumnya adalah golongan tumbuhan.
2. Komponen heterotrofik. Hetero artinya berbeda atau lain dan trophikos artinya menyediakan makanan. Komponen heterotrofik yaitu organisme yang hidupnya selalu memanfaatkan bahan organik sebagai bahan makanannya, sedangkan bahan organik yang dimanfaatkan itu disediakan oleh organisme lain. Jadi, komponen heterotrofik memperoleh bahan makanan dari komponen autotrofik.

3.3 Lingkungan Abiotik

Lingkungan abiotik adalah benda-benda mati yang bermanfaat bagi kelangsungan hidup makhluk hidup di sebuah lingkungan yakni mencakup tanah, air, api, batu, udara, dan lain sebagainya (Fandeli, 1995).



Gambar 3.2: Komponen-komponen abiotik ekosistem (Kampungilmu.web.id, 2018)

Faktor abiotik suatu ekosistem merupakan keadaan fisik dan kimia yang menyertai kehidupan organisme sebagai medium dan substrat kehidupan. Komponen ini terdiri dari segala sesuatu tak hidup dan secara langsung terkait pada keberadaan organisme, antara lain sebagai berikut (Khosi'in, 2019).

1. Udara merupakan bagian dari Bumi yang keberadaannya sangat penting, bahkan bisa dikatakan sebagai elemen yang paling penting. Hal ini karena fungsi dari udara digunakan untuk bernafas (oksigen). Tanpa adanya udara (oksigen), manusia tidak akan bisa hidup. Tidak hanya manusia saja, bahkan binatang, tumbuhan dan juga organisme kecil- kecil sekalipun. Udara merupakan sekumpulan gas yang menyelimuti lapisan atmosfer bumi. Adapun gas- gas yang menyusun udara tersebut terdiri dari gas Oksigen atau O_2 yakni sebesar 21,9%, gas Nitrogen atau N_2 yakni sebanyak 78,1%, gas Karbondioksida atau CO_2 yakni sebanyak 0,03%, serta gas- gas lainnya dalam jumlah

yang sedikit. Di antara gas- gas tersebut, yang paling penting untuk menunjang kehidupan di Bumi adalah Oksigen. Hal ini karena manusia dan binatang hidup dengan menghirup gas Oksigen. Tanpa adanya gas Oksigen, manusia dan binatang tidak akan bisa bertahan hidup dalam beberapa jangka waktu tertentu. Sementara itu pepohonan memerlukan Karbondioksida untuk berfotosintesis, dan kemudian akan menghasilkan oksigen. Hal ini menandakan bahwa posisi udara sangatlah penting bagi kelangsungan hidup makhluk hidup.

2. Air Komponen abiotik yang kedua adalah air, bahwa planet bumi ini sebagian besar terdiri dari air. Permukaan bumi sebagian besar ditutupi oleh air. Air dalam planet apabila dilihat dari luar angkasa memiliki warna biru. Itulah mengapa planet Bumi ini dominan olah warna biru. Tidak lain karena permukaan planet bumi sebagian besar diisi oleh air. Volume air di bumi ini mencapai sekitar 1,4 milyar km kubik. Volume-volume air tersebut berasal dari air laut sebanyak 97%, air tawar 0,75% dan gunung es sekitar 2%. Bisa kita bayangkan betapa luasnya dan banyaknya air yang ada di samudera yang ada di bumi. Meskipun air seringkali digunakan dan dibuang, namun volume air ini akan bersifat tetap karena adanya siklus hidrologi. Air mempunyai peranan yang sangat penting, bahkan menjadi sumber daya yang vital bagi kehidupan di bumi. Air mempunyai banyak sekali fungsi yang menunjang kehidupan manusia. Selain untuk memenuhi cairan di dalam tubuh (minum), air juga digunakan dalam kehidupan sehari- hari, tanpa adanya air untuk minum, makhluk hidup khususnya manusia dan binatang tidak akan bisa bertahan hidup. Mungkin manusia masih bisa tahan apabila tidak makan selama sehari-hari, namun belum tentu bisa bertahan hidup jika tidak minum selama beberapa hari. Dalam dunia tumbuhan, air juga digunakan untuk menunjang proses fotosintesis, menunjang metabolisme jaringan, dan lain sebagainya. Maka dari itulah ketersediaan air akan sangat menunjang bagi kelangsungan hidup

semua makhluk hidup baik organisme autotrof, heterotrof, maupun lain sebagainya.

3. Kelembaban udara Komponen abiotik dari suatu ekosistem yang selanjutnya adalah kelembaban udara. Udara merupakan hal yang tidak dapat dipisahkan dari manusia, seperti yang telah disampaikan di atas. Udara ini mempunyai suatu kelembaban yang mana kelembaban tersebut dapat memengaruhi kelangsungan hidup makhluk hidup. Kelembaban udara ini dapat memengaruhi berbagai hal, terutama dalam pertumbuhan tanaman. Kelembaban udara ini sangat dipengaruhi oleh berbagai hal, seperti intensitas, angin, curah hujan serta sinar matahari. Suatu daerah yang mempunyai tingkat kelembaban berbeda, akan menghasilkan sebuah ekosistem yang juga memiliki komposisi yang berbeda-beda.
4. Cahaya Matahari, Matahari merupakan pusat tata surya dan sekaligus menjadi bintang yang paling besar di jagat raya. Matahari dengan sinar dan kehangatannya mampu menyinari planet- planet yang ada di sekelilingnya. Sinar matahari ini seolah tidak pernah habis dan selalu menjadi sumber kehangatan bagi kehidupan makhluk hidup, bahkan menjadi sumber energi di Bumi. Cahaya matahari juga menjadi penentu terjadinya proses fotosintesis bagi tumbuhan. Cahaya matahari pun dapat diserap oleh air, sehingga pada ekosistem air, fotosintesis pada tumbuhan akan terjadi di sekitar permukaan yang terjangkau oleh cahaya matahari. Di daerah gurun, intensitas cahaya matahari begitu besar sehingga hal ini justru akan membuat binatang dan tumbuh- tumbuhan menjadi sangat tertekan. Dengan demikian, cahaya matahari menjadi komponen yang sangat memengaruhi aktivitas dan juga kondisi dari makhluk hidup.
5. Tanah Daratan merupakan hamparan tanah yang besar dan bisa digunakan untuk tempat tinggal makhluk hidup. Namun tidak berarti bahwa seluruh daratan ini terdiri atas tanah. Daratan juga ada yang terdiri atas perairan, seperti rawa- rawa, danau, sungai dan lainnya. Meski demikian, tanah merupakan komponen abiotik yang sangat memengaruhi kehidupan makhluk hidup. Tanah terbentuk oleh proses

destruktif, yakni pelapukan batuan dan pembusukan senyawa organik. Serta proses sintesis yakni pembentukan mineral. Tanah mempunyai komponen yang utama yakni mineral, bahan organik, air dan juga udara. Tumbuhan mengambil air dan juga garam mineral dari tanah. Sementara manusia dan binatang memanfaatkan tanah sebagai tempat tinggal. Selain itu, manusia juga memanfaatkan tanah sebagai lahan pertanian, perkebunan, peternakan, dan lain sebagainya.

6. Suhu Komponen abiotik yang selanjutnya adalah suhu. Suhu merupakan derajat energi panas yang berasal dari sinar, terutama sinar matahari. Suhu udara berbeda-beda di setiap ekosistem yang bergantung pada garis lintang dan juga ketinggian tempat. Suhu di tempat yang mendekati kutub, maka akan semakin rendah suhunya, dan juga kering. Suhu ini merupakan faktor pembatas bagi kehidupan dan memengaruhi keanekaragaman hayati pada suatu ekosistem. Makhluk hidup akan dapat bertahan hidup pada suhu sekitar 0° hingga 40° Celcius. Namun ada juga beberapa makhluk hidup yang bisa hidup di suhu yang lebih rendah dari itu. Khususnya, makhluk hidup yang tinggal di daerah kutub bumi. Beberapa makhluk hidup akan melakukan hibernasi apabila bertemu dengan suhu yang dingin.
7. Derajat keasaman (pH) Mungkin kita telah sering mendengar mengenai derajat atau tingkat keasaman, atau yang biasa disebut pH. pH atau derajat keasaman dapat memengaruhi kehidupan berbagai macam organisme, khususnya tumbuhan. Tumbuhan akan dapat hidup dengan baik apabila memiliki pH optimum, yakni sekitar 5,8 hingga 7,2. Nilai pH tanah ini dipengaruhi oleh berbagai hal seperti curah hujan, aktivitas akar tanaman, penggunaan pupuk, serta penguraian mineral tanah. Selain berpengaruh pada tumbuhan, pH juga dapat berpengaruh pada manusia serta binatang. h. Garam mineral Garam merupakan bumbu dapur yang selalu dipakai ketika memasak dan memberikan rasa yang asin. Garam dibuat dengan menggunakan air laut yang ditampung dalam suatu wadah dan kemudian dijemur. Air laut itu lama- kelamaan akan mengkristal dan

kita akan mendapatkan bubuk garam yang langsung bisa kita gunakan. Garam mengandung banyak mineral, khususnya Yodium. Siapa yang menyangka bahwa salah satu komponen abiotik dari ekosistem adalah garam mineral. Konsentrasi garam sangat memengaruhi kesetimbangan air dalam organisme melalui osmosis. Beberapa organisme terestrial akan dapat beradaptasi pada lingkungan yang memiliki kandungan garam yang tinggi.

8. Arus Angin Pengaruh yang amat besar yang diberikan oleh arus angin dalam kehidupan dari tumbuhan, seperti pada lingkungan yang arus anginnya kencang hanya dihuni tumbuhan yang mempunyai sistem perakaran kuat dan berbatang liat sehingga bisa bertahan hidup. Beda lagi pada daerah yang arus anginnya lambat atau tidak kencang akan dihuni oleh tumbuhan yang memiliki sistem perakaran yang lemah dan batang tidak liat atau kokoh. Arus angin juga berpengaruh terhadap kesuburan tanah pada suatu lingkungan.
9. Iklim terbentuk sebagai hasil dari interaksi berbagai komponen abiotik lainnya, seperti kelembapan udara, curah hujan, suhu dan lain sebagainya. Baik tumbuhan atau hewan dalam kehidupannya dipengaruhi oleh iklim lingkungannya, begitu juga dengan jumlah tumbuhan pada suatu daerah juga akan memberi besar pada iklim di suatu lingkungan. Iklim juga dapat memengaruhi dari kesuburan tanah, akan tetapi kesuburan tanah tidak bisa memengaruhi dari iklim. Salah satu bukti besarnya pengaruh iklim terhadap tumbuhan adalah dengan adanya distribusi atau persebaran tumbuhan berdasarkan bentuk iklimnya.
10. Topografi adalah faktor altitude atau latitude suatu tempat. Altitude adalah ketinggian suatu tempat yang diukur dari permukaan laut, sedangkan latitude adalah letak lintang yang diukur dari garis khatulistiwa. Topografi memberikan pengaruh yang sangat besar terhadap penyebaran suatu organisme, yang sangat jelas adalah persebaran dari tumbuhan, jenis tumbuhan yang terdapat di setiap ketinggian yang berbeda pasti jenis tumbuhannya juga berbeda,

seperti di wilayah pegunungan jenis tumbuhannya pasti berbeda dengan di wilayah persawahan atau bibir pantai.

Bab 4

Pelestarian Lingkungan

4.1 Pendahuluan

Lingkungan merupakan segala sesuatu yang mengelilingi atau yang ada di sekitar makhluk hidup. Segala sesuatu yang mengelilingi makhluk hidup itu bisa berupa faktor biotik dan faktor abiotik. Antara makhluk hidup dengan lingkungannya selalu terjalin suatu hubungan yang timbal balik yang disebut juga dengan berinteraksi. Lingkungan biotik itu merupakan segala sesuatu yang hidup yang mengitari makhluk hidup, sedangkan lingkungan abiotik itu berupa segala sesuatu yang tidak hidup. Beberapa contoh lingkungan abiotik ialah suhu, air, intensitas sinar, ketinggian atau altitud, kelembaban, tanah, kadar garam, dan lain sebagainya. Sedangkan lingkungan biotik itu bisa berupa hubungan antar makhluk hidup dalam bentuk predator-mangsa, simbiosis, habitat, habitat, kompetisi, reproduksi, dan lain sebagainya (Ningrum, 2007).

Pelestarian lingkungan merupakan suatu usaha untuk menjaga agar kondisi lingkungan tetap sehat. Usaha ini harus dilaksanakan secara sadar oleh manusia demi kelangsungan hidupnya dan juga makhluk hidup yang lain. Secara sadar memiliki konotasi sebagai suatu usaha yang dilakukan demi kepentingannya sendiri. Manusia itu harus menyadari bahwa kerusakan pelestarian lingkungan itu perlu dilaksanakan untuk meningkatkan kualitas hidupnya. Manusia itu harus menyadari bahwa pengeksploitasian lingkungan

akan menurunkan kualitas hidupnya yang berakibat langsung kepada kualitas kesehatannya juga (Suharto, Hilmawan and Yudaruddin, 2015).

Dalam bab ini kita akan membahas beberapa bentuk upaya pelestarian lingkungan. Ada pelestarian hutan, pelestarian sumber daya air, pelestarian sumber daya udara, dan sumber pelestarian sumber daya tanah. Namun sebelum membahas bentuk-bentuk upaya pelestarian tersebut, marilah kita terlebih dahulu meninjau bentuk-bentuk kerusakan lingkungan secara umum, dan peraturan-peraturan yang mengatur perilah tersebut.

4.2 Penyebab Kerusakan Lingkungan

Ada dua penyebab kerusakan lingkungan, yakni kerusakan lingkungan karena faktor alam, dan kerusakan lingkungan karena faktor manusia. Kerusakan lingkungan karena faktor alam dapat berupa bencana alam yang tidak dapat dihindari dan terjadinya secara spontanitas tanpa ada campur tangan manusia. Misalnya letusan gunung berapi yang merusak beribu-ribu hektar areal hutan dan pertanian, serta pemukiman, dan menimbulkan efek kejut gelombang tsunami yang menyapu bersih beberapa area lainnya. Angin kencang di beberapa negara yang disertai dengan hujan badai yang dapat merubah ekosistem yang terjadi di benua Amerika dan Asia Timur. Longsoran paparan benua bawah laut yang dapat menimbulkan arus turbiditi dan tsunami yang dapat membentuk suatu bentangan baru di dasar laut, dan efek tsunami yang akan menghantam daratan di sekitarnya. Di benua Afrika sering terjadi kebakaran hutan karena adanya sambaran petir yang menyambar rumput dan pohon kering, sehingga memusnahkan banyak ekosistem di sana (Lindell and Prater, 2003).

Kerusakan lingkungan juga dapat disebabkan oleh aktivitas manusia. Kerusakan itu bisa terjadi melalui usaha penebangan hutan secara liar, pembukaan area pertanian, perluasan kota, pembangunan, pembakaran hutan, pengambilan air tanah tanpa perhitungan, penggunaan pupuk dan insektisida, penggunaan bahan bakar fosil oleh pabrik industri dan kendaraan bermotor, pertambangan, penggunaan freon sebagai bahan pendingin, pembukaan lahan golf, reaktor nuklir, pembangunan waduk, dan lain sebagainya. Eksploitasi merupakan satu kata yang cocok digunakan dalam usaha manusia untuk mendapatkan keuntungan yang sebesar-besarnya dari penggunaan bahan-bahan yang ada di lingkungannya dalam usaha untuk memperkaya diri, dan

meninggalkan setumpuk masalah lingkungan yang merusak tatanan lingkungan dan kualitas hidup makhluk hidup yang hidup di dalamnya (Baiquni, 2009).

Mitigasi terhadap faktor risiko kerusakan lingkungan harus dilakukan demi mengurangi dampak kerusakan yang terjadi dan pengaruh buruknya terhadap makhluk hidup yang hidup di dalamnya. Salah satu bentuk mitigasi yang harus dilaksanakan ialah mitigasi non-struktural. Mitigasi non-struktural adalah suatu bentuk mitigasi dalam bentuk kebijakan, seperti pembuatan undang-undang pelestarian lingkungan. Dalam undang-undang pelestarian lingkungan ini nantinya diatur beberapa kebijakan yang mengatur beberapa aktivitas manusia dalam pengelolaan dan pelestarian lingkungan hidupnya (Wibowo et al., 2019).

Di era teknologi ini, kerusakan lingkungan itu tidak bisa dihindari. Dampak kerusakan lingkungan ini akan mendatangkan bencana seperti banjir, erosi, polusi, pencemaran, intuisi air laut, dan masalah-masalah lingkungan lainnya. Oleh karena itulah perundang-undangan ini perlu dibuat agar seluruh pelaku industri bisa menyadari bahwa mereka perlu menjaga lingkungan agar tidak terjadi musibah yang tidak diinginkan. Semua oknum yang berurusan harus menyadari bahwa mereka bertanggung jawab untuk melestarikan lingkungan.

4.3 Undang-undang Pelestarian Lingkungan Hidup

Salah satu peraturan yang dikeluarkan pemerintah Indonesia mengenai perlindungan dan pengelolaan lingkungan hidup ialah Undang-undang nomor 32 tahun 2009. Secara garis besarnya undang-undang ini berisi suatu upaya sistematis yang terpadu dalam pelestarian dan pencegahan kerusakan lingkungan hidup. Undang-undang ini berisi aturan-aturan dan tata kelola pengelolaan lingkungan hidup mulai dari perencanaan, instrumen, pengendalian, dan sanksi hukumnya. Sanksi hukum di sini dapat berupa perdata maupun pidana bagi mereka yang melalaikannya.

Di samping itu juga beberapa bentuk peraturan-peraturan yang berhubungan dengan lingkungan hidup. Peraturan Pemerintah no. 27 tahun 2012 berisikan peraturan tentang perizinan lingkungan, PP nomor 101 tahun 2014 mengatur tentang pengelolaan limbah B3, peraturan menteri lingkungan hidup nomor 13

tahun 2013 tentang pengauditan lingkungan hidup. Dan yang terakhir adalah undang-undang nomor 3 tahun 2014 yang mengatur tentang perindustrian.

Pasal 1 ayat (2) undang-undang ini berbunyi: “Perlindungan dan pengelolaan lingkungan hidup adalah upaya sistematis dan terpadu yang dilakukan untuk melestarikan fungsi lingkungan hidup dan mencegah terjadinya pencemaran dan kerusakan lingkungan hidup yang meliputi perencanaan, pemanfaatan, pengendalian, pemeliharaan, pengawasan, dan penegakan hukum”. Yang dimaksud dengan upaya sistematis di sini ialah upaya yang dilakukan dengan menggunakan metode-metode ilmiah yang berlaku dan telah teruji. Dari penjelasan di atas kita melihat bahwa pelestarian lingkungan itu bertujuan akhir untuk mencegah terjadinya malapetaka yang akan merugikan manusia itu sendiri. Sanksi hukum juga dijelaskan di sini sebagai bentuk penegakan hukum.

Dalam pasal tiga diuraikan beberapa tujuan dari perlindungan hidup tersebut. Beberapa diantaranya ialah menekankan tentang kelestarian, pengelolaan yang arif, dan kesehatan manusia. Dari uraian ini jelaslah bahwa tujuan dari pelestarian lingkungan hidup itu ialah untuk kepentingan manusia itu sendiri. Tujuan tersebut bukan saja untuk kepentingan negara Indonesia, tetapi juga menyangkut kepentingan masyarakat di seluruh dunia. Artinya apa yang dilakukan di negara kita akan berdampak juga kekehidupan di negara lain.

4.4 Pelestarian Sumber Daya Hutan

Hutan merupakan sumber daya alam yang penting bagi kehidupan di bumi. Beberapa fungsi hutan antara lain: (1) sebagai sumber oksigen, (2) sebagai pengatur kelembaban udara dan suhu, (3) menyimpan air tanah, (4) mencegah erosi, (5) tempat tinggal hewan-hewan liar, (6) sumber kayu dan bahan makanan, (7) sumber plasma nutfah, (8) sebagai paru-paru dunia. Tentu masih banyak fungsi-fungsi lainnya yang belum kita sebutkan di sini.

Hutan memiliki jumlah kenakeragaman jenis yang tinggi. Indonesia merupakan salah satu wilayah yang memiliki wilayah hutan tropis terbesar. Tumbuhan yang hidup di hutan memiliki kemampuan untuk melakukan proses fotosintesis dalam jumlah yang besar. Proses fotosintesis ini akan menyerap gas karbondioksida dari udara dan dengan bantuan sinar matahari akan melakukan proses tersebut.

Dari reaksi kimia di atas dapat kita lihat bahwa tumbuhan merupakan komponen penting dalam siklus senyawa karbon. Gas karbon dioksida hasil respirasi dan pembakaran bahan bakar fosil akan diserap oleh klorofil dan mengubahnya menjadi senyawa glukosa dan oksigen. Oksigen merupakan komponen penting dalam respirasi, khususnya bagi makhluk heterotroph dan tumbuhan itu sendiri. Kemampuan tumbuh-tumbuhan untuk menghasilkan oksigen ini sering juga disebut dengan paru-paru dunia (Utami, Prasetyo and Sukmono, 2016).

Ada beberapa tindakan manusia yang dengan sengaja merusak hutan. Beberapa diantaranya ialah penebangan liar, pembukaan lahan pertanian baru, perluasan wilayah pemukiman, dan pembakaran hutan. Penebangan liar sering dilakukan oleh orang-orang tertentu yang menebangi pohon-pohon di hutan untuk mengambil kayunya dan menjualnya. Tindakan-tindakan perusakan hutan tropis ini dilakukan oleh orang-orang yang tidak bertanggung jawab dan hanya untuk mencari keuntungan semata. Menurut data global review, ada sekitar 12,2 juta hektar hutan tropis primer di seluruh dunia mengalami kerusakan,. Dan jumlah ini mengalami kenaikan sekitar 12% dari kerusakan tahun sebelumnya (Watch, 2020).

Apa yang terjadi bila jumlah hutan berkurang? Hal pertama yang terjadi ialah berkurangnya jumlah tumbuhan dan makhluk lainnya yang akan menggunakan gas karbon dioksida. Seperti yang kita ketahui bahwa gas karbon dioksida dihasilkan dari proses respirasi, pembakaran bahan bakar fosil, dan proses-proses lainnya. Berkurangnya tumbuhan berarti terjadinya peningkatan kadar gas karbon dioksida di atmosfer bumi; Peningkatan kadar gas karbon dioksida ini akan diikuti oleh peningkatan suhu bumi yang dikenal dengan istilah efek rumah kaca. Peningkatan suhu bumi akan mengakibatkan perubahan cuaca. Beberapa efek perubahan iklim ialah terjadinya banjir, angin puting beliung, dan mencairnya es di kutub utara dan kutub selatan bumi (Woo, 2009).

Akar-akar tanaman yang ada di hutan dan tempat-tempat lainnya berperan untuk menahan laju air ke tempat lain. Hal ini akan mengakibatkan berkurangnya kejadian erosi. Erosi akan mengikis unsur-unsur penting hara tanah sehingga tanah menjadi tidak subur. Sebagian dari air tanah akan dikeluarkan lagi oleh daun tanaman melalui proses respirasi ke udara. Hal ini akan meningkatkan kadar air di udara, sehingga kelembapan udara akan meningkat.

Bagian-bagian tanaman yang mati, baik daun, batang, buah, dan yang lainnya akan membentuk tanah humus. Tanah humus ini berperang penting bagi ekosistem hutan. Humus akan meningkatkan kadar unsur hara tanah, dengan demikian akan meningkatkan kesuburan tanah. Humus juga meningkatkan sistem aerasi tanah, sehingga tanah menjadi gembur dan dapat meningkatkan kadar udara di dalam tanah. Dan hal lain yang tidak kalah pentingnya ialah bahwa humus dapat mengikat air hujan atau air lainnya sehingga meningkatkan juga kadar air tanah. Dengan demikian tanah humus juga berperan penting untuk mencegah terjadinya erosi (Zemánek, 2011).

Hal lain yang menarik dari hutan adalah dalam kemampuannya untuk membentuk lahan gambut. Lahan ini biasanya terbentuk dari sisa-sisa tumbuhan yang membusuk, tetapi tidak membusuk sepenuhnya. Lahan gambut biasanya berwarna coklat kemerahan. Lahan ini merupakan suatu bentuk ekosistem yang penting dalam kehidupan. Lahan ini biasanya menjadi lahan tempat berkumpulnya air dan tempat penyimpanan karbon dioksida yang besar. Dengan demikian lahan ini penting untuk mengurangi peningkatan suhu bumi yang disebabkan oleh emisi gas karbon dioksida ke atmosfer (Napitululu and Mudian, 2016).

4.4.1 Upaya Pelestarian Hutan melalui Reboisasi dan Penghijauan

Reboisasi adalah suatu tindakan menanam kembali area-area hutan yang telah gundul atau yang jumlah pepohonannya berkurang. Tindakan ini biasanya dilakukan karena suatu area hutan tersebut telah ditebangi pohon-pohonnya baik untuk pengambilan kayu, maupun untuk keperluan-keperluan lainnya. Reboisasi memberikan beberapa keuntungan bagi ekosistem setempat. Beberapa keuntungan itu antara lain untuk meningkatkan kualitas air setempat, mencegah erosi, meningkatkan kelembapan udara, menyerap bahan-bahan pencemar lingkungan baik di air maupun di udara, meningkatkan produksi oksigen, menjadi tempat perlindungan hewan, dan meningkatkan kestabilan ekosistem setempat (Merta, Darmanika and Gifari, 2022).

Penghijauan adalah suatu tindakan pemulihan lahan kritis di luar wilayah hutan melalui suatu tindakan penanaman pohon tertentu untuk meningkatkan kembali fungsi lahan yang telah rusak tersebut. Beberapa tempat yang memerlukan penghijauan misalnya perkotaan, sekolah-sekolah, lapangan-lapangan, pinggir jalan, dan tempat-tempat wisata tertentu. Biasanya pada

penghijauan jenis-jenis pepohonan yang ditanam ialah pepohonan yang memiliki banyak fungsi seperti dapat menyimpan air tanah, memiliki nilai jual kayu yang baik, dapat menyerap gas-gas polutan udara, dan ada juga pohon-pohon yang menghasilkan buah atau berbunga cantik.

Upaya reboisasi haruslah dilaksanakan dengan cara yang sistematis dan terencana dengan baik. Perlu diadakan kajian tinjauan kondisi lingkungan di tempat yang akan direboisasi. Perlu memilih jenis-jenis tanaman apa saja yang cocok ditanam di lokasi tersebut. Perlu juga dipikirkan tempat pembibitan sementara dan kelanjutan dari pemeliharaan pohon yang telah di tanam tersebut.

4.4.2 Pelestarian Hutan melalui pembentukan Taman Nasional

Taman nasional merupakan suatu kawasan hutan dengan ekosistem aslinya dengan sistem zonasi yang sangat luas yang bertujuan untuk tempat rekreasi, pendidikan, pariwisata, hiburan serta menelitian ilmiah. Beberapa contoh taman nasional yang ada di Indonesia adalah Taman Nasional Way Kambas, Taman Nasional Kerinci Seblat, Taman Nasional Ujung Kulon, dan beberapa taman nasional lainnya yang berada di beberapa provinsi lain di Indonesia. Secara garis besar taman nasional-taman nasional ini berfungsi sebagai wahana penyimpanan air tanah, sumber oksigen, penyerapan gas karbon dioksida, mengatur kelembapan air di udara, dan menjaga keseimbangan ekologis unsur hayati dan non-hayati yang terjadi di dalamnya.

Ada beberapa sistem zonasi pada taman nasional, yakni zona inti, zona rimba, zona pemanfaatan, zona tradisional, zona rehabilitasi, zona religi budaya, dan zona khusus. Zonasi ini umumnya ditetapkan berdasarkan aspek ekologis, sosial, ekonomi dan budaya masyarakat, analisis data, konsultasi publik, pemanfaatan, keunikan jenis flora dan fauna, kelangkaan, kenyamanan, keindahan, tingkat ancaman gangguan, dan lain sebagainya.

Zona inti merupakan area yang masih memiliki kondisi alam biota dan abiota yang asli dan belum tersentuh atau diganggu oleh manusia. Segala proses ekologis harus berlangsung secara alami dengan segala spesies yang hidup di dalamnya bersifat endemik untuk wilayah tersebut. Dan zona ini betul-betul digunakan sebagai tempat konservasi alam tanpa adanya intervensi manusia. Kegiatan yang diizinkan dilaksanakan di tempat ini umumnya bersifat konservasi, pelestarian, penelitian, dan pendidikan.

Zona rimba merupakan kawasan habitat jelajah untuk perlindungan, pengawetan dan perkembangbiakan satwa liar yang ada di dalamnya. Di samping itu zona ini juga bisa menjadi tempat persinggahan beberapa jenis satwa yang sedang bermigrasi. Wilayah ini pemanfaatannya hampir sama dengan zona inti, yakni untuk perlindungan, penelitian, pendidikan, wisata alam terbatas. Pembangunan beberapa prasarana bisa juga dilakukan di tempat ini yang bersifat untuk menunjang pelestariannya. Beberapa zona yang lain seperti zona tradisional, pemanfaatan, rehabilitasi, dan yang lainnya itu lebih banyak bertujuan untuk kepentingan masyarakat yang ada di wilayah tersebut. Dengan demikian, zonasi pada taman nasional membantu dalam perlindungan dan pelestarian alam dalam skala yang cukup besar (Kuswanda and Antoko, 2008).

4.4.3 Pelestarian Hutan Melalui Upaya Pembentukan Hutan Lindung

Menurut Undang-undang No. 41 Tahun 1999 dinyatakan bahwa hutan lindung merupakan suatu kawasan hutan yang mempunyai fungsi pokok sebagai perlindungan sistem penyangga kehidupan untuk mengatur tata air, mencegah banjir, mengendalikan erosi tanah, mencegah perembesan air laut ke tanah, dan menjaga kesuburan tanah. Sedangkan menurut Lampiran Surat Keputusan Menteri Pertanian No. 837/KPTS/Um/11/1980 mengatakan bahwa hutan lindung merupakan suatu kawasan yang karena keadaan dan sifat fisik wilayahnya perlu dibina dan dipertahankan sebagai hutan dengan penutupan vegetasi secara tetap guna kepentingan hidrologi, yaitu tata air, mencegah banjir dan erosi, memelihara kesuburan tanah. Dari kedua peraturan tersebut dapat kita simpulkan bahwa hutan lindung itu penting agar sistem ekologi yang berada di dalamnya dapat berlangsung dengan baik (Erwedi et al., 2021).

Beberapa contoh hutan lindung yang ada di Indonesia misalnya hutan lindung Wehea di Kalimantan Timur, hutan lindung Sungai Wain di Balikpapan, hutan lindung Kethu di Wonogiri, hutan lindung Taman Raya Bung Hatta di Padang, hutan lindung Sesaot di Lombok, hutan lindung Baning di Sintang Kalimantan Barat, hutang lindung Tumpang Pitu di Jawa Timur, dan beberapa tempat lainnya di Indonesia.

4.5 Pelestarian Sumber Daya Air

Air merupakan salah satu komponen penting bagi kehidupan di bumi. Sekitar 70% berat tubuh makhluk hidup terdiri dari air. Dan permukaan bumi ini 70% juga ditutupi oleh air. Dari jumlah air tersebut, hanya sekitar tiga persennya saja yang merupakan air tawar yang dapat dipergunakan untuk keperluan kehidupan manusia. Sumber-sumber air tawar tersebut umumnya terdapat di danau, sungai, es di daerah kutub, dan air tanah.

Meskipun sumber-sumber air tawar itu banyak, namun banyak wilayah-wilayah tertentu di muka bumi ini yang mengalami kelangkaan sumber air tawar. Bahkan sumber daya air tawar itu sendiri meskipun dapat diperbarui, namun juga merupakan sumber daya alam yang bisa habis. Sedangkan sumber daya air laut merupakan sumber daya alam yang tidak pernah habis. Oleh karena itu perlu suatu usaha untuk melestarikan ketersediaan air tawar dengan kualitas yang baik secara terus menerus (Susana, 2003).

Manusia sendiri bisa bertahan hidup tanpa makan dalam dua atau tiga minggu, namun tidak dapat bertahan hidup bila tidak minum dalam satu minggu. Makhluk hidup memerlukan air untuk proses fisiologi dan reaksi-reaksi kimia lainnya di dalam tubuh, untuk mencerna makanan, untuk membasahi organ-organ tubuh, pelumas, untuk mengatur suhu tubuh, dan lain sebagainya. Selain itu juga diperlukan untuk sarana kebersihan tubuh. Manusia itu sendiri memerlukan air sebanyak dua setengah liter air tawar dalam sehari. Kekurangan air akan menyebabkan dehidrasi yang berakibat fatal bagi kehidupan itu sendiri.

Secara ekologi air itu juga bermanfaat sebagai tempat hidup makhluk lain seperti ikan, alga, dan berbagai ragam invertebrata. Selain itu air juga dipergunakan di bidang industri, pertanian, perikanan, dan peternakan. Arus air sungai yang deras, gelombang laut, dan air terjun yang besar bisa juga digunakan untuk pembangkit tenaga listrik air. Oleh karena itu perlu suatu usaha yang baik untuk melestarikan sumber daya air.

Kualitas air dapat rusak oleh banyaknya bahan-bahan polutan yang masuk ke dalamnya. Umumnya bahan-bahan polutan tersebut datang dari industri dan pabrik, reaktor nuklir, lahan pertanian, dan dari rumah tangga. Bahan-bahan pencemar tersebut dapat berupa logam, panas, air raksa, pupuk, deterjen, kotoran manusia dan hewan, sisa-sisa pakan ternak, tumpahan minyak, dan lain sebagainya (Singh et al., 2020).

Bahkan ketersediaan air tawar di dalam tanah juga semakin berkurang karena pemakaian yang tidak terkendalikan, penebangan hutan, pembangunan jalan dan penutupan lahan dengan beton, perubahan iklim, pembukaan lahan pertanian, musim kemarau yang panjang, pembangunan perumahan, pembukaan lahan lapangan golf, dan lain sebagainya. Bahkan di beberapa kota besar saat ini telah terjadi perembesan air laut ke bawah tanah mengisi tempat-tempat yang selama ini terisi dengan air tawar.

4.5.1 Usaha-usaha Konservasi Air

Reboisasi dan penghijauan merupakan suatu usaha penting dalam pelestarian sumber daya air, khususnya air tanah. Seperti yang sudah kita bahas sebelumnya, kanopi daun di hutan membantu proses siklus air melalui proses transpirasi. Selain itu kanopi juga berfungsi untuk memecah air hujan yang jatuh sehingga tumpahan air hujan lebih ringan saat menyentuh tanah. Hal ini penting untuk mengurangi efek erosi di hutan dan lahan penghijauan lainnya (Nur Munirah et al., 2013). Akar tanaman juga berguna untuk menahan laju air yang mengalir yang memungkinkan air lebih banyak meresap ke dalam tanah. Humus yang terbentuk dari proses pembusukan daun, batang, dan bagian lain dari tumbuhan berguna untuk mengikat air hujan, sehingga lebih banyak air yang bisa disimpan di dalam tanah.

Penggunaan pupuk dan insektisida di lahan pertanian juga harus diperhatikan. Sisa-sisa pupuk dan insektisida akan mengalir ke danau atau laut yang dapat menimbulkan efek negatif lainnya. Misalnya sisa-sisa pupuk akan mengalir ke danau atau tempat-tempat wadah lainnya, menumpuk, dan pada akhirnya akan menyebabkan suatu proses yang disebut dengan eutrofikasi (pendangkalan). Proses pendangkalan ini akan menyebabkan keracunan bagi organisme air tawar dan bisa juga menyebabkan terjadinya banjir (Simbolon, 2016).

Demikian pula halnya dengan pemakaian insektisida, di mana sisa-sisa insektisida akan mengalir ke perairan-perairan dan masuk ke dalam rantai makanan yang dikenal dengan istilah biomagnifikasi. Salah satu efek negatif biomagnifikasi ialah punahnya beberapa jenis burung tertentu karena sisa insektisida di jaringan burung itu menghambat penyerapan kalsium untuk pembentukan cangkang telur, sehingga telur rapuh dan gampang pecah.

Untuk mengatasi eutrofikasi dan biomagnifikasi, pihak pemerintah harus mengadakan penyuluhan-penyuluhan kepada para petani untuk membatasi penggunaan pupuk inorganik dan bahan insektisida lainnya. Ada beberapa cara

yang dapat digunakan, misalnya para petani lebih banyak menggunakan pupuk organik seperti kompos dan pupuk kandang. Untuk mengurangi insektisida dapat menggunakan beberapa ramuan insektisida alami. Peningkatan kesuburan tanah dan pengurangan penggunaan insektisida dapat dilakukan dengan menggunakan sistem rotasi tanaman, pertanian terasering atau sengkedan yang dapat mengurangi erosi dan pengikisan unsur hara tanah.

Pelestarian air juga dapat dilakukan dengan cara mengatur pengambilan air tanah oleh industri/pabrik, pertambangan, dan rumah tangga. Pabrik, industri, pertambangan, dan lahan-lahan pertanian merupakan unsur-unsur yang menggunakan air tanah dalam jumlah besar. Salah satu contoh di Kota Jakarta, permukaan air tanah di kota ini menurut data dari Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral, telah mengalami penurunan 7 cm/tahun (Pribadi, 2019). Bahkan di beberapa daerah di ibu kota Jakarta telah mengalami pencemaran tingkat rendah, sedang, dan berat serta mulainya merembes air laut ke tempat-tempat air tanah (Irawan, 2018).

Untuk itu perlu diambil suatu tindakan untuk melindungi penggunaan air tanah yang berlebihan dan penanggulangan efek pencemarannya. Salah satu hal yang dapat dilaksanakan ialah dengan cara pengendalian pengambilan air tanah melalui izin khusus dari pemerintah. Dalam hal ini izin pengambilan air didasarkan kepada potensi air yang ada, yakni berdasarkan debit air yang ada. Dengan demikian pengambilan air tanah akan lebih terkontrol. Selain itu juga dapat dilakukan dengan cara pembuatan sumur-sumur resapan air hujan di tempat-tempat tertentu. Dan juga tidak kalah pentingnya untuk membuat regulasi tentang rasio jumlah bangunan yang ada dengan luas wilayah resapan air (Irawan, 2018).

Air tanah, air laut, air danau, dan air sungai dapat tercemar akibat beberapa tindakan manusia yang tidak bertanggung jawab. Misalnya membuang sampah ke perairan, membuang limbah industri dan pertambangan ke perairan, membuang limbah rumah sakit ke perairan, dan lain sebagainya. Ciri khas mudah untuk mengetahui suatu perairan itu telah tercemar atau tidak dapat dilakukan dengan melihat ciri fisiknya seperti kotor, airnya keruh, berbau. Sedangkan dari segi analisisnya dapat dilakukan dengan mengukur kadar oksigen yang terlarut, dan dari jenis organisme yang hidup di dalamnya (Rakhman, 2020).

Ada beberapa cara untuk mengatasi pencemaran air tanah dan air di perairan-perairan lainnya. Cara yang pertama ialah dengan melarang pembuangan

limbah pabrik, industri, pertambangan, pertanian, dan perairan tidak dengan sembarangan. Sebab limbah-limbah industri dan pertambangan banyak mengandung logam berat yang berbahaya bagi manusia, dan itu dapat merembes ke dalam air tanah. Dan logam berat ini bisa berpindah ke lingkungan biotik yang selanjutnya akan menyebar ke manusia melalui mekanisme rantai makanan. Limbah pabrik, industri, pertambangan, dan rumah sakit dapat dilakukan dengan cara pendaurulangan air yang berisi limbah di bak-bak penampungan sementara. Setelah air bebas dari limbah barulah dialirkan ke sungai atau tempat-tempat lainnya (Widiyanto et al., 2015).

Kemudian pelestarian air tanah dan air lainnya juga dapat dilakukan dengan pelarangan pembuangan sampah apapun ke dalam tanah atau perairan lainnya. Bahkan kalau perlu dibuat undang-undangnya yang akan mempidanakan mereka-mereka yang membuang sampah ke sungai atau ke laut. Termasuk juga dalam hal ini pembuangan kotoran manusia dalam bentuk feses ataupun tinja. Feses dan tinja seperti yang kita ketahui mengandung banyak bakteri Coliform yang dapat menimbulkan masalah bagi kesehatan manusia. Septik tank atau wadah penampung sementara tinja bila tidak dirancang dengan baik akan dapat merembes dan masuk ke air tanah dan menimbulkan pencemaran pada lingkungan air tanah tersebut. Untuk itu perlu dibuat peraturan ketat untuk pembuangan sampah dan tinja ke perairan (Widiyanto et al., 2015).

4.6 Pelestarian Sumber Daya Tanah

Tanah merupakan unsur padat bumi. Tanah berfungsi untuk tempat tumbuh tanaman, tempat makhluk hidup lain hidup dan berpijak, tempat hidup beberapa hewan yang ada di dalam tanah, tempat tanaman mencari makanan, dan tempat menyimpan air tanah dan mineral lainnya. Oleh karena begitu pentingnya peranan tanah ini, maka perlu suatu tindakan untuk melestarikannya.

Ada beberapa tindakan manusia yang dapat merusak kualitas tanah. Salah satu diantaranya ialah penggundulan lahan atau mengubah fungsi lahan dari hutan menjadi lahan pertanian. Atau bisa juga dari lahan hutan menjadi lahan perumahan. Ada juga kerusakan lahan karena pertambangan yang menggali tanah tanpa adanya usaha untuk merehabilitasinya. Ada juga tindakan-tindakan lain seperti pemupukan yang berlebihan, penggunaan insektisida yang

berlebihan, penguburan limbah-limbah beracun, pengambilan air tanah yang berlebihan. Tentu saja semuanya itu akan merusak tanah dan kualitas tanah tersebut.

Bahkan tidak jarang juga tanah tercemari oleh logam timbal (Pb), kromium, arsen dan yang lainnya yang dapat masuk ke dalam jaringan tanaman. Beberapa logam berat pada tanah ini bisa datang karena adanya proses alami pembusukan tanaman tertentu, dari limbah, pupuk, insektisida, dan juga dari asap kendaraan, dan lain sebagainya. Beberapa efek negatif dari logam berat dapat dilihat pada tabel di bawah ini.

Tabel 4.1: Pengaruh buruk beberapa logam berat terhadap kesehatan manusia (Handayanto et al., 2017)

Logam Berat	Pengaruh buruk/bahaya
As	Mengganggu proses oksidatif posporilasi pembentukan ATP
Cd	Mengganggu regulasi kalsium, menyebabkan gagal ginjal dan anemia kronis
Cr	Penyebab rambut rontok
Cu	Menyebabkan gangguan otak, ginjal, hati, anemia, dan iritasi usus
Hg	Penyakit autoimun, cemas, depresi, insomnia, kehilangan memori, tremor, mudah marah, dan lain sebagainya
Ni	Penyebab kanker paru-paru, kanker tenggorokan,
Pb	Kehilangan memori pada anak-anak, mengganggu perkembangan, dan mengurangi kecerdasan
Zn	Menyebabkan pusing dan kelelahan

Salah satu cara yang digunakan untuk penanggulangan pencemaran logam berat pada tanah ialah dengan teknik fitoremediasi. Teknik ini menggunakan tanaman-tanaman tertentu untuk pembersihan bahan pencemar logam berat pada tanah. Untuk lahan yang tidak terlalu luas dapat menggunakan beberapa cara konvensional seperti mencuci tanah atau menimbunnya ke lobang yang sangat dalam (Handayanto et al., 2017).

Belakangan ini telah dicoba juga penggunaan biochar (arang) untuk mengatasi pencemaran oleh logam berat. Biochar ini memiliki kemampuan untuk

menonaktifkan ion-ion logam berat dan mengendapkannya, sehingga tidak terserap ke dalam rantai makanan. Selain itu biochar juga dapat meningkatkan kesuburan tanah (Tropik and Hidayat, 2015).

Cara lain untuk mengurangi risiko pencemaran tanah ialah dengan mendaur ulang bahan-bahan yang akan rusak menjadi bahan lain yang berguna. Misalnya mengumpulkan bahan-bahan organik tertentu dan mendaurnya menjadi pupuk organik. Kemudian juga perlu pengaturan yang ketat terhadap oknum-oknum tertentu yang berurusan dengan masalah limbah dari industri, pertanian, dan rumah tangga. Misalnya melarang pembuangan limbah ke sembarangan tempat, atau pembatasan penggunaan pupuk, dan penggunaan bahan-bahan yang ramah lingkungan di rumah tangga (Suwarno, 2018).

4.7 Pelestarian Sumber Daya Udara

Udara adalah sumber daya alam yang tidak akan habis, dan dapat diperbaharui. Banyak manfaat udara bagi kehidupan, seperti sumber karbon, oksigen, nitrogen, dan lain sebagainya. Udara juga mengandung uap air yang akan melembabkan udara yang untuk seterusnya akan mengatur iklim. Kemudian udara juga dapat menghasilkan angin. Beberapa daerah di dunia ini menggunakan sumber daya angin sebagai pembangkit tenaga listrik. Udara juga sangat diperlukan di dunia penerbangan yang akan mengatur proses naik turunnya suatu pesawat. Oleh karena banyaknya manfaat sumber daya angin ini, maka sudah sewajarnya bila keadaannya dijaga sedemikian rupa agar tetap bisa memberikan manfaat yang besar.

Ada beberapa kegiatan yang dapat merusak udara. Misalnya gas karbon dioksida, nitrogen oksida, sulfur oksida, partikulat, dan yang lain sebagainya dapat mengotori udara yang kita hirup dan memberikan efek negatif bagi kesehatan. Bahkan gas karbon dioksida dapat menjadi sumber utama penyebab perubahan iklim melalui proses efek rumah kacanya. Juga gas freon yang dapat merusak lapisan ozon di atmosfer, sehingga meningkatkan radiasi sinar ultraviolet ke bumi yang akan menimbulkan banyak bahaya. Belum lagi kerusakan hutan dan pembakaran hutan yang akan mengganggu siklus karbon di atmosfer. Tentu saja hal-hal ini dapat menimbulkan berbagai gangguan kepada makhluk hidup, terutama manusia, dan juga mendatangkan banyak bencana. (Yusuf et al., no date).

Salah satu cara untuk melestarikan sumber daya udara ialah dengan menjaganya bebas dari bahan-bahan pencemar lingkungan. Pelestarian hutan dan penghijauan merupakan komponen penting untuk menjaga kualitas udara. Banyak tumbuhan yang berperan sebagai penyerap gas-gas beracun yang berada di udara. Misalnya pohon angkana yang mampu (*Pterocarpus indicus*) menyerap gas-gas polutan di udara. Juga pohon karet (*Ficus robusta*) memiliki kemampuan yang sama. Dan masih jenis pohon-pohon yang lain yang mampu menyerap bahan polutan di udara. Oleh karena itu proses reboisasi dan penghijauan merupakan salah satu hal penting untuk menjaga kualitas udara yang baik (Berkala et al., 2013).

Emisi gas karbon dan gas-gas lainnya juga perlu diperketat. Misalnya pengukuran gas emisi karbon dioksida dari kendaraan bermotor dan pabrik. Untuk itu pemerintah perlu menentukan ambang batas emisi gas karbon dioksida kendaraan bermotor. Emisi gas yang melebihi ambang batas harus dilarang penggunaannya. Begitu juga untuk pabrik-pabrik dengan gas emisinya perlu sekali dikendalikan agar tidak membuang gas emisi di luar ambang batas yang telah ditentukan. Demikian juga untuk penggunaan gas freon agar segera dicarikan penggantinya.

4.8 Pelestarian Flora dan Fauna

Yang dimaksud dengan flora adalah segala jenis tumbuh-tumbuhan, dan fauna adalah segala sesuatu yang mencakup hewan. Baik flora maupun fauna merupakan sumber daya alam hayati yang memiliki manfaat besar bagi kehidupan manusia. Salah satu fungsi flora dan fauna adalah untuk menjaga keseimbangan alam atau keseimbangan ekologi. Baik flora maupun fauna sama-sama membentuk suatu komunitas yang saling berinteraksi satu sama yang lain juga dengan lingkungan abiotiknya. Rantai makanan dan jaring-jaring makanan merupakan salah satu bentuk interaksi antar komunitas flora dan fauna yang sering kita lihat. Hewan dan manusia membutuhkan tumbuhan untuk hidup, demikian pula sebaliknya. Oleh karena itu merupakan suatu hal yang penting untuk menjaga kelestarian flora dan fauna.

Flora yang tumbuh di hutan dapat rusak karena penebangan liar, pembakaran hutan, pembukaan lahan baru untuk perkotaan dan pertanian, pertambangan, dan lain sebagainya. Demikian pula halnya dengan fauna; hewan di darat

maupun di perairan dapat rusak atau punah karena perburuan liar, penangkapan yang tanpa perhitungan, limbah industry, dan lain sebagainya. Kehilangan atau kepunahan satu flora atau fauna akan memberikan dampak terhadap keseimbangan lingkungan hidup, juga terhadap keseimbangan lingkungan abiotik. Misalnya penebangan hutan secara liar akan mengakibatkan hilangnya sumber makanan, tempat tinggal dan berlindung bagi beberapa hewan. Bukan itu saja, penebangan hutan juga mengakibatkan naiknya kadar gas karbon dioksida di udara yang menyebabkan gangguan atau perubahan iklim (Berkala et al., 2013).

Ada beberapa bentuk pelestarian flora dan fauna, yakni pelestarian in situ dan ex situ. Pelestarian in situ adalah pelestarian di habitat aslinya. Contohnya pelestarian harimau di hutan lindung Kerinci, pelestarian badak di Ujung Kulon, pelestarian biawak Komodo di Pulau Komodo, pelestarian Gajah di Way Kambas, pelestarian bunga bangkai *Rafflesia arnoldi* di Bengkulu, dan lain sebagainya. Sedangkan pelestarian ex situ adalah pelestarian di luar habitat aslinya. Misalnya pelestarian beraneka ragam tumbuhan di kebun Raya Bogor, penangkaran harimau di Taman Safari Bogor, penangkaran singa di beberapa taman hewan, dan lain sebagainya (Schwartz et al., 2017).

Pelestarian flora dan fauna juga bisa mencakup dengan pelestarian hutan, pembentukan taman nasional, hutan lindung, suaka margasatwa, menghentikan perburuan liar hewan-hewan yang sudah mendekati kepunahan. Misalnya membuat undang-undang anti perburuan harimau Sumatera, pelarangan perburuan badak Jawa dan Badak Sumatra, dan hewan-hewan langka lainnya. Perlindungan hewan-hewan yang sudah hampir punah ini juga sering disebut dengan perlindungan zoologi.

Flora dan fauna yang hidup di laut juga perlu dilindungi. Misalnya pelarangan mengunjungi daerah-daerah yang sedang mengalami rehabilitasi terumbu karang. Seperti yang kita ketahui bahwa saat ini sudah banyak terumbu karang yang rusak. Padahal terumbu karang ini sangat diperlukan oleh satwa-satwa laut sebagai tempat untuk berlindung dan berkembang biak. Dengan rusaknya terumbu karang akan merusak juga komunitas Alga di laut.

Bab 5

Konsep Lingkungan Hidup

5.1 Pendahuluan

Pesatnya perkembangan industri dalam berbagai bidang telah membawa perubahan besar dalam peningkatan kualitas hidup manusia, namun disisi lain menimbulkan berbagai permasalahan lingkungan. Permasalahan lingkungan tersebut seperti terjadinya pencemaran lingkungan, perubahan iklim, pemanasan global dan lain-lain. Hal ini berpengaruh terhadap menurunnya kualitas lingkungan, mengganggu kesehatan manusia dan makhluk hidup lainnya. Untuk mengatasi hal ini, perlu pengelolaan lingkungan dengan baik. Pengelolaan lingkungan merupakan salah satu upaya yang dilakukan untuk memperbaiki mutu lingkungan agar dapat memenuhi kebutuhan manusia dengan sebaik-baiknya. Undang-undang RI Nomor 32 Tahun 2009 tentang perlindungan dan pengelolaan lingkungan hidup menyatakan bahwa perlindungan dan pengelolaan lingkungan hidup merupakan upaya yang dilakukan untuk memperbaiki kondisi lingkungan secara 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 (Kurniawan, A., 2021).

Penyelenggaraan pengelolaan lingkungan hidup perlu diatur agar dapat diimplementasikan secara efektif, efisien dan komprehensif. Serangkaian

petunjuk, tuntunan, patokan atau perintah yang dibuat manusia dan disepakati bersama merupakan pedoman hidup manusia yang bertujuan mengatur kehidupannya agar tidak terjadi tindakan yang brutal dan semena-mena terhadap orang lain dan lingkungannya. Misalnya aturan dalam pengelolaan lingkungan hidup yang bertujuan untuk mengatur perencanaan, penyelenggaraan, penataan, pemeliharaan, pemanfaatan dan pengembangan lingkungan hidup. Aturan pengelolaan lingkungan hidup ini telah diatur dalam Undang-undang RI No. 4 Tahun 1982, Undang-undang RI No. 23 Tahun 1997, Undang-undang RI No. 32 Tahun 2009 dan Peraturan Pemerintah No. 22 Tahun 2021. Tujuannya adalah untuk mengatur dan memenuhi hak asasi masyarakat, menjamin kepastian hukum dan memberikan perlindungan terhadap hak setiap orang untuk mendapatkan lingkungan yang baik dan sehat.

Undang-undang dasar 1945 pasal 28 huruf H ayat 1 yang mengatur mengenai hak terhadap lingkungan yang sehat merupakan bagian dari hak asasi manusia menegaskan, “setiap orang berhak hidup sejahtera lahir dan batin, bertempat tinggal dan mendapatkan lingkungan hidup yang baik dan sehat serta berhak memperoleh pelayanan kesehatan” dan tetap mempertahankan gagasan para pendiri bangsa (founding father) tentang sistem perekonomian dan konsep penguasaan negara atas sumber daya alam untuk sebesar-besarnya kemakmuran rakyat (Rahmat, 2018)

5.2 Pengertian Aturan Pengelolaan Lingkungan Hidup

Lingkungan hidup adalah kesatuan ruang dengan semua benda, keadaan, daya dan makhluk hidup termasuk di dalamnya manusia yang memengaruhi kesejahteraan manusia itu sendiri dan makhluk hidup lainnya (Kurniawan, A., 2021). Semua komponen yang ada di lingkungan baik benda mati dan makhluk hidup merupakan satu kesatuan yang saling memengaruhi satu sama lain dan peran manusia sangat besar dan penting dalam pemanfaatan, penataan, pemeliharaan, perlindungan dan pengembangan lingkungan hidup agar tetap lestari. Kelestarian lingkungan dapat terwujud, jika masyarakat mengolah lingkungannya secara rutin. Misalnya mengolah sampah yang dihasilkan setiap hari sebagai hasil buangan dari setiap aktivitasnya. Oleh karena itu

menjaga dan melestarikan lingkungan merupakan wujud dari pengelolaan lingkungan hidup dengan baik.

Pengelolaan lingkungan hidup adalah upaya terpadu untuk melestarikan fungsi lingkungan hidup yang meliputi kebijaksanaan penataan, pemanfaatan, pengembangan, pemeliharaan, pemulihan, pengawasan, dan pengendalian lingkungan hidup (UU RI No 23, 1997). Pengelolaan lingkungan hidup ini dititikberatkan pada pemanfaatan secara efektif dan efisien serta pengendalian lingkungan sehingga tercipta keseimbangan semua komponen lingkungan. Hal ini bertujuan untuk memberikan perlindungan terhadap kelestarian sumber daya alam hayati dan non hayati dalam ekosistem.

Perlindungan dan pengelolaan lingkungan hidup adalah upaya yang dilakukan secara sistematis dan terpadu untuk melestarikan fungsi lingkungan hidup dan mencegah terjadinya pencemaran dan/atau kerusakan lingkungan hidup yang meliputi perencanaan, pemanfaatan, pengendalian, pemeliharaan, pengawasan dan penegakan hukum. Perencanaan pengelolaan lingkungan hidup memuat rencana tertulis tentang potensi, masalah lingkungan hidup, serta upaya perlindungan dan pengelolaannya dalam kurun waktu tertentu (UU RI No 32, 2009)

Aturan pengelolaan lingkungan hidup adalah seperangkat aturan (ketentuan, petunjuk, patokan) atau tatanan kehidupan yang berlaku di masyarakat baik tertulis maupun tidak tertulis yang menjadi pedoman dalam kehidupan sehari-hari yang sifatnya mengikat dan memiliki sanksi tegas dalam melakukan tindakan terhadap lingkungan hidup. Aturan pengelolaan lingkungan hidup seperti yang telah diuraikan diatas bahwa pemerintah Republik Indonesia telah mengaturnya dalam Undang-undang RI dan Peraturan Pemerintah RI yang meliputi: 1) Ketentuan Umum; 2) Asas, Tujuan dan Ruang Lingkup; 3) Perencanaan; 4) Pemanfaatan; 5) Pengendalian; 6) Pemeliharaan; 7) Pengelolaan Bahan Berbahaya dan Beracun serta Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun; 8) Sistem Informasi; 9) Tugas dan Wewenang Pemerintah dan Pemerintah Daerah; 10) Hak, Kewajiban dan Larangan; 11) Peran Masyarakat; 12) Pengawasan dan sanksi Administratif; 13) Penyelesaian Sengketa Lingkungan; 14) Penyidikan dan Pembuktian; 15) Ketentuan Pidana; 16) Ketentuan Peralihan; 17) Ketentuan Penutup (UU RI No. 32, 2009).

5.3 Peraturan Pengelolaan Lingkungan Hidup

Peraturan perundang-undangan yang dibuat dan disepakati bersama merupakan pedoman dan pijakan dalam mengelola sumber daya alam dan lingkungan hidup. Namun tidak sedikit pengelolaan lingkungan menyimpang dari aturan yang telah ditetapkan dalam perundang-undangan maupun peraturan pemerintah Republik Indonesia, sehingga hal ini menyebabkan berbagai permasalahan lingkungan seperti kerusakan lingkungan dan pencemaran lingkungan. Indonesia di kenal memiliki sumber daya alam yang melimpah, seperti sumber daya alam hayati dan non hayati, sumber daya alam terbarukan, dan tidak terbarukan, sumber daya alam komoditas seperti kayu, ikan, tambang minyak dan gas bumi, mineral, batu bara, nikel, emas, dan lain-lain serta sumber daya alam bentuk bentangan alam seperti danau, daerah aliran sungai, rawa, gambut, kawasan lindung dan pesisir yang tersebar hampir di seluruh wilayah Republik Indonesia. Sumber daya alam ini jika di kelola dengan baik dapat memberikan penghidupan yang layak dan mensejahterakan masyarakat serta menciptakan lingkungan yang baik dan sehat.

Pengelolaan lingkungan hidup sebagaimana diamanatkan dalam Undang-undang Dasar Negara Republik Indonesia Tahun 1945 bahwa setiap warga negara berhak mendapatkan lingkungan yang baik dan sehat, serta pengelolaan sumber daya alam berdasarkan prinsip berkelanjutan, berkeadilan dan berwawasan lingkungan (Rahmat, 2018). Peraturan pengelolaan lingkungan hidup selanjutnya di atur dalam undang-undang dan peraturan pemerintah tentang pengelolaan lingkungan hidup yang diuraikan di bawah ini.

5.3.1 Undang-Undang RI Nomor 4 Tahun 1982

Undang-undang Republik Indonesia No. 4 Tahun 1982 tentang Ketentuan-ketentuan Pokok Pengelolaan Lingkungan Hidup menetapkan peraturan pengelolaan lingkungan hidup yang meliputi:

1. Bab I. Ketentuan Umum
2. Bab II. Asas Dan Tujuan
3. Bab III. Hak, Kewajiban Dan Wewenang
4. Bab IV. Perlindungan Lingkungan Hidup
5. Bab V. Kelembagaan

6. Bab VI. Ganti Kerugian dan Biaya Pemulihan
7. Bab VII. Ketentuan Pidana
8. Bab VIII. Ketentuan Peralihan
9. Bab IX. Ketentuan Penutup (UU RI No. 4, 1982).

Pasal 1 ayat 2 menyatakan bahwa "Pengelolaan lingkungan hidup adalah upaya terpadu dalam pemanfaatan, penataan, pemeliharaan, pengawasan, pengendalian, pemulihan, dan pengembangan lingkungan hidup". Selanjutnya Pasal 3 dinyatakan bahwa "Pengelolaan lingkungan hidup berasaskan pelestarian kemampuan lingkungan yang serasi dan seimbang untuk menunjang pembangunan yang berkesinambungan bagi peningkatan kesejahteraan manusia". Sedangkan Pasal 4 berisi tentang:

Pengelolaan lingkungan hidup yang bertujuan untuk:

1. mencapai keselarasan hubungan antara manusia dengan lingkungan hidup sebagai tujuan membangun manusia Indonesia seutuhnya;
2. pemanfaatan sumber daya secara bijaksana dan terkendali;
3. mewujudkan manusia Indonesia sebagai pembina lingkungan hidup;
4. terlaksananya pembangunan berwawasan lingkungan untuk kepentingan generasi sekarang dan mendatang;
5. terlindunginya negara terhadap dampak kegiatan di luar wilayah negara yang menyebabkan kerusakan dan pencemaran lingkungan (UU RI No. 4, 1982).

Dan seterusnya pasal demi pasal ini menjelaskan bagaimana mengatur, mengelola, melakukan perlindungan dan pemulihan sumber daya alam dan lingkungan hidup tetap berorientasi pada prinsip berkelanjutan, berkeadilan dan berwawasan lingkungan untuk menjamin kesejahteraan generasi masa kini dan masa yang akan datang. Undang-undang RI No. 4 Tahun 1982 ini terdiri dari 9 Bab, dan 24 pasal dengan filosofinya bertumpu pada "hukum lingkungan sebagai payung". Artinya pengelolaan lingkungan hidup berlandaskan pada asas keserasian dan keseimbangan lingkungan untuk menunjang pembangunan berwawasan lingkungan. Prinsipnya undang-undang ini lebih menekankan pada hukum aturan dan wewenang terhadap pengelolaan lingkungan hidup agar fungsi lingkungan tetap terjaga, terhindar dari kerusakan dan pencemaran.

5.3.2 Undang-Undang RI Nomor 23 Tahun 1997

Undang-undang Republik Indonesia No. 23 Tahun 1997 tentang Undang-undang Pengelolaan Lingkungan Hidup (UUPLH) menetapkan bahwa undang-undang tentang pengelolaan lingkungan hidup meliputi:

1. Bab I. Ketentuan Umum
2. Bab II. Asas, Tujuan dan Sasaran
3. Bab III. Hak, Kewajiban Dan Peran Masyarakat
4. Bab IV. Wewenang Pengelolaan Lingkungan Hidup
5. Bab V. Pelestarian Fungsi Lingkungan Hidup
6. Bab VI. Persyaratan Penataan Lingkungan Hidup
7. Bab VII. Penyelesaian Sengketa Lingkungan Hidup
8. Bab VIII. Penyidikan
9. Bab IX. Ketentuan Pidana
10. Bab X. Ketentuan Peralihan
11. Bab XI. Ketentuan Penutup (UU RI No. 23, 1997).

Secara garis besar Undang-undang No. 23 Tahun 1997 terdiri dari 11 Bab dan 52 pasal. Isi dari Undang-undang ini menyempurnakan dan mengganti UU RI No. 4 Tahun 1982. Filosofi dari Undang-undang ini adalah bertumpu pada "pengelolaan". Pengelolaan lingkungan hidup berlandaskan pada asas tanggung jawab negara, asas berkelanjutan dan asas manfaat. Tujuannya adalah untuk mewujudkan pembangunan berkelanjutan berwawasan lingkungan hidup dalam rangka pembangunan manusia Indonesia seutuhnya demi tercapainya keseimbangan, keselarasan, keserasian antara manusia dan lingkungan hidup, terwujudnya manusia Indonesia sebagai insan lingkungan hidup yang memiliki sikap dan tindak melindungi dan membina lingkungan hidup, terjaminnya kepentingan generasi masa kini dan generasi masa depan dan tercapainya kelestarian fungsi lingkungan hidup (Suhartini, 2018)

Ketentuan umum dalam Undang-undang RI No. 23 Tahun 1997 tentang Undang-undang Pengelolaan Lingkungan Hidup (UUPLH) lebih menekankan pada peningkatan pengelolaan lingkungan hidup yaitu melalui pembangunan berkelanjutan berwawasan lingkungan, meningkatkan pelestarian daya dukung lingkungan, meningkatkan pengelolaan limbah dan menyelesaikan sengketa karena adanya permasalahan perusakan lingkungan dan pencemaran.

5.3.3 Undang-Undang RI Nomor 32 Tahun 2009

Undang-undang Republik Indonesia No. 32 Tahun 2009 tentang Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup (PPLH) menetapkan bahwa undang-undang tentang perlindungan dan pengelolaan lingkungan hidup meliputi:

1. Bab I. Ketentuan Umum
2. Bab II. Asas, Tujuan dan Ruang Lingkup
3. Bab III. Perencanaan
4. Bab IV. Pemanfaatan
5. Bab V. Pengendalian
6. Bab VI. Pemeliharaan
7. Bab VII. Pengelolaan Bahan Berbahaya Dan Beracun Serta Limbah Bahan Berbahaya Dan Beracun
8. Bab VIII. Sistem Informasi
9. Bab IX. Tugas Dan Wewenang Pemerintah Dan Pemerintah Daerah
10. Bab X. Hak, Kewajiban, Dan Larangan
11. Bab XI. Peran Masyarakat
12. Bab XII. Pengawasan Dan Sanksi Administratif
13. Bab XIII. Penyelesaian Sengketa Lingkungan
14. Bab XIV. Penyidikan dan Pembuktian
15. Bab XV. Ketentuan Pidana
16. Bab XVI. Ketentuan Peralihan
17. Bab XVII. Ketentuan Penutup (UU RI No. 32, 2009).

Undang-undang RI No. 32 Tahun 2009, secara garis besar menegaskan bahwa perlindungan dan pengelolaan lingkungan hidup berasaskan pada keserasian dan keseimbangan, kelestarian dan berkelanjutan, keterpaduan, manfaat, kehati-hatian, berkeadilan, kearifan lokal, pencemar membayar dan partisipatif. Tercapainya lingkungan yang baik dan sehat serta terhindar kerusakan dan pencemaran dapat diwujudkan melalui pengelolaan lingkungan hidup dengan berpegang pada prinsip perencanaan, pemanfaatan, pengendalian, pemeliharaan serta pengelolaan limbah bahan beracun dan berbahaya. Undang-undang ini juga memasukkan sistem informasi sebagai wadah menyebarkan informasi kepada masyarakat dalam rangka pengelolaan lingkungan. Selanjutnya diatur bagaimana hak, kewajiban dan peran masyarakat dalam mengelola lingkungan dan sumber daya alam sehingga

dapat memberikan kesejahteraan bagi masyarakat itu sendiri serta mewujudkan dan menciptakan lingkungan yang bebas dari pencemaran.

Masyarakat memiliki hak untuk mendapatkan sumber daya alam untuk memenuhi kebutuhannya, namun berkewajiban memelihara, menata dan melindungi lingkungan dari kerusakan. Oleh karena itu dalam memanfaatkan lingkungan ada hal-hal yang menjadi larangan, misalnya dilarang melakukan perbuatan yang menimbulkan pencemaran dan/atau kerusakan lingkungan, setiap orang dilarang membuang limbah B3 ke dalam lingkungan hidup (UU RI No. 32, 2009). Rumusan Undang-undang ini, merupakan pengganti undang-undang yang diberlakukan sebelumnya yaitu UU RI No. 23 Tahun 1997 dan UU RI No. 4 Tahun 1982. Perbedaan rumusan ketiganya disajikan pada tabel 5.1.

Tabel 5.1: Undang-Undang Republik Indonesia Tentang Pengelolaan Lingkungan Hidup

No. Bab.	Isi Bab dan Pasal dari Undang-undang RI Tentang Pengelolaan Lingkungan Hidup		
	UU RI No. 32 Tahun 2009	UU RI No. 23 Tahun 1997	UU RI No. 4 Tahun 1982
Bab I	Ketentuan Umum Pasal 1	Ketentuan Umum Pasal 1, pasal 2	Ketentuan Umum Pasal 1, pasal 2
Bab II	Asas, Tujuan dan Ruang Lingkup Pasal 2, pasal 3, dan pasal 4	Asas, Tujuan dan Sasaran Pasal 3, pasal 4	Asas Dan Tujuan Pasal 3, Pasal 4
Bab III	Perencanaan Pasal 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11	Hak, Kewajiban Dan Peran Masyarakat Pasal 5, pasal 6, pasal 7	Hak, Kewajiban Dan Wewenang Pasal 5, 6, 7, 8, 9, 10
Bab IV	Pemanfaatan Pasal 12	Wewenang Pengelolaan Lingkungan Hidup Pasal 8, 9, 10, 11	Perlindungan Lingkungan Hidup Pasal 11,12,13,14,15,16,17
Bab V	Pengendalian Pasal 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39,40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56	Pelestarian Fungsi Lingkungan Hidup Pasal 14, 15, 16, 17	Kelembagaan Pasal 18, 19
Bab VI	Pemeliharaan Pasal 57	Persyaratan Penataan Lingkungan Hidup Pasal 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29	Ganti Kerugian dan Biaya Pemulihan Pasal 20, 21
Bab VII	Pengelolaan Bahan Berbahaya Dan Beracun Serta Limbah Bahan Berbahaya Dan Beracun Pasal 58, 59, 60, 61	Penyelesaian Sengketa Lingkungan Hidup Pasal 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39	Ketentuan Pidana Pasal 22
Bab VIII	Sistem Informasi Pasal 62	Penyidikan Pasal 40	Ketentuan Peralihan Pasal 23

Bab IX	Tugas Dan Wewenang Pemerintah Dan Pemerintah Daerah Pasal 63, 64	Ketentuan Pidana Pasal 41,42,43,44,45,46,47,48	Ketentuan Penutup Pasal 24
Bab X	Hak, Kewajiban, Dan Larangan Pasal 65, 66, 67, 68, 69	Ketentuan Peralihan Pasal 49	
Bab XI	Peran Masyarakat Pasal 70	Ketentuan Penutup Pasal 50	
Bab XII	Pengawasan Dan Sanksi Administratif Pasal 71,72,73,74,75,76,77,78,79,80,81,82,83		
Bab XIII	Penyelesaian Sengketa Lingkungan Pasal 84, 85, 86, 87, 88, 89, 90, 91, 92, 93		
Bab XIV	Penyidikan dan Pembuktian Pasal 94, 95, 96		
Bab XV	Ketentuan Pidana Pasal 97, 98, 99, 100, 101, 102, 103, 104, 105, 106, 107, 108, 109, 110, 111, 112, 113, 114, 115, 116, 117, 118, 119, 120		
Bab XVI	Ketentuan Peralihan Pasal 121, 122, 123		
Bab XVII	Ketentuan Penutup Pasal 124, 125, 126, 127		

Berdasarkan tabel diatas dapat dilihat beberapa penyempurnaan Bab dan pasal-pasal yang dirumuskan, yaitu pada Undang-undang No. 4 Tahun 1982 tentang Ketentuan-ketentuan Pokok Pengelolaan Lingkungan Hidup, Undang RI No. 23 Tahun 1997 tentang Pengelolaan Lingkungan Hidup dan Undang-undang No. 32 Tahun 2009 tentang Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup.

Undang-Undang No. 4 Tahun 1982 mengatur pengelolaan lingkungan hidup berasaskan pelestarian kemampuan lingkungan yang serasi dan seimbang untuk menunjang pembangunan yang berkesinambungan bagi peningkatan kesejahteraan manusia. Meskipun kehadiran Undang-Undang ini pada masa itu telah mementingkan keselamatan dan keseimbangan ekosistem, namun masih sangat berorientasi pada pencapaian pertumbuhan ekonomi dan peningkatan pendapatan negara, sehingga keberpihakan berada pada investor/pemodal besar dalam pemanfaatan sumber daya alam untuk memperoleh keuntungan dalam bisnis. Kondisi ini membuat kompetensi perekonomian masyarakat daerah tidak berkembang, pemanfaatan dan pengelolaan sumber daya alam yang terpusat (sentralistik) menyebabkan

orientasi pengelolaan sumber daya alam berada pada pihak yang berkuasa. Penyelenggaraan pengelolaan sumber daya alam menggunakan pendekatan sektoral, sehingga sumber daya alam tidak dilihat sebagai sistem ekologi yang terintegrasi (ecosystem). Kewenangan dan kelembagaan yang berorientasi sektoral menyebabkan tidak adanya koordinasi dan keterpaduan antar sektor dalam pengelolaan sumber daya alam. Hak-hak masyarakat hukum adat tidak diakui dan dilindungi secara sebenar-benarnya dan adanya fakta kemajemukan tatanan hukum dalam penguasaan dan pemanfaatan sumber daya alam dan lingkungan hidup.

Selanjutnya Undang-undang RI No. 23 Tahun 1997 tentang Pengelolaan Lingkungan Hidup sebagai penyempurnaan dari Undang-undang No. 4 Tahun 1982. Asas Undang-undang ini adalah pengelolaan lingkungan hidup yang diselenggarakan dengan asas tanggung jawab negara, asas berkelanjutan, dan asas manfaat bertujuan untuk mewujudkan pembangunan berkelanjutan yang berwawasan lingkungan hidup dalam rangka pembangunan manusia Indonesia seutuhnya dan pembangunan masyarakat Indonesia seluruhnya yang beriman dan bertaqwa kepada Tuhan Yang Maha Esa. Peraturan perundang-undangan ini telah mencakup seluruh masyarakat Indonesia dalam mengelola sumber daya alam dan lingkungan hidup, namun masih ditemukan kelemahan-kelemahan tentang persoalan mendasar dalam pengelolaan sumberdaya alam dan lingkungan hidup yaitu peran dalam penguasaan dan pemanfaatan sumber daya alam masih di dominasi oleh pemerintah, belum diatur secara eksplisist dan terinci mekanisme keterpaduan dan koordinasi antar sektor, pendekatan dalam pengelolaan sumber daya alam tidak diatur secara komprehensif, hak-hak masyarakat adat/lokal atas penguasaan dan pemanfaatan sumberdaya alam belum diakui secara benar, ruang bagi partisipasi masyarakat dan transparansi dalam pengelolaan sumberdaya alam masih diatur secara terbatas, akuntabilitas pemerintah kepada publik dalam pengelolaan sumber daya alam belum diatur secara tegas eksplisit (Rahmat, 2018).

Undang-Undang No. 32 Tahun 2009 tentang Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup diselenggarakan berdasarkan asas a). tanggung jawab negara; b). kelestarian dan keberlanjutan; c). keserasian dan keseimbangan; d). keterpaduan; e). manfaat; f). kehati-hatian; g). keadilan; h). ekoregion; i). keanekaragaman hayati; j). pencemar membayar; k). partisipatif; l). kearifan lokal; m). tata kelola pemerintahan yang baik; dan n). otonomi daerah. Tujuannya adalah untuk melindungi wilayah negara RI dari pencemaran, menjamin keselamatan, kesehatan manusia dan makhluk hidup lain, menjaga

kelestarian dan keseimbangan lingkungan secara berkelanjutan dalam mewujudkan pembangunan berkelanjutan dan mengantisipasi isu global.

Asas-asas inilah yang menjadi prinsip dasar dalam penyelenggaraan pengelolaan lingkungan secara adil, bijaksana, demokratis dan berkelanjutan, namun prinsip-prinsip dasar dalam pengelolaan sumber daya alam dan lingkungan hidup seperti: a) prinsip transparansi dan partisipasi masyarakat dalam pengelolaan sumberdaya alam, b) prinsip konservasi dan keberlanjutan fungsi sumberdaya alam, c) prinsip desentralisasi kewenangan, d) prinsip persetujuan secara bebas, pengakuan dan perlindungan atas hak-hak masyarakat adat, belum terakomodir dan terintegrasi secara benar dan proporsional sebagai perwujudan dari prinsip keadilan, demokrasi dan keberlanjutan dalam pengelolaan sumber daya alam dan lingkungan hidup (Rahmat, 2018).

Pengelolaan sumber daya alam dan lingkungan hidup semestinya diatur secara mendetail pada seluruh aspek kehidupan dan mencakup semua komponen elemen masyarakat secara holistik, terpadu, adil, bijaksana dan berkelanjutan untuk mewujudkan masyarakat yang sejahtera, terhindar dari kerusakan dan pencemaran lingkungan serta mewujudkan keserasian, keselaran dan keseimbangan lingkungan hidup.

Bab 6

Pengetahuan Kebencanaan dan Lingkungan

6.1 Kejadian Bencana dan Terminologi Kebencanaan

Tiap manusia di bumi ini harus terima dan hadapi atas bencana yang akan timbul. Bencana tidak bisa dihindari karena kedatangannya kadang tiba-tiba. Bencana merupakan berkah dan anugerah yang wajib di hadapi manusia yang hidup di muka bumi ini terkhusus pada daerah yang rawan gempa. Kita sebagai umat manusia penghuni bumi tidak boleh takut akan bencana, namun kita harus siap menghadapi jika bencana datang.

Undang-Undang RI No. 24 Tahun 2007 memberikan defenisi "Bencana adalah peristiwa atau rangkaian peristiwa yang mengancam dan mengganggu kehidupan dan penghidupan masyarakat yang disebabkan, baik oleh faktor alam dan/atau faktor non alam maupun faktor manusia sehingga mengakibatkan timbulnya korban jiwa manusia, kerusakan lingkungan, kerugian harta benda, dan dampak psikologis". (Setyowati, D et al., 2016) bahwa bencana sebagai sebuah dampak kegiatan atau risiko yang memberikan efek negatif terhadap manusia. Bencana merupakan suatu gangguan yang

serius pada fungsi satu komunitas/masyarakat pada ukuran apa pun karena adanya peristiwa berbahaya yang berinteraksi dengan kondisi keterpaparan, kerentanan dan kapasitas yang menyebabkan satu atau lebih efek seperti kerugian dan dampak pada manusia, ekonomi, material dan lingkungan (UNDRR, 2017). Efek bencana dapat bersifat langsung dan terlokalisasi, tetapi sering kali tersebar luas dan dapat berlangsung untuk jangka waktu yang lama. Efek tersebut dapat menguji atau melebihi kapasitas komunitas atau masyarakat untuk mengatasi penggunaan sumber dayanya sendiri, dan oleh karena itu mungkin memerlukan bantuan dari sumber eksternal, yang dapat mencakup yurisdiksi tetangga, atau yang ada di tingkat nasional atau internasional.

Hasil dari proses alam dan sosial dapat mengakibatkan bencana. Keadaan alam pada suatu wilayah mempunyai potensi bahaya, di mana ini bisa muncul sebagai bencana alam (geo-hazard). Dimensi sosial berbeda dengan dimensi alam, di mana penyebab risiko bencana adalah akibat tindakan manusia yang berkorelasi dan berinteraksi dengan alam. Faktor utama dalam peningkatan kerentanan adalah perilaku manusia, dimana ini merupakan sebagai pemicu akan terjadinya suatu bencana. Sebagaimana kita ketahui bersama salah satu contoh perbuatan manusia yang dapat merusak lingkungan dan terjadi bencana yakni terlalu banyak mengeksploitasi sumberdaya alam. Upaya mengurangi risiko bencana dengan meningkatkan kesadaran, merubah perilaku manusia, dan kepedulian dalam pelestarian lingkungan (Setyowati, D. L., 2019). Untuk mengubah perilaku manusia bisa dilaksanakan dengan cara membiasakan diri sejak dini untuk selalu peduli pada lingkungan, memperbaiki pola pikir dan sadar bencana.

6.1.1 Klasifikasi Bencana

Indonesia merupakan wilayah kepulauan yang merupakan ancaman bahaya gempa bumi yang merusak. (BNPB, 2019) memaparkan bahwa bencana yang terjadi akibat dari karakteristik geologi dan hidrometeorologi wilayah Indonesia. Bencana geologi, wilayah Indonesia yang terletak di antara 3 lempeng tektonik yakni lempeng Eurasia, lempeng pasifik, dan lempeng Indo-Australia. Kondisi geologi Indonesia menyebabkan rentan terhadap bencana gempa bumi, bencana tsunami, dan bencana letusan gunung api serta jenis-jenis bencana geologi lain. Ada satu pulau yang tidak ditemukan sumber gempa yaitu Pulau Kalimantan bagian barat, tengah dan selatan. Akan tetapi, masih tetap ada guncangan yang berasal dari sumber gempa bumi yang berada di

wilayah Selat Makassar dan Laut Jawa. Ada beberapa wilayah yang rentang bencana gempa bumi di Indonesia yakni Provinsi Aceh, Lampung, Sumatera Barat, Sumatera Utara, Bengkulu, Jawa Timur, Daerah Istimewa Yogyakarta, Jawa Barat, Jawa Tengah, Bali, Pulau Sulawesi, Nusa Tenggara, Maluku Utara, wilayah Papua dan Kepulauan Maluku. Dari segi karakteristik hidrometeorologi, wilayah Indonesia terletak pada garis khatulistiwa jadi wilayah Indonesia beriklim tropis. Secara geografis, Indonesia memiliki dua musim, yaitu musim kemarau dan musim penghujan. Bencana kekeringan dan kebakaran hutan/lahan terjadi pada musim kemarau, ini akibat curah hujan rendah. Sedangkan banjir, puting beliung dan tanah longsor terjadi pada musim penghujan akibat curah hujan tinggi. Sementara kejadian puting beliung menjadi ancaman bencana pada musim peralihan. Ada 3 pola curah hujan yang ada di Indonesia yakni Pola hujan ekuatorial, pola hujan monsun, pola hujan lokal. Ketiga pola hujan tersebut memiliki periode hujan yang bervariasi (BNPB, 2019).

UN-ISDR (United Nation Internasional Strategy Of Disaster Reduction) mengelompokkan bencana menjadi 5 (lima) jenis yakni (Setyowati, 2019):

1. Aspek Geologi, di mana bencana yang akan ditimbulkan dari aspek geologi yakni Gempa Bumi, Tsunami, Landslide (tanah longsor), Gunung meletus. Gempa yang memengaruhi/memicu terjadinya tsunami adalah gempa yang mempunyai tekanan skala lebih besar dari 6 SR dan mempunyai kedalaman lebih kecil dari 50 km.
2. Aspek Hidrometeorologi, bencana yang akan ditimbulkan akibat aspek hidrometeorologi yakni banjir, angin puting beliung, kekeringan dan gelombang pasang.
3. Aspek Lingkungan: bencana yang akan timbul dari aspek lingkungan antara lain kerusakan lingkungan, pencemaran tanah, udara akibat limbah dan kebakaran hutan.
4. Aspek Biologi: bencana yang akan timbul akibat biologi yakni hama dan penyakit tanaman wabah penyakit, hewan/ternak.
5. Aspek teknologi: bencana yang akan timbul akibat teknologi antara lain kecelakaan industri, kecelakaan transportasi dan kegagalan teknologi.

Dari 5 aspek diatas yang dipaparkan oleh UN-ISDR, secara keseluruhan telah memberikan efek bencana dan telah terjadi di negara Indonesia dan Negara lain di dunia.

Setyowati, D. L. (2019), memaparkan penyebab bencana diklasifikasi menjadi tiga kelompok yaitu:

1. Bencana alam merupakan segala bencana yang terjadi akibat fenomena alam yang mengakibatkan kerugian baik material maupun lingkungan. Contoh bencana alam antara lain banjir, tanah longsor, puting beliung, kekeringan, gempa bumi, tsunami, erupsi gunung api.
2. Bencana non alam merupakan bencana yang terjadi oleh bukan faktor alam atau faktor manusia. Contoh bencana non alam antara lain gagal teknologi, wabah penyakit, gagal modernisasi.
3. Bencana sosial merupakan bencana yang disebabkan oleh perbuatan manusia yaitu semua aktivitas manusia baik yang terkait kegiatan ekonomi maupun yang lainnya.
4. Mengakibatkan rusaknya lingkungan hidup. Contoh bencana sosial antara lain tawuran, konflik sosial dan pencemaran.

Berdasarkan penyebabnya, Setyowati, D. L., (2019) mengklasifikasikan bencana alam menjadi 3 (tiga) kelompok yakni:

1. Bencana alam Geologis, yaitu bencana alam yang diakibatkan oleh bergesernya lempeng bumi (gaya endogen), seperti gempa bumi, letusan gunung berapi, dan tsunami. Bencana alam seperti ini banyak terjadi di Indonesia yang banyak menyebabkan jatuhnya banyak korban jiwa dan kerusakan lingkungan, sehingga menyebabkan kerugian yang besar, baik material maupun non material.
2. Bencana alam Klimatologis, yaitu bencana alam yang diakibatkan oleh faktor cuaca dan iklim, seperti badai, banjir, tanah longsor, banjir bandang, angin puting beliung, kekeringan, dan kebakaran hutan secara alami (bukan oleh manusia). kebakaran hutan secara alami umumnya terjadi pada musim kemarau. Bencana alam klimatologis yang sering terjadi sekarang ini disebabkan karena

terjadinya perubahan iklim secara global yang terjadi di seluruh dunia.

3. Bencana alam Ekstra-Terrestrial, yaitu bencana alam yang terjadi di luar angkasa, seperti jatuhnya batu meteor dari angkasa. Jika hantaman benda-benda langit menghantam permukaan bumi, akan menyebabkan bencana alam yang dahsyat bagi penduduk bumi. Fenomena alam yang bisa menyebabkan bencana alam memiliki gejala yang umum, yakni gejala awal, gejala utama, dan gejala akhir. Apabila kita bisa mengetahui dengan akurat gejala awal suatu bencana alam, kemungkinan besar kita dapat meminimalisir kerugian yang ditimbulkannya.

6.1.2 Definisi Disaster (Kebencanaan)

"A serious disruption of the functioning of a community or a society at any scale due to hazardous events interacting with conditions of exposure, vulnerability and capacity, leading to one or more of the following: human, material, economic and environmental losses and impacts". Artinya Bencana adalah gangguan serius pada fungsi satu komunitas atau masyarakat pada skala apa pun karena peristiwa berbahaya yang berinteraksi dengan kondisi keterpaparan, kerentanan dan kapasitas yang menyebabkan satu atau lebih efek seperti kerugian dan dampak pada manusia, material, ekonomi dan lingkungan. Efek bencana dapat bersifat langsung dan terlokalisasi, tetapi sering kali tersebar luas dan dapat berlangsung untuk jangka waktu yang lama.

Efek tersebut dapat menguji atau melebihi kapasitas komunitas atau masyarakat untuk mengatasi penggunaan sumber dayanya sendiri, dan oleh karena itu mungkin memerlukan bantuan dari sumber eksternal, yang dapat mencakup yurisdiksi tetangga, atau yang ada di tingkat nasional atau internasional.

1. Darurat (Emergency) kadang-kadang digunakan secara bergantian dengan istilah bencana, seperti, misalnya, dalam konteks bahaya biologis dan teknologi atau keadaan darurat kesehatan, yang, bagaimanapun, juga dapat berhubungan dengan peristiwa berbahaya yang tidak mengakibatkan gangguan serius pada fungsi komunitas atau masyarakat.

2. Kerusakan akibat bencana (Disaster damage) terjadi selama dan segera setelah bencana. Ini biasanya diukur dalam satuan fisik (misalnya, meter persegi perumahan, kilometer jalan, dll.), Dan menggambarkan kehancuran total atau sebagian aset fisik, gangguan layanan dasar dan kerusakan sumber mata pencaharian di daerah yang terkena dampak.
3. Dampak bencana (Disaster impact) adalah efek total, termasuk efek negatif (misalnya kerugian ekonomi) dan efek positif (misalnya, keuntungan ekonomi), dari peristiwa berbahaya atau bencana. Istilah tersebut mencakup dampak ekonomi, manusia dan lingkungan, dan dapat mencakup kematian, cedera, penyakit, dan efek negatif lainnya pada fisik, mental, dan kesejahteraan sosial manusia.
4. Risiko Bencana (Disaster Risk) merupakan potensi hilangnya nyawa, cedera, atau aset yang hancur atau rusak yang dapat terjadi pada sistem, masyarakat, atau komunitas dalam periode waktu tertentu, ditentukan secara probabilistik sebagai fungsi dari bahaya, paparan, kerentanan dan kapasitas.
5. Bencana skala kecil (Small-scale disaster) merupakan jenis bencana yang hanya menimpa masyarakat lokal yang membutuhkan bantuan di luar masyarakat yang terkena dampak.
6. Bencana skala besar (Large-scale disaster): jenis bencana yang memengaruhi masyarakat yang membutuhkan bantuan nasional atau internasional.
7. Bencana yang sering dan jarang terjadi (Frequent and infrequent disasters): bergantung pada kemungkinan terjadinya dan periode kembali dari bahaya tertentu dan dampaknya. Dampak dari bencana yang sering terjadi dapat bersifat kumulatif atau menjadi kronis bagi komunitas atau masyarakat.
8. Bencana yang terjadi secara lambat (A slow-onset disaster) didefinisikan sebagai bencana yang muncul secara bertahap dari waktu ke waktu. Bencana yang berlangsung lambat dapat dikaitkan dengan, misalnya kekeringan, penggurunan, kenaikan permukaan laut penyakit epidemik.

9. Bencana yang tiba-tiba (A sudden-onset disaster) adalah bencana yang dipicu oleh peristiwa berbahaya yang muncul dengan cepat atau tidak terduga. Bencana yang tiba-tiba dapat dikaitkan dengan, misalnya gempa bumi, letusan gunung berapi, banjir bandang, ledakan kimiawi, kegagalan infrastruktur kritis, kecelakaan transportasi.

6.2 Paradigma Penanggulangan Bencana

6.2.1 Berbagai Pandangan Bencana

Berbagai pandangan tentang bencana baik bersifat konvensional, ilmu pengetahuan alam, ilmu terapan dan ilmu sosial hingga secara sistematis berubah menjadi pandangan holistik (BNPB, 2012). Pandangan konvensional menganggap bencana tidak dapat diprediksi, tidak menentu terjadinya karena merupakan sifat alam, suatu musibah, kecelakaan atau ujian dari Tuhan Yang Maha Esa sehingga tidak dapat dihindari dan tidak dapat dikendalikan. Dalam pandangan ini masyarakat hanya dianggap sebagai korban dan terkadang hanya penerima bantuan dari pihak luar. Akibatnya, bencana terjadi berulang-ulang tanpa tindakan yang berarti untuk mencegah atau mengurangi.

Pandangan ilmu pengetahuan menganggap bahwa bencana merupakan gejala alam yaitu proses geofisik, geologi dan hidrometeorologi, tidak memperhitungkan adanya faktor manusia sebagai penyebab. Karena bisa diamati, maka bencana dapat diprediksi. Manusia melakukan upaya-upaya kesiapsiagaan, dan tingkat kerusakan bencana dapat dikurangi. Pandangan ilmu terapan merupakan pengembangan dari ilmu-ilmu teknik. Pandangan ini menganggap kurangnya infrastruktur dan prasarana yang memadai sebagai penyebab bencana. Dengan demikian pengkajian bencana lebih ditujukan pada upaya untuk meningkatkan kekuatan fisik struktur bangunan untuk mengurangi dampak kerusakan dari bencana. Pandangan ilmu sosial menganggap bahwa bencana disebabkan oleh ketidakmampuan manusia dalam melakukan kesiapsiagaan dan merespon terhadap ancaman alam. Besar kecilnya bencana dipengaruhi oleh kerentanan masyarakat, baik sosial,

ekonomi dan politik. Penguatan masyarakat dilakukan, sehingga dampak bencana bisa dikurangi.

Pandangan holistik merupakan kombinasi dari pandangan lainnya secara terpadu, yang melihat bencana sebagai fenomena alam dan perilaku manusia. Ancaman alam memiliki karakteristik yang berbeda-beda, begitu juga perilaku manusia. Manusia melakukan analisis terhadap ancaman alam dan melakukan upaya-upaya untuk mencegah dan memitigasi ancaman dengan cara mengurangi kerentanan dan meningkatkan kapasitas masyarakat.

Berdasarkan berbagai pandangan tentang bencana maka pandangan holistik merupakan pandangan yang mampu menjawab tantangan pengelolaan bencana yang efektif, dengan bertumpu pada tiga komponen pokok yaitu:

1. Bencana sebagai fenomena yang kompleks,
2. Manusia berperan dalam menciptakan maupun mencegah/mengurangi dampak bencana, dan
3. Kegiatan penanggulangan bencana dilakukan sebelum, saat dan setelah bencana.

Ketiga komponen tersebut mensyaratkan keterlibatan berbagai pemangku kepentingan dalam penanggulangan bencana (Pemerintah, Masyarakat, Dunia Usaha, Akademisi dan Media).

6.2.2 Perubahan Paradigma

Landasan utama penyelenggaraan penanggulangan bencana di Indonesia merujuk pada Undang-Undang Nomor 24 Tahun 2007 tentang Penanggulangan Bencana. Undang-Undang ini lahir didorong oleh pengalaman pahit pasca gempa bumi dan tsunami Aceh-Nias pada Desember 2004 dan gempa bumi Yogyakarta pada 27 Mei 2006. Hal penting dalam Undang-Undang tersebut adalah pergeseran paradigma kebijakan dalam penanggulangan bencana dari respon menjadi pencegahan. Pergeseran paradigma yang tercermin dalam Undang-Undang Nomor 24 Tahun 2007 juga dipengaruhi oleh Hyogo Framework of Action (HFA) 2005-2015, yang mengamanatkan 3 (tiga) tujuan strategis sebagai berikut (Bappenas, 2014):

1. Pengintegrasian pengurangan risiko bencana pada kebijakan, perencanaan dan program pembangunan yang berkelanjutan, yang

memprioritaskan pencegahan, mitigasi, kesiapsiagaan dan penurunan tingkat kerentanan.

2. Pengembangan dan penguatan kapasitas kelembagaan nasional dan daerah, serta masyarakat, untuk bersama-sama membangun ketangguhan menghadapi ancaman bencana
3. Penyertaan pendekatan pengurangan risiko bencana pada perencanaan dan pelaksanaan kesiapsiagaan, tanggap darurat dan pemulihan pasca bencana.

Perubahan paradigma dalam penanggulangan bencana, dikelompokkan dalam 4 (empat) fase yaitu (Bakornas-PB, 2007):

1. Paradigma Relief/Tanggap Darurat

Pada Paradigma Relief/Tanggap Darurat, penanggulangan bencana berorientasi kepada pemenuhan kebutuhan darurat berupa pangan, penampungan darurat, kesehatan dan pengatasan krisis. Tujuan utama penanggulangan bencana adalah menekan tingkat kerugian, kerusakan dan cepat memulihkan keadaan.

2. Paradigma Mitigasi

Pada Paradigma Mitigasi, penanggulangan bencana diarahkan pada identifikasi daerah-daerah rawan bencana, mengenali pola-pola yang dapat menimbulkan kerawanan, dan melakukan kegiatan-kegiatan mitigasi yang bersifat struktural seperti membangun konstruksi maupun non-struktural seperti penyuluhan, relokasi permukiman, peraturan-peraturan bangunan dan penataan ruang.

3. Paradigma Pembangunan

Paradigma Pembangunan adalah paradigma di mana manajemen bencana yang memfokuskan pada faktor-faktor penyebab dasar dan proses terjadinya kerentanan masyarakat terhadap bencana. Upaya-upaya yang dilakukan lebih bersifat mengintegrasikan upaya penanggulangan bencana dengan program pembangunan, seperti masalah kemiskinan, kualitas hidup, pemilikan lahan, akses terhadap modal, pendidikan yang rendah, inovasi teknologi dan sebagainya.

4. Paradigma Penanggulangan Bencana

Ada tiga hal penting terkait dengan perubahan paradigma ini, yaitu:

- a. Penanggulangan bencana tidak lagi berfokus pada aspek tanggap darurat tetapi lebih pada keseluruhan manajemen risiko.
- b. Perlindungan masyarakat dari ancaman bencana oleh pemerintah merupakan wujud pemenuhan hak asasi rakyat dan bukan semata-mata karena kewajiban pemerintah
- c. Penanggulangan bencana bukan lagi hanya urusan pemerintah tetapi juga menjadi urusan bersama masyarakat dan lembaga usaha, di mana pemerintah menjadi penanggungjawab utamanya.

6.3 Prinsip Dasar Pengurangan Risiko Bencana

Indonesia merupakan salah satu negara yang memiliki tingkat kerawanan bencana alam cukup tinggi. Berdasarkan Data 2018 *World Risk Report*, Indonesia menduduki urutan ke-36 dengan pays tribute to risiko 10,36 dari 172 negara paling rawan bencana alam di dunia. Kondisi tersebut disebabkan oleh keberadaan Indonesia secara tektonis yang menjadi tempat bertemunya tiga lempeng tektonik dunia (Eurasia, India-Australia dan Pasifik), secara vulkanis sebagai jalur gunung api aktif yang Pacific dikenal dengan cin. Kondisi ini kemudian menjadi penyebab terjadinya bencana gempabumi, tsunami and gugon meletus. Selain itu, secara hidroklimatologis Indonesia juga terdampak dengan adanya fenomena ENSO (El-Nino Southern Oscillation) dan La Nina sehingga berimbas pada terjadinya bencana banjir, tanah longsor, kekeringan dan angin puting beliung (Hadi, H et al., n.d.).

Bencana merupakan fenomena yang terjadi karena beberapa komponen pemicu; ancaman dan kerentanan secara bersamaan. Faktor ancaman kerentanan menyebabkan terjadinya risiko pada komunitas. Bencana secara sederhana didefinisikan suatu gangguan serius terhadap keberfungsian suatu masyarakat sehingga menyebabkan kerugian yang meluas pada kehidupan manusia dari segi materi, ekonomi, lingkungan dan yang melampaui kemampuan masyarakat tersebut untuk mengatasi dengan menggunakan sumberdaya-sumberdaya mereka sendiri. Dalam skala luas, bencana dapat berupa perang, kekeringan, kelaparan, badai, banjir, tsunami, tanah longsor,

erosi, gempa bumi, ledakan nuklir, wabah penyakit, kerusakan fisik, kehilangan harta, cacat, kerusakan mental maupun kerusakan pada struktur dan sistem sosial. Sementara itu, Hewit, mengklasifikasikan bencana dalam 3 (tiga) kategori; (1) Bencana alam; atmosfer, hidrologi, geologi, dan biologi, (2) Bencana teknologis; barang yang berbahaya, proses destruktif, mekanis, dan produktif, (3) Bencana sosial; perang, terorisme, konflik sipil, dan penggunaan barang, proses, dan teknologi yang berbahaya.

Berdasarkan data-data yang ada bahwa setiap terjadi bencana dengan tingginya jumlah korban jiwa dan kerugian harta benda menjadi indikasi bahwa masih lemahnya manajemen bencana, baik sebelum bencana, ketika terjadi bencana maupun setelah terjadinya bencana di Indonesia. Artinya kita perlu belajar lebih banyak lagi tentang manajemen bencana berkaca dari rentetan peristiwa bencana terjadinya bencana di Indonesia. Penguasaan yang baik terhadap manajemen bencana yang tepat merupakan sebuah keniscayaan untuk mengurangi risiko bencana. Manajemen bencana dapat dipahami sebagai kegiatan-kegiatan yang dilakukan untuk mengendalikan bencana dan keadaan darurat, sekaligus memberikan kerangka kerja untuk menolong masyarakat dalam keadaan berisiko tinggi agar dapat menghindari ataupun pulih dari dampak bencana (Hadi, H et al., n.d.).

Sementara itu, Undang-undang nomor 24 tahun 2007 tentang Penanggulangan Bencana menjelaskan bahwa penyelenggaraan penanggulangan bencana adalah serangkaian upaya yang meliputi penetapan kebijakan pembangunan yang berisiko timbulnya bencana, kegiatan pencegahan bencana, tanggap darurat dan rehabilitasi. Jika diuraikan lebih lanjut, manajemen bencana (disaster manajemen) dapat diartikan sebagai rangkaian fase atau tahapan penanggulangan bencana yang meliputi 1) mitigasi (mitigation) merupakan upaya yang dilakukan untuk mengurangi dampak buruk dari suatu ancaman. Misalnya penataan kembali lahan desa agar terjadinya banjir tidak menimbulkan kerugian besar; 2) kesiap-siagaan (preparedness) yaitu persiapan rencana untuk bertindak ketika terjadi (kemungkinan akan terjadi) bencana. Perencanaan terdiri dari perkiraan terhadap kebutuhan-kebutuhan dalam keadaan darurat dan identifikasi atas sumber daya yang ada untuk memenuhi kebutuhan tersebut. Perencanaan ini dapat mengurangi dampak buruk dari suatu ancaman; 3) tanggap darurat (emergency response) yaitu upaya untuk menyelamatkan jiwa dan melindungi harta serta menangani gangguan kerusakan dan dampak lain suatu bencana. Sedangkan keadaan darurat yaitu kondisi yang diakibatkan oleh kejadian luar biasa yang berada di luar

kemampuan masyarakat untuk menghadapinya dengan sumber daya atau kapasitas yang ada sehingga tidak dapat memenuhi kebutuhan-kebutuhan pokok dan terjadi penurunan drastis terhadap kualitas hidup, kesehatan atau ancaman secara langsung terhadap keamanan banyak orang di dalam suatu komunitas atau lokasi; dan 4) pemulihan (recovery) adalah suatu proses yang dilalui agar kebutuhan pokok terpenuhi. Proses pemulihan terdiri dari rehabilitasi (rehabilitation) dan rekonstruksi (reconstruction) (Hadi, H et al., n.d.).

6.3.1 Pengurangan Risiko Bencana Berbasis Komunitas

Mengingat korban terbesar dari bencana adalah masyarakat yang tinggal dikawasan rawan bencana dan yang pertama-tama menghadapi bencana adalah masyarakat sendiri, maka perlu dilakukan upaya-upaya untuk meningkatkan kesadaran dan kapasitas masyarakat dalam mengantisipasi kemungkinan bencana yang terjadi di wilayahnya, sehingga risiko bencana dapat dikurangi, dicegah atau bahkan dihilangkan. Untuk itu, beberapa daerah akan melaksanakan kegiatan yang dinamakan “Pengurangan Risiko Bencana Berbasis Komunitas” atau disingkat PRB-BK, yang menempatkan masyarakat sebagai subjek atau pelaku utama kegiatan (Kementerian Pekerjaan Umum, 2010). Pengurangan Risiko Bencana Berbasis Komunitas (PRB-BK) adalah serangkaian upaya untuk mengurangi risiko bencana yang dilakukan melalui penyadaran, peningkatan kemampuan menghadapi ancaman bencana dan atau penerapan upaya fisik dan non fisik yang dilakukan oleh anggota masyarakat secara aktif, partisipatif dan terorganisir (Kementerian Pekerjaan Umum, 2010).

Prinsip-prinsip dasar PRB-BK adalah sebagai berikut (Kementerian Pekerjaan Umum, 2010):

1. Cepat Dan Tepat, penanggulangan bencana harus dilaksanakan secara cepat dan tepat sesuai dengan tuntutan keadaan. Keterlambatan dalam penanggulangan akan berdampak pada tingginya kerugian material maupun korban jiwa.
2. Prioritas, apabila terjadi bencana, kegiatan penanggulangan harus mendapat prioritas dan diutamakan pada kegiatan penyelamatan jiwa manusia.
3. Koordinasi dan Keterpaduan, penanggulangan bencana didasarkan pada koordinasi yang baik dan saling mendukung. Yang dimaksud

dengan “prinsip keterpaduan” adalah bahwa penanggulangan bencana dilakukan oleh berbagai sektor secara terpadu yang didasarkan pada kerja sama yang baik dan saling mendukung.

4. Berdaya Guna dan Berhasil Guna, kegiatan penanggulangan bencana harus berhasil guna, khususnya dalam mengatasi kesulitan masyarakat dengan tidak membuang waktu, tenaga dan biaya yang berlebihan.
5. Transparansi dan akuntabilitas, penanggulangan bencana dilakukan secara terbuka dan dapat dipertanggungjawabkan.
6. Kemitraan, mengutamakan kemitraan atau kerjasama antara individu, kelompok atau organisasi–organisasi untuk melaksanakan kegiatan dan mencapai tujuan bersama.
7. Partisipatif, masyarakat terlibat aktif pada setiap proses pengambilan keputusan pembangunan dan secara gotong royong menjalankan pembangunan.
8. Nondiskriminatif, bahwa dalam penanggulangan bencana tidak memberikan perlakuan yang berbeda terhadap jenis kelamin, suku, agama, ras dan aliran politik apapun.

6.3.2 Peran Pendidikan dalam Pengurangan Risiko Bencana

Sepanjang tahun 2005-2014, PBB mengkampanyekan “Dekade untuk Pendidikan dan Pembangunan Berkelanjutan”, di mana salah satu upayanya adalah mendukung penerapan kurikulum isu yang terjadi dalam pembangunan berkelanjutan seperti perubahan iklim dan pengurangan risiko bencana, menjadi fokus dalam kebijakan internasional sekolah berbasis pendidikan kebencanaan (Rahma, A, 2018). Berikut ini merupakan peran pendidikan PRB, sesuai dengan pedoman HFA (Gugus Tugas Pengarusutamaan Pengurangan Risiko Bencana dalam Sistem Pendidikan Nasional, 2010) (Rahma, A, 2018):

1. Interdisiplin dan menyeluruh (holistik) dalam keseluruhan kurikulum. Pemelajaran PRB terintegrasi dalam keseluruhan kurikulum pendidikan, dan tidak dilaksanakan sebagai mata pelajaran tersendiri. PRB sangat penting dan harus disertakan dalam kurikulum sekolah.

Integrasi seharusnya tidak hanya dilakukan di Ilmu Sosial namun harus mencakup semua bidang pembelajaran; Ilmu Pengetahuan Alam, Ekonomi dan Manajemen, bahasa, ilmu pengetahuan manusia, Agama dan Matematika.

2. Berorientasi nilai, sesuai dengan norma yang dianut di mana pendidikan lebih bersifat rasional dan memperhitungkan manfaatnya. Nilai bersama yang mendasari PRB menjadi norma yang dianut, namun dapat dikritisi, didebat, diuji dan diterapkan sebagai adaptasi yang diperlukan.
3. Mengembangkan pemikiran kritis dan pemecahan masalah. Pengembangan pemikiran kritis dan pemecahan masalah dengan membentuk kepercayaan diri dalam mengungkapkan dilema dan tantangan membangun budaya aman dan ketangguhan terhadap bencana.
4. Multimetode yang memungkinkan siswa dan guru mendapatkan pengetahuan dan memainkan peran dalam membentuk lingkungan belajar. Misalnya saja membuat peta risiko bencana bersama. Peta risiko adalah gambar berukuran besar atau model yang dapat dibuat bersama-sama dengan teman sekelas dengan bantuan guru.
5. Peserta belajar ikut serta memutuskan bagaimana cara mereka belajar. Pendidikan PRB utamanya melibatkan anak dalam perencanaan kesiapsiagaan keadaan darurat, lokakarya dan pelatihan untuk keselamatan mereka sendiri.
6. Konsep disesuaikan dengan bahasa yang umum dan disampaikan dalam budaya lokal setempat. Terutama di Indonesia, yang kultur masyarakat dan kondisi geografisnya sangat beragam, mitigasi bencana berbasis kearifan lokal (local wisdom) sangat efektif.

6.4 Pengenalan Tentang Kerusakan Lingkungan

Kerusakan lingkungan merupakan isu yang hangat seiring terjadinya bermacam bencana di berbagai tempat di belahan bumi. Bagaikan dua sisi mata uang, adalah masifnya kerusakan lingkungan yang memicu timbulnya bencana atau sebaliknya justru bencana alam sendirilah yang menjadi penyebab kerusakan lingkungan. Hal ini merupakan wujud nyata hubungan timbal balik antara lingkungan sebagai tempat tinggal manusia dan faktor alam yang memengaruhinya. Manusia memegang peranan sentral dalam hubungannya dengan lingkungan. Pengaruh manusia terhadap alam dan lingkungannya lebih bersifat aktif, karena sikap eksploitatif manusia dalam upayanya memenuhi kebutuhan hidupnya. Sedangkan pengaruh lingkungan terhadap manusia dapat dikatakan lebih bersifat pasif (Zairin, Z., 2016).

Jika dahulu manusia memenuhi kebutuhan makan hanya dengan berburu hewan dan makan dari tanaman yang tersedia di alam, maka tidak demikian sejak manusia mulai mengenal budidaya pertanian. Sejak saat itu maka dimulailah revolusi pertanian, yaitu ketika mulai dikenal teknik budidaya pertanian yang dampaknya begitu besar dalam peradaban manusia. Manusia mulai menggunakan alat pertanian, membajak lahan, menebang pohon dan mengangkut hasil pertanian. Namun semua masih dilakukan secara sederhana dan masih nyaris tidak menimbulkan permasalahan lingkungan. Seiring perkembangan peradaban dalam sejarah manusia, revolusi pertanian pun berkembang hingga akhirnya memasuki era revolusi industri. Pada era inilah manusia mulai mengeksploitasi lingkungan dan sumberdaya alam, serta menimbulkan pencemaran dan kerusakan lingkungan.

6.4.1 Kerusakan Lingkungan

Kerusakan lingkungan hidup dapat diartikan sebagai proses deteriorasi atau penurunan mutu lingkungan. Kerusakan lingkungan sebenarnya merupakan dampak dari aktivitas manusia dalam kegiatan pembangunan yang berlangsung terus menerus dalam jangka panjang. Aktivitas pembangunan yang dilakukan oleh manusia dalam segala bentuk upaya dan kegiatan, sejatinya akan menimbulkan dampak bagi lingkungan. Dalam hal ini pemanfaatan alam tidak berarti dilarang, namun dalam pelaksanaannya harus memperhatikan kaidah konservasi guna menjamin keberlanjutannya di muka

bumi. Untuk itu pelaksanaan pembangunan yang pada dasarnya adalah upaya meningkatkan kesejahteraan manusia, dikenal istilah tiga aspek pembangunan berkelanjutan yang disebut juga tiga pilar pembangunan berkelanjutan, di antaranya adalah: 1) menguntungkan secara ekonomi; 2) diterima secara sosial, dan; 3) ramah terhadap lingkungan (Rizal, R., 2021).

Seperti kita ketahui bersama banyaknya bencana alam yang terjadi di tanah air, memperlihatkan betapa lingkungan kita telah banyak mengalami kerusakan. Tingkat kerusakan alam tersebut akan menentukan tingkat kerentanan (risiko) bencana alam, di mana semakin rusak lingkungan hidup maka risiko terjadinya bencana pun semakin tinggi.

6.4.2 Faktor-faktor Penyebab Kerusakan Lingkungan

Penyebab kerusakan lingkungan dapat dibedakan ke dalam dua kelompok besar yakni karena faktor alam dan aktivitas manusia. Kerusakan lingkungan yang disebabkan oleh faktor alam biasanya adalah akibat kejadian bencana misalnya gempa bumi, tsunami, banjir, gunung meletus, badai, dan sebagainya. Kerusakan lingkungan yang diakibatkan oleh aktivitas manusia di antaranya adalah pencemaran (tanah, air dan udara), penebangan hutan secara liar, eksploitasi sumber daya alam secara berlebihan, dan sebagainya.

Faktor alam adalah salah satu penyebab kerusakan lingkungan yang tidak dapat dikendalikan atau dikontrol oleh manusia. Perkembangan ilmu pengetahuan telah berhasil menguak sebagian fenomena alam penyebab bencana. Namun masih banyak hal yang belum dapat dijelaskan sepenuhnya dan masih menjadi misteri hingga saat ini, karena tingginya kompleksitas parameter yang bekerja di alam. Sebagai contoh dalam kasus ini adalah hujan. Curah hujan dengan intensitas tinggi dapat memicu bencana tanah longsor, bendungan jebol, banjir bandang, banjir dari luapan sungai yang menggenangi pemukiman dan menghambat perniagaan serta merusak hasil pertanian. Sejauh ini ilmu pengetahuan mampu menjelaskan proses terjadinya hujan dan memprediksi kedatangannya. Namun yang dilakukan manusia adalah sebatas memperkirakan berdasarkan teori peluang kejadian. Sedangkan angka pasti besaran maupun waktu kapan turunnya belum ada ilmu pengetahuan yang mampu melakukannya. Sehingga masih diperlukan penelitian yang lebih mendalam untuk mempelajari berbagai rahasia alam untuk keperluan mitigasi dan antisipasi dini kejadian bencana di masa yang akan datang. Meski belum dapat memprediksi secara pasti bencana alam yang mungkin terjadi, manusia dapat melakukan berbagai upaya untuk mereduksi kerusakan yang

ditimbulkannya. Hal itu dapat dilakukan dengan memahami sepenuhnya faktor penyebab bencana tersebut dan berupaya menekan serendah mungkin hal yang dapat memicu terjadinya.

Selain faktor alam, kerusakan lingkungan dapat pula disebabkan oleh aktivitas manusia. Kerusakan lingkungan hari ini sejatinya adalah dampak yang dihasilkan dari kegiatan pembangunan yang sudah berlangsung selama berpuluh tahun. Salah satu contohnya adalah kerusakan lapisan ozon yang disebabkan karena tingginya gas karbon dioksida yang dibuang ke udara sebagai hasil dari kegiatan industri. Sejak revolusi industri 250 tahun yang lalu, dan dilanjutkan dengan kegiatan industrialisasi yang dilakukan oleh negara maju seperti negara-negara anggota Uni Eropa, Amerika Serikat, Jepang dan China, adalah salah satu penyebab dari kerusakan lingkungan. Pembakaran dalam aktivitas industri telah mencemari udara dan merusak lapisan atmosfer pelindung bumi yaitu ozon. Gas pencemar yang dihasilkan dari kegiatan industri tersebut di antaranya adalah gas karbon dioksida (CO₂), gas karbon monoksida (CO), hidrogen sulfida (H₂S), metana (NH₃), dan lain-lain. Efek lanjut yang dihasilkan dari tingginya kadar CO₂ di udara ini adalah adanya penghangatan suhu permukaan bumi akhir-akhir ini dan dikenal dengan istilah global warming.

6.4.3 Jenis kerusakan lingkungan

Dampak dan kerusakan lingkungan yang ditimbulkan akibat aktivitas manusia dan fenomena alam adalah sangat beragam. Berdasarkan jenis kerusakannya dapat diuraikan sebagian di antaranya mengingat ragam dan jenis kerusakan yang sangat banyak, sebagai berikut:

1. Hutan gundul

Pembabatan hutan menyebabkan hutan menjadi gundul dapat berdampak: 1) secara lokal yaitu memicu banjir, erosi lahan dan tanah longsor; dan 2) secara global turut memperparah pemanasan global karena berkurangnya hutan berarti juga mengurangi kemampuan penyerapan gas karbon dioksida di atmosfer.

2. Pencemaran tanah, air, udara

Pembuangan sampah padat maupun limbah cair secara sembarangan sangat mencemari dan merugikan lingkungan, karena: 1) membahayakan kesehatan manusia, misal air yang tercemar jika

diminum juga udara yang tercemar bila dihirup; 2) mengurangi nilai estetika, dengan menghilangnya air yang sejuk dan jernih, tanah dan tanaman yang subur menghijau, udara yang bersih dan langit yang biru; 3) menjadi pencetus bencana lain, misal membuang sampah ke badan air dapat membuat saluran tersumbat, menjadikan sarang nyamuk, memicu banjir, menimbulkan bau yang mengganggu, merusak ekosistem serta membunuh flora dan fauna yang ada di dalamnya.

3. Intrusi air laut

Air tanah adalah sumber daya yang terbarukan namun memerlukan upaya perawatan untuk menjamin kesinambungannya melalui pemeliharaan kawasan resapan (recharge zone) dan pengendalian pengambilannya. Di kota-kota besar di mana kepadatan penduduknya sangat tinggi akan berimplikasi pada kebutuhan air bersih yang juga tinggi. Hal itu membuat sebagian masyarakat memilih melakukan pengeboran air tanah selain memanfaatkan air dari PDAM. Padahal pemanfaatan air tanah harus dilakukan secara hati-hati, di mana laju pengambilannya tidak boleh lebih tinggi dari laju pengisian kembalinya (recharge rate). Pemakaian air tanah yang berlebihan dapat memicu penurunan permukaan tanah serta menyebabkan terjadinya intrusi air laut. Intrusi air laut adalah fenomena di mana air laut menembus lapisan akuifer air tanah (fresh water) sehingga kondisi air tanah menjadi asin seperti air laut. Dampak intusi air laut dapat membuat konstruksi bangunan mengalami keretakan, cat tembok mengelupas, perabotan mudah berkarat, serta tidak dapat dimanfaatkan untuk keperluan sehari-hari seperti memasak dan mencuci pakaian (Herdyansah, A & Rahmawati, D, 2017).

4. Penurunan keanekaragaman hayati

Keanekaragaman hayati adalah kekayaan yang tak ternilai harganya. Setiap makhluk memiliki peran dalam sebuah rantai makanan. Kerusakan lingkungan dapat menyebabkan hilangnya salah satu dari mata rantai tersebut yang berarti terganggunya keseimbangan

ekosistem. Hal ini dapat mengundang berbagai efek yang berdampak lebih luas.

5. Desertifikasi

Desertifikasi adalah istilah lain untuk pengurangan. Pada proses desertifikasi terjadi proses pengurangan produktivitas secara bertahap dan penipisan lahan bagian atas (top soil) yang subur karena aktivitas manusia dan variabilitas iklim. Penipisan lahan bagian atas dapat terjadi pada tanah yang terbuka dan mendapat pukulan hujan sehingga lapisan tanah bagian atas akan terangkut bersama air (tererosi). Proses desertifikasi ini berdampak pada hilangnya kesuburan tanah dan meluasnya lahan kritis.

6. Hujan asam

Aktivitas industri banyak membuang zat pencemar udara. Bahan pencemar udara yang melayang di atmosfer dapat bereaksi dengan air hujan dan turun menjadi senyawa asam. Dampaknya adalah mempercepat proses korosi bahan logam, iritasi pada kulit, sistem pernafasan, serta menyebabkan pengasaman pada tanah yang merugikan bagi kegiatan pertanian.

7. Penipisan lapisan ozon

Dalam lapisan stratosfer, sinar ultraviolet matahari memapar dan memecah ozon (O₃) menjadi molekul O₂ dan atom O. Namun demikian lapisan ozon yang tipis ini masih cukup efektif menyaring sinar yang berbahaya bagi makhluk hidup di bumi tersebut. Hal mengejutkan adalah adanya hasil penelitian yang menemukan gas CFC (chlorofluorocarbon) yang menyebabkan lubang pada lapisan ozon. Setidaknya 95% lapisan ozon telah lenyap pada ketinggian 1520 km di atas Antartika sejak tahun 1979 dan makin melebar 10 tahun kemudian. CFC ini dahulu banyak dipakai untuk lemari pendingin dan pendorong aerosol, namun sekarang sudah mulai ditinggalkan karena tidak ramah lingkungan. Informasi tentang rusaknya lapisan ozon ini diperkuat oleh laporan Satelit cuaca Nimbus 7 milik NASA yang mengumpulkan banyak bukti bahwa penipisan lapisan ozon ini telah terjadi di seluruh dunia. Dampaknya

bagi manusia adalah dapat menyebabkan kanker kulit, katarak pada mata dan kanker mata, serta menurunkan kekebalan tubuh (imun). Bagi tanaman yang hidup di darat sinar UVB dapat mengganggu asimilasi nitrogen pada mikroorganisme sehingga mengganggu kesuburan tanaman, pada ekosistem laut sinar UV bisa membunuh plankton yang menjadi basis mata rantai makanan di laut. Sinar UV memicu kenaikan suhu udara dan kematian pada hewan liar, dan lainlain (Lazuardi, 2021).

8. Pemanasan global

Pemanasan Global (Global Warming) adalah fenomena peningkatan temperatur global karena terjadinya efek rumah kaca yang disebabkan oleh gas-gas tertentu yang membuat sinar matahari terperangkap dalam atmosfer bumi. Dampak bagi lingkungan: mencairnya es di kutub, kenaikan muka air laut, perluasan gurun, peningkatan hujan dan banjir, perubahan pola iklim global, punahnya sebagian flora dan fauna, migrasi fauna dan hama penyakit (Himpunan Pemerhati Lingkungan Indonesia, 2021).

9. Perubahan iklim

Perubahan iklim adalah perubahan pola cuaca rata-rata di seluruh dunia dalam jangka panjang. Sejak pertengahan 1800-an, manusia telah berkontribusi pada pelepasan karbon dioksida dan gas rumah kaca lainnya ke udara yang menyebabkan suhu global meningkat dan mengakibatkan perubahan iklim dalam jangka panjang (Met Office, 2021).

Pola iklim yang berubah menimbulkan dampak sangat beragam bagi kelangsungan hidup makhluk di bumi, di antaranya ialah terjadinya pergeseran musim sehingga mengancam ketahanan pangan, meningkatkan frekuensi hujan ekstrim dan kekeringan parah di beberapa tempat, mengancam penghidupan rakyat utamanya yang bergantung pada sektor pertanian dan perikanan, munculnya wabah penyakit menular dan beragam masalah kesehatan, migrasi fauna, dan sebagainya.

Bab 7

Pencemaran Lingkungan

7.1 Pendahuluan

Lingkungan adalah segala sesuatu yang berada di sekitar manusia yang merupakan gabungan kondisi fisik sumber daya alam yang meliputi tanah, air, energi matahari, mineral, serta flora dan fauna. Manusia dapat mengatur pemanfaatan lingkungan fisik tersebut melalui kelembagaan. Komponen lingkungan berupa biotik, abiotik dan sosial budaya. Komponen biotik terdiri dari segala sesuatu yang hidup seperti manusia, hewan, tumbuhan, dan mikroorganisme. Komponen abiotik terdiri dari segala hal yang tidak bernyawa seperti air, udara, tanah, iklim, cahaya, bunyi, dan kelembaban. Komponen sosial budaya merupakan segala bentuk kegiatan hubungan antar manusia (Kurniasih, 2021).

Penurunan kualitas lingkungan di dunia terjadi mulai abad ke-19. Pada saat itu terjadi revolusi industri di Inggris dan Eropa. Penyebabnya adalah polutan dan limbah dari proses industri, serta banyaknya hasil sampingan industri yang tidak dapat dikelola. Era industrialisasi tersebut memunculkan daerah permukiman kumuh, akumulasi buangan dan kotoran manusia, masalah sosial dan kesehatan yang terjadi di kota-kota besar (Budiman Chandra, 2007). Seiring perjalanan waktu polutan-polutan ini semakin menumpuk di lingkungan baik tanah, air dan udara. Revolusi industri tersebut juga menyebabkan gaya hidup manusia. Manusia mulai beralih menggunakan

bahan-bahan hasil industri untuk memenuhi kebutuhan hidupnya dari primer hingga tersier. Penggunaan barang-barang hasil industri semakin meningkat akan tetapi tidak dibarengi dengan pengelolaan barang-barang bekas. Hingga saat ini pengelolaan barang bekas masih menjadi masalah di dunia terutama bagi negara-negara berkembang (Dosen Kesehatan Lingkungan Indonesia, 2019).

Menurut Undang-undang Nomor 32 Tahun 2009, terjadinya pencemaran lingkungan karena masuknya atau dimasukkannya makhluk hidup, zat energi, dan atau komponen lain ke dalam lingkungan, atau berubahnya tatanan lingkungan oleh kegiatan manusia atau oleh proses alam sehingga kualitas lingkungan turun hingga ke tingkat tertentu yang menyebabkan lingkungan menjadi kurang atau tidak dapat berfungsi lagi sesuai dengan peruntukannya terutama pada pencemaran lingkungan yang terjadi tidak hanya pada industri, tetapi juga pada lingkungan rumah tangga.

Dampak pencemaran lingkungan secara langsung maupun tidak langsung sangat merugikan manusia dan lingkungan. Sehingga perlu dilakukan pencegahan dengan cara pendekatan-pendekatan tertentu. Pembatasan buangan material ke lingkungan (fisik, biologi dan kimia) harus dalam jumlah yang dapat diterima oleh lingkungan atau tidak melebihi batas normal. Penetapan standar dilakukan untuk meminimalisir dampak yang terjadi pada manusia dan lingkungan. Hasil studi pada tahun 2009 menunjukkan bahwa ongkos degradasi lingkungan Indonesia bervariasi antara US\$0,56 milyar sampai US\$7,7 milyar per tahun (A. Fauzi, 2014).

7.2 Pengertian Pencemaran Lingkungan

Pencemaran lingkungan adalah masuk atau dimasukkannya makhluk hidup, zat, energi atau komponen lain ke dalam suatu lingkungan atau berubahnya tata lingkungan oleh kegiatan manusia atau oleh proses alam yang mengakibatkan turunnya kualitas lingkungan, sehingga tidak dapat berfungsi sebagaimana mestinya (Andi Tenri and Muh. Yunus, 2022). Berdasarkan Undang-undang Nomor 4 Tahun 1982, tindakan perusakan lingkungan diartikan sebagai tindakan yang menimbulkan perubahan langsung atau tidak langsung terhadap sifat-sifat fisik dan atau hayati lingkungan, yang mengakibatkan lingkungan itu kurang atau tidak berfungsi lagi dalam

menunjang pembangunan. Secara umum pencemaran lingkungan dikategorikan sebagai berikut:

1. Pencemaran udara oleh limbah/buangan dari rumah tangga, pabrik, alat-alat transportasi, dan pembakaran sampah.
2. Pencemaran air oleh limbah pabrik dan rumah tangga, pestisida berlebihan, dan tinja yang dibuang di sungai.
3. Pencemaran tanah oleh air yang tercemar limbah dan sampah dari pabrik maupun rumah tangga.

7.2.1 Pencemaran Air

Dalam penentuan indikator pencemaran air, organisme akuatik merupakan indikator yang penting untuk diperhatikan. Perubahan lingkungan organisme dalam perairan akan berdampak pada organisme lain yang hidup di perairan tersebut dan dapat dijadikan indikator adanya pencemaran dalam perairan (Riyanto, 2019).

Parameter yang digunakan sebagai indikator pencemaran air adalah:

1. Parameter fisik
 - a. Warna air, adanya warna air menyebabkan berkurangnya penetrasi cahaya matahari ke dalam air. Kurangnya cahaya tersebut menyebabkan berkurangnya proses fotosintesis tumbuhan perairan. Dampak selanjutnya adalah kadar oksigen terlarut (DO) berkurang.
 - b. Suhu, meningkatnya panas menandakan adanya proses kimia dan biokimia dalam perairan. Perubahan tersebut akan diikuti oleh perubahan komponen biotik dan abiotik sehingga keseimbangan lingkungan perairan terganggu.
 - c. Kekeruhan, terjadi karena adanya bahan padatan terlarut yang berasal dari proses erosi (partikel tanah liat, lumpur, dan koloid tanah) dan hasil pembusukan oleh mikroorganisme. Kekeruhan ini juga menghambat masuknya cahaya matahari ke dalam perairan.
 - d. Salinitas, yaitu jumlah bahan padat yang terkandung dalam tiap kilogram air laut. Perkiraannya semua karbonat diubah menjadi

bentuk oksida, bromida, dan iodin diganti dengan klorida yang dinyatakan dalam gram per kilogram atau sebagai per seribu (ppm).

2. Parameter kimia

Unsur-unsur yang terkandung di dalam air pada umumnya berasal dari tanah, udara, dan hasil metabolisme jasad air. Parameter kimia yang digunakan dalam identifikasi pencemaran air adalah:

- a. Derajat keasaman (pH), kadar alami pH dalam perairan berkisar antara 4-9. Yang merubah kondisi tersebut adalah CO₂ yang bersifat basa kuat yang berasal dari ion natrium, kalium dan kalsium.
- b. Oksigen terlarut (oxygen demand, DO), oksigen terlarut dibutuhkan oleh semua makhluk hidup akuatik. Oksigen terlarut dapat diperoleh secara langsung melalui difusi dari atmosfer (udara) dan diperoleh melalui pergerakan air yang teratur seperti pergerakan gelombang, air terjun, dan perputaran air. Selain itu oksigen terlarut berasal dari hasil fotosintesis dari tanaman berklorofil.
- c. *Biochemical oxygen demand* (BOD), yaitu parameter yang menunjukkan jumlah oksigen terlarut yang diperlukan oleh mikroorganisme untuk mengurai atau mendekomposisi bahan organik dalam kondisi aerobik. Pemeriksaan BOD diperlukan untuk menentukan beban pencemaran dari air buangan yang berasal dari industri atau rumah tangga. Pemeriksaan BOD didasarkan atas reaksi oksidasi zat organik dengan oksigen di dalam air, dan proses tersebut berlangsung karena adanya bakteri aerob. Dalam kondisi normal nilai BOD kurang dari 1 mg/l atau 1 ppm. Air dikatakan tercemar jika nilai BOD di 4 ppm.
- d. *Chemical oxygen demand* (COD), yaitu kebutuhan oksigen yang digunakan untuk mengurai seluruh bahan organik yang terkandung menjadi CO₂ dan H₂O. COD juga menunjukkan banyaknya senyawa organik yang dioksidasi secara kimia dengan cara menggunakan bahan kimia oksidator kuat dalam media

asam. Air yang tercemar limbah organik sebelum reaksi berwarna kuning dan setelah reaksi oksidasi berwarna hijau. Jumlah oksigen yang dibutuhkan untuk reaksi oksidasi limbah organik sebanding dengan jumlah kalium dikromat yang digunakan pada reaksi oksidasi.

- e. Total organic mater (TOM), perairan umum seperti sungai dan danau juga mengandung bahan organik dari jasad-jasad dan detritus. Bahan organik ini mengalami proses perombakan oleh bakteri nitrifikasi dan menghasilkan beberapa komponen (unsur).
3. Parameter biologi

Indikator biologis digunakan untuk menilai secara makro perubahan keseimbangan ekologi, khususnya ekosistem, akibat pengaruh limbah. Beberapa negara maju telah menggunakan indikator biologis untuk memantau pencemaran air, bahkan sudah dikembangkan hukum mutu air biotik. Suatu spesies dapat dijadikan sebagai indikator biologis pencemaran sungai harus memenuhi kriteria berikut:

- a. Mudah diidentifikasi
- b. Mudah dijadikan sampel
- c. Mempunyai distribusi yang kosmopolit
- d. Kelimpahan suatu spesies dapat digunakan untuk menganalisis indeks keanekaragaman
- e. Mempunyai arti ekonomi sebagai sumber penghasilan (ikan), atau hama/organisme pengganggu (algae)
- f. Mudah menghimpun/menimbun bahan pencemar
- g. Mudah dibudidayakan di laboratorium
- h. Mempunyai keragaman jenis yang sedikit

7.2.2 Pencemaran Tanah

Dalam Peraturan Pemerintah RI No. 150 Tahun 2000, menjelaskan tanah adalah salah satu komponen lahan berupa lapisan teratas kerak bumi yang terdiri dari bahan mineral dan bahan organik serta mempunyai sifat fisik, kimia, biologi, dan mempunyai kemampuan menunjang kehidupan manusia dan makhluk hidup lainnya. Afidatul Muadifah (2019) menjelaskan tanah

adalah kumpulan tubuh alami pada permukaan bumi yang dapat berubah atau dibuat oleh manusia dari penyusunnya yang meliputi bahan organik yang sesuai bagi perkembangan akar tanaman. Tanah bagian atas dibatasi oleh udara atau air yang dangkal, ke samping dibatasi oleh air yang dalam atau hamparan es atau batuan, sedangkan bagian bawah dibatasi oleh suatu materi yang tidak dapat disebut tanah yang sulit didefinisikan. Ukuran tanah tergantung pada keragaman horisonnya yaitu paling kecil 1-10 m².

Pencemaran tanah dapat diartikan sebagai suatu keadaan di mana bahan kimia buatan manusia masuk dan merubah lingkungan tanah alami. Terjadinya pencemaran tanah dapat diakibatkan oleh kebocoran limbah cair atau bahan kimia industri atau fasilitas komersial, penggunaan pestisida dan pupuk berlebihan, masuknya air permukaan tercemar ke dalam lapisan sub permukaan, tumpahan minyak, zat kimia atau limbah, air lindi, dan limbah industri yang dibuang langsung ke tanah (ilegal dumping) (Afidatul Muadifah, 2019).

Pencemaran tanah sebenarnya mempunyai hubungan erat dengan pencemaran, air dan udara. Sebagai contoh terjadinya hujan asam yang mencemari tanah berasal dari gas-gas oksida karbon, oksida nitrogen, oksida belerang yang merupakan polutan udara yang larut dalam air hujan. Sehingga sumber pencemar udara dan air adalah sumber pencemar tanah juga.

Parameter tanah adalah ukuran atau acuan untuk mengetahui atau menilai hasil suatu proses perubahan yang terjadi dalam tanah sebagai medium pertumbuhan tanaman.

Parameter tanah yang harus diketahui adalah (Riyanto, 2019):

1. Parameter fisika tanah
 - a. Kadar lengas, yaitu parameter yang menunjukkan kadar air di dalam tanah.
 - b. Permeabilitas (daya pelulusan), yaitu kecepatan resapan air, meliputi infiltrasi tanah dan bermanfaat bagi pengelolaan tanah.
 - c. Porositas tanah, berpengaruh terhadap daya simpan air tanah dan kemampuan tanah dalam melakukan pertukaran udara.
 - d. Kemantapan agregat, yaitu ketahanan rata-rata agregat tanah melawan pendispersi air hujan dan tergenangnya aliran air.

- e. Tekstur, tekstur menentukan porositas tanah. Contoh tanah berpasir memiliki porositas yang besar, akan tetapi tanah jenis ini sulit menahan air.
2. Parameter kimia tanah
Parameter kimia tanah terdiri dari pH, Nitrogen, Bahan Organik, Fosfor, Kalium, Kalsium, dan Magnesium.
3. Parameter biologi tanah
Terdapat flora dan fauna yang berada di tanah yang dapat digunakan sebagai indikator pencemaran tanah. Indikator biologi ini dapat lebih akurat dibandingkan dengan kimia.

7.2.3 Pencemaran Udara

Udara merupakan salah satu elemen penunjang kehidupan yang sangat penting. Setiap makhluk hidup membutuhkan udara untuk kelangsungan kehidupannya. Meskipun perannya sangat penting bagi setiap makhluk hidup dan penurunan kualitas dapat disebabkan oleh aktivitas alam, yang bertanggungjawab menjaga kualitas udara tetap baik, bersih, dan aman adalah umat manusia. Berdasarkan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 12 Tahun 2010, dijelaskan pencemaran udara adalah masuk atau dimasukkannya makhluk hidup, zat, energi dan/atau komponen lain ke dalam udara oleh kegiatan manusia atau proses alam sehingga kualitas udara turun hingga ke tingkat tertentu yang menyebabkan udara menjadi kurang atau tidak dapat berfungsi lagi sesuai dengan peruntukannya. Pencemaran udara adalah peristiwa masuknya atau penambahan senyawa, bahan, atau energi ke dalam lingkungan udara akibat kegiatan alam dan manusia sehingga temperatur dan karakteristik udara tidak baik untuk pernafasan karena kualitas udara telah menurun (M. Hutagalung, 2008). Selain itu pencemaran udara juga dapat diartikan sebagai kehadiran satu atau lebih substansi fisik, kimia, atau biologi di atmosfer dalam jumlah yang dapat membahayakan kesehatan manusia, hewan dan tumbuhan, mengurangi estetika dan kenyamanan, atau merusak properti.

Sumber pencemaran udara oleh WHO dikelompokkan menjadi tiga, yaitu:

1. Sumber titik (point source), bersumber dari individual menetap dan dibatasi oleh luas wilayah kurang dari 1 x 1 km² termasuk di dalamnya industri dan rumah tangga.

2. Sumber garis (line source), bersumber dari kendaraan bermotor dan kereta.
3. Sumber area (area source), bersumber dari sumber titik tetap maupun sumber garis.

Pencemaran udara di luar ruangan (outdoor air pollution) atau udara ambien dapat disebabkan oleh faktor alam (internal) yang berupa abu dan gas oksida sulfur dan nitrogen yang dikeluarkan gunung berapi, pembusukan biologis, petir dan kebakaran hutan, senyawa organik volatil (VOC), serbuk sari tanaman, rumput dan pohon, dan partikel dari badai debu. Faktor manusia (eksternal) yang menyebabkan pencemaran udara adalah aktivitas penggunaan mesin bermotor, limbah industri yang menggunakan zat kimia organik dan anorganik, zat kimia yang disemprotkan ke udara, pembakaran sampah dan hutan (Riyanto, 2019).

Berikut ini adalah baku mutu udara ambien yang ditetapkan dalam Peraturan Pemerintah RI No. 22 tahun 2021:

Tabel 7.1: Baku Mutu Udara Ambien (Lampiran PP RI No. 22 tahun 2021)

No.	Parameter	Waktu Pengukuran	Baku Mutu	Sistem Pengukuran
1.	Sulfur Dioksida (SO ₂)	1 jam	150 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Aktif kontinyu
				Aktif manual
		24 jam	75 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Aktif kontinyu
		1 tahun	45 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Aktif kontinyu
2.	Karbon Monoksida (CO)	1 jam	10000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Aktif kontinyu
		8 jam	4000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Aktif kontinyu
3.	Nitrogen Dioksida (NO ₂)	1 jam	200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Aktif kontinyu
				Aktif manual
		24 jam	65 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Aktif kontinyu
		1 tahun	50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Aktif kontinyu
4.	Oksigen fotokimia (O ₃) sebagai Ozon (O ₃)	1 jam	150 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Aktif kontinyu
				Aktif manual
		8 jam	100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Aktif kontinyu
		1 tahun	35 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Aktif kontinyu

5.	Hidrokarbon Non Metana (NMHC)	3 jam	160 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Aktif kontinyu-
6.	Partikulat debu < 100 μm (TSP)	24 jam	230 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Aktif manual
	Partikulat debu < 10 μm (PM_{10})	24 jam	75 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Aktif kontinyu
				Aktif manual
		1 tahun	40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Aktif kontinyu
	Partikulat debu < 2,5 μm ($\text{PM}_{2.5}$)	24 jam	55 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Aktif kontinyu
				Aktif manual
		1 tahun	15 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Aktif kontinyu
7.	Timbal (Pb)	24 jam	24 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Aktif manual

7.3 Pencegahan Pencemaran Lingkungan

Mitigasi pencemaran yanaz dikemukakan oleh Prof. Umar Fahmi terdiri dari 4 simpul yang saling berhubungan. Pencemaran yang berpengaruh terhadap kesehatan manusia dapat dilakukan pada tiap simpul tersebut dengan melakukan manajemen kesehatan lingkungan (Achmadi, 2011):

1. Simpul 1: pencegahan dilakukan pada sumber pencemar (fisik, kimia, dan biologi), yang berasal dari kegiatan manusia dan eksploitasi sumber daya alam. Pengendalian dilakukan dengan penetapan baku mutu buangan (BMB).
2. Simpul 2: pencegan dilakukan pada media lingkungan (tanah, air, udara, vektor, dan pangan) yang terkena dampak. Kegiatan yang dilakukan adalah pemantauan parameter pada tiap media lingkungan.
3. Simpul 3: pencegahan dilakukan pada penerima bahan cemar (individu/komunitas). Karena dampak pencemaran diterima oleh manusia baik secara individu maupun komunitas, maka pencegahan yang dilakukan adalah dengan penggunaan alat pelindung diri (APD).

4. Simpul 4: pencegahan terhadap gejala, sakit, dan gangguan kesehatan.

Berdasarkan Peraturan Pemerintah No. 101 Tahun 2014 tentang pengelolaan limbah B3, mitigasi lingkungan terdiri dari:

1. Menghindarkan dampak suatu kegiatan dengan melakukan pembatalan, modifikasi atau menghilangkan beberapa tahapan tertentu.
2. Memperkecil dampak dengan membatasi skala kegiatan.
3. Memperbaiki sesuatu yang merusak lingkungan dengan pengelolaan yang tepat dan efisien.
4. Mengurangi atau menghilangkan dampak yang sedang terjadi dengan pengelolaan yang tepat dan efisien.
5. Memberikan kompensasi suatu dampak melalui relokasi, pembangunan fasilitas baru, pembuktian yang masuk akal (Sound proofing) dan penyejukan (air coditioning).
6. Memberikan perlakuan yang sebaik-baiknya terhadap semua yang terkena dampak.
7. Melakukan daur ulang material.
8. Memanfaatkan energi yang paling minimal menghasilkan limbah.

7.3.1 Pencegahan Melalui Administratif

Yang berperan dalam pencegahan melalui administratif adalah pemerintah. Tugas pemerintah menyusun undang-undang perlindungan lingkungan dan beberapa peraturan yang lebih spesifik. Beberapa contoh peraturan yang telah dikeluarkan oleh pemerintah yaitu melarang pabrik menghasilkan produk yang dapat mencemari lingkungan, industri diwajibkan memiliki unit-unit pengolahan limbah padat, cair, dan gas, pabrik harus mengelola sampah dengan aman, dilakukan analisis mengenai dampak lingkungan (AMDAL) sebelum mendirikan sebuah pabrik, dan pemerintah mengeluarkan standar baku mutu lingkungan (Atap, 2021).

7.3.2 Pencegahan dengan Teknologi

Mengembangkan teknologi untuk mengolah limbah dan mengelola sampah. Sebagai contoh adalah di Surabaya telah menggunakan insenerator di tempat pembuangan akhir sampah. Insenerator tersebut menggunakan suhu yang sangat tinggi sehingga tidak menghasilkan asap (Atap, 2021).

7.3.3 Pencegahan Melalui Undang-undang

Penegakan hukum lingkungan merupakan aspek yang penting untuk dibahas secara tersendiri dan mendalam. Supaya penegakan hukum lingkungan dapat dilakukan dengan baik, diperlukan reformasi di bidang hukum lingkungan yang terdiri dari empat aspek (A. Sonny Keraf, 2005):

1. Reformasi legislasi (legislation reform). Bertujuan untuk menjamin adanya partisipasi publik dalam ikut merumuskan peraturan perundang-undangan di bidang lingkungan hidup. Partisipasi ini juga dibuka bagi semua kelompok. Apabila substansi perumusan peraturan perundang-undangan tidak menjamin kepentingan lingkungan hidup dan prosesnya melangkahi rakyat, maka dapat menyebabkan pembangkangan rakyat (civil disobedience) terhadap peraturan tersebut.
2. Reformasi pengadilan (judicial reform). Reformasi pengadilan mencakup beberapa hal. Pertama, prinsip independensi yang menuntut agar lembaga pengadilan benar-benar netral dan tidak memihak kepada kepentingan kelompok tertentu, kecuali memihak pada kebenaran dan keadilan di bidang lingkungan hidup. Kedua, lembaga pengadilan harus profesional. Ketiga, menjalankan prinsip akuntabilitas yang dapat dipertanggungjawabkan secara hukum dan moral. Keempat, terjaminnya prinsip partisipasi masyarakat. Kelima, adanya transparansi dalam pelaksanaan kekuasaan pengadilan, proses dan keputusan pengadilan.
3. Reformasi aparat penegak hukum (enforcement apparatus reform). Dilakukan dengan meningkatkan profesionalisme aparat penegak hukum lingkungan dengan peningkatan pengetahuan, keterampilan,

dan pengalaman dalam menangani kasus-kasus pelanggaran hukum lingkungan.

4. Reformasi budaya hukum (legal culture reform). Terdiri dari tiga aspek, yaitu budaya hukum tergantung dari reformasi ketiga aspek, mengandalkan pemahaman yang memadai tentang hukum lingkungan dan pentingnya lingkungan hidup bagi kehidupan manusia maupun kelangsungan lingkungan hidup sendiri, budaya hukum dapat terbentuk dengan baik dengan penyelenggaraan pemerintahan yang baik.

7.3.4 Pencegahan dengan Cara Edukatif

Pendidikan baik secara formal maupun nonformal merupakan salah satu pencegahan pencemaran lingkungan. Dalam pendidikan formal dapat dimasukkan materi khusus tentang lingkungan hidup dalam suatu kajian materi. Dalam pendidikan beragama juga disampaikan kebaikan-kebaikan dalam melakukan pelestarian lingkungan hidup. Pendidikan non formal dapat melalui FGD, penyuluhan, serta pengembangan pemberdayaan masyarakat dalam meningkatkan pelestarian lingkungan hidup (Atap, 2021).

7.4 Pengawasan Pencemaran Lingkungan

Tujuan dilakukan pengawasan lingkungan hidup adalah untuk memantau, mengevaluasi, dan menetapkan status ketaatan penanggungjawab usaha dan/atau kegiatan terhadap peraturan perundang-undangan di bidang pengendalian pencemaran dan perusakan lingkungan hidup. Sasaran pengawasan berupa diperolehnya data dan informasi fakta-fakta yang menggambarkan kinerja atau status ketaatan suatu usaha dan/atau kegiatan terhadap peraturan perundang-undangan di bidang pengendalian pencemaran lingkungan dan/atau kerusakan lingkungan, serta perizinan yang terkait.

Tahap pengawasan pencemaran lingkungan dimulai dari perencanaan, pelaksanaan, evaluasi, pelaporan, dan presentasi hasil (Riyanto, 2019).

1. Perencanaan

Perencanaan dilakukan dengan menentukan tujuan, pembuatan jadwal kerja, pengumpulan daftar peraturan yang berlaku (Undang-undang dan peraturan), dan melakukan observasi lapangan. Proses perencanaan pengawasan lingkungan dilakukan melalui:

- a. Identifikasi dampak lingkungan. Semua dampak lingkungan (primer, sekunder, tersier) akibat dari suatu kegiatan diidentifikasi dengan menggunakan data sekunder, wawancara, atau pengamatan lingkungan.
- b. Perumusan parameter keberhasilan program mitigasi lingkungan. Hal ini supaya dapat menggambarkan kondisi awal dan selama proses mitigasi yang dilakukan pada suatu wilayah. Selain itu juga dapat mempermudah proses evaluasi terhadap pelaksanaan mitigasi lingkungan.

2. Pelaksanaan

Tahapan pelaksanaan yang dilakukan adalah:

- a. Menerapkan penggunaan teknologi yang ramah lingkungan pada pengelolaan sumber daya alam, baik yang dapat maupun yang tidak dapat diperbaharui dengan memperhatikan daya dukung dan daya tampung.
- b. Penegakan hukum secara adil dan konsisten, untuk menghindari terjadinya pencemaran lingkungan dan kerusakan sumber daya alam.
- c. Memberikan kewenangan dan tanggungjawab secara bertahap terhadap pengelolaan sumber daya alam dan lingkungan hidup.
- d. Penerapan indikator yang efektif sehingga dapat digunakan untuk mengetahui keberhasilan dari pengelolaan sumber daya alam dan lingkungan hidup.
- e. Mengikutsertakan masyarakat dalam rangka menanggulangi masalah lingkungan global.

3. Evaluasi

Evaluasi dilakukan untuk mengemukakan keefektifan program, penilaian parameter spesifik yang terkait dalam proses pengendalian lingkungan, dan ketaatan pengelola pada aturan yang tercantum dalam peraturan pengendalian lingkungan. Pelaksanaan evaluasi dapat secara insidental, yaitu dapat dilakukan sewaktu-waktu jika diduga terjadi pencemaran dan pengrusakan lingkungan. Dapat pula dilakukan jika ada pengaduan dari masyarakat tentang:

- a. Adanya dugaan pencemaran dan/atau kerusakan lingkungan yang berdampak penting atau meresahkan masyarakat.
- b. Adanya bencana yang berdampak terhadap lingkungan.

4. Pelaporan

Pelaporan berisi tentang profil pengelola sumber daya alam, kondisi lingkungan setempat pada saat kunjungan, data dan informasi tentang pengendalian pencemaran. Data dan informasi tersebut harus dapat dipertanggungjawabkan secara hukum dan ilmiah, sehingga harus memenuhi syarat berikut:

- a. Harus jelas dan sistematis
- b. Akurat, aktual, dan faktual
- c. Harus fokus dengan tujuan pengawasan
- d. Bukan berasal dari pendapat, pandangan, dan asumsi pribadi
- e. Didukung dengan data atau bukti, dan dokumen pendukung, seperti foto dan berita acara yang disebutkan secara jelas.

5. Presentasi hasil

Format isi laporan pengawasan pengelolaan sumber daya alam disesuaikan dengan yang baku, terdiri dari:

- a. Pendahuluan
- b. Kegiatan lapangan
- c. Analisis yuridis/ketaatan
- d. Kesimpulan dan saran tindak
- e. Lampiran

Format laporan mitigasi pencemaran lingkungan harus dapat menggambarkan efektivitas mitigasi pencemaran lingkungan yang

dilaksanakan dan kendala-kendala yang dihadapi. Sistematika laporan berisi tentang:

- a. Pendahuluan
- b. Metodologi, terdiri dari metode identifikasi, metode pengumpulan dan analisis data, dan metode evaluasi
- c. Dampak lingkungan yang harus ditangani, berisikan kondisi lingkungan dan dampak lingkungan. Dampak lingkungan yang ditangani berisikan sumber dampak dan dampak yang dapat terjadi.
- d. Program mitigasi lingkungan

Bab 8

Pemanasan Global

8.1 Pendahuluan

Pemanasan global dipahami sebagai hasil dari meningkatnya panas matahari secara menyeluruh di sekitar bumi karena diselimuti oleh “gas rumah kaca”, terutama CO₂ dan metana. Emisi CO₂ telah meningkat dengan kecepatan yang belum pernah terjadi sebelumnya dalam sejarah manusia, karena meningkatnya pembakaran bahan bakar fosil yang dimulai pada revolusi industri. Secara keseluruhan, suhu global saat ini diperkirakan 1°C lebih besar dari tingkat pra-industri (rata-rata antara 1850-1900) dan akan meningkat sebesar 0,2°C per dekade (IPCC 2018).

Efek dari “perubahan iklim” yang dihasilkan tidak merata dan bahkan dapat menghasilkan pendinginan lokal jika arus hangat berubah arah. Perubahan iklim juga dapat memicu perubahan lainnya dan efeknya bisa dirasakan lebih awal. Kompleksitas yang sifatnya saling berhubungan dari sistem bumi menunjukkan bahwa pemanasan global menyebabkan segudang efek beragam bisa muncul. Efek tersebut meliputi perubahan tingkat curah hujan lebih tidak menentu, rusaknya pola cuaca, mencairnya es di kutub menyebabkan naiknya permukaan air laut, dan membuat lingkungan yang layak huni untuk kehidupan menjadi kurang stabil, (Louis Everuss and Constance Lever-Tracy, 2020).

Kenaikan suhu planet yang terus-menerus benar-benar mengkhawatirkan. Akar penyebabnya adalah pemanasan global. Pemanasan global dimulai ketika sinar matahari mencapai bumi. Awan, partikel atmosfer, permukaan tanah yang memantulkan cahaya, dan permukaan lautan kemudian mengirimkannya kembali sekitar 30% sinar matahari kembali ke angkasa, sementara sisanya diserap oleh lautan, udara, dan daratan. Dengan kembalinya sebagian sinar matahari mengakibatkan memanasnya permukaan planet dan atmosfer, pada kondisi ini membuat kehidupan masih layak. Saat Bumi memanas, energi matahari dipancarkan oleh radiasi termal dan sinar infra merah, menyebar langsung ke luar angkasa sehingga mendinginkan bumi. Namun, beberapa radiasi yang keluar diserap kembali oleh karbon dioksida, uap air, ozon, metana, dan gas lainnya di atmosfer lalu dipancarkan kembali ke permukaan bumi. Gas-gas ini umumnya dikenal sebagai gas rumah kaca karena kemampuannya memerangkap panas. Harus dicatat bahwa proses penyerapan kembali ini sebenarnya bagus karena suhu rata-rata permukaan bumi akan sangat dingin jika tidak ada gas rumah kaca. Dilema dimulai ketika konsentrasi gas rumah kaca di atmosfer secara artifisial meningkat oleh kegiatan manusia. Tingkat yang sangat mengkhawatirkan sejak dua abad terakhir ini. Pada tahun 2004, lebih dari 8 miliar ton karbon dioksida disinyalir sebagai penyebab peningkatan kadar gas rumah kaca. Fenomena ini dikenal sebagai efek pemanasan global. Pengamatan baru-baru ini mengenai pemanasan global telah memperkuat teori bahwa, efek rumah kaca dihasilkan dari aktivitas manusia yang menyebabkan planet ini memanas. Planet ini telah mengalami peningkatan suhu permukaan terbesar selama 100 tahun terakhir. Antara tahun 1906 dan 2006, suhu rata-rata permukaan bumi meningkat antara 0,6 hingga 0,9 derajat Celcius per tahun.

Jutaan pon gas metana dihasilkan di tempat pembuangan sampah dan dekomposisi pertanian dari biomassa dan kotoran hewan. Nitrous oksida dilepaskan ke atmosfer oleh berbagai pupuk berbasis nitrogen termasuk urea dan diammonium fosfat dan pemanfaatan pengelolaan tanah lainnya. Setelah dilepaskan, gas rumah kaca ini tetap berada di atmosfer selama beberapa dekade atau bahkan lebih lama. Menurut Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), tingkat karbon dioksida dan metana meningkat sebesar 35% dan 148% sejak revolusi industri tahun 1750, (Umair Shahzad, 2015).

8.2 Penyebab Pemanasan Global

Bahan bakar fosil seperti batu bara, minyak dan gas alam sejauh ini merupakan penyumbang terbesar terhadap perubahan iklim global, menyumbang lebih dari 75 persen emisi gas rumah kaca global dan hampir 90 persen dari semua emisi karbon dioksida.

Kegiatan manusia seperti pertanian, pembangunan jalan, dan penggundulan hutan dapat mengubah reflektivitas permukaan bumi. Hal ini dapat menyebabkan pemanasan atau pendinginan lokal. Efek ini diamati di pulau-pulau panas. Hasilnya di pusat perkotaan lebih terasa hangat daripada daerah sekitarnya yang berpenduduk lebih sedikit. Salah satu alasan mengapa area ini lebih hangat adalah karena bangunan, trotoar, dan atap cenderung memantulkan lebih sedikit sinar matahari daripada permukaan alami, (Fahey, D. W. Et al, 2017).

Pemanasan global adalah panas ekstra di atmosfer bumi yang menyebabkan kenaikan suhu global. Pemanasan global terus mengalami kenaikan dan menyebabkan perubahan iklim. Perubahan iklim dapat menyebabkan naiknya permukaan air laut, kehancuran masyarakat, serta kondisi cuaca yang ekstrim. Berikut adalah 10 penyebab pemanasan global yang berkontribusi terhadap krisis iklim.

Emisi partikel kecil, yang dikenal sebagai aerosol, ke udara juga dapat menyebabkan refleksi atau penyerapan energi matahari. Banyak jenis polutan udara mengalami reaksi kimia di atmosfer untuk menciptakan aerosol. Secara keseluruhan, aerosol yang dihasilkan manusia memiliki efek pendinginan bersih di bumi. Pelajari lebih lanjut tentang aerosol buatan manusia dan alami.

Pemanasan global terjadi ketika karbon dioksida (CO₂) dan gas lainnya seperti, metana, dinitrogen oksida, uap air, dan gas sintetis yang berfluorinasi terkumpul di atmosfer dan menyerap sinar matahari yang dipantulkan ke permukaan bumi. Biasanya radiasi akan lolos ke luar angkasa, tetapi CO₂ dan gas lainnya dapat bertahan selama bertahun-tahun hingga berabad-abad di atmosfer dan menangkap panas sehingga menyebabkan planet menjadi lebih panas. Fenomena ini dikenal sebagai gas rumah kaca, dan dampaknya disebut efek rumah kaca.

Meskipun siklus alam dan fluktuasi telah menyebabkan iklim bumi berubah beberapa kali selama 800.000 tahun terakhir, era pemanasan global kita saat ini

secara langsung disebabkan oleh aktivitas manusia, khususnya pembakaran bahan bakar fosil seperti batu bara, minyak, bensin, dan bahan bakar alami. Gas ini semua yang mengakibatkan efek rumah kaca. Di Amerika Serikat, sumber terbesar gas rumah kaca adalah transportasi (29 persen), diikuti oleh produksi listrik (28 persen) dan aktivitas industri (22 persen).

Sejak abad ke-19, banyak peneliti yang bekerja di berbagai disiplin ilmu telah berkontribusi untuk meningkatkan pemahaman tentang suasana dan sistem iklim global. Kekhawatiran di antara ilmuwan tentang pemanasan global dan perubahan iklim yang disebabkan oleh manusia (atau "antropogenik") muncul pada pertengahan abad ke-20, tetapi sebagian besar perdebatan ilmiah dan politik tentang masalah ini baru dimulai pada 1980-an. Saat itu, para ilmuwan iklim terkemuka sepakat bahwa banyak perubahan yang sedang berlangsung pada sistem iklim global sebagian besar disebabkan oleh pelepasan gas-gas rumah kaca ke atmosfer. Sebagian besar gas rumah kaca dilepaskan dari pembakaran bahan bakar fosil, pemanasan, kegiatan memasak, pembangkit listrik, transportasi, dan manufaktur. Namun ada juga yang dilepaskan sebagai hasil dari dekomposisi alami bahan organik, seperti: kebakaran hutan, deforestasi, dan kegiatan pembukaan lahan, (Henrik Selin, 2022).

Hampir semua negara memancarkan gas rumah kaca, tetapi negara-negara industri tinggi dan negara-negara berpenduduk lebih banyak mengeluarkan jumlah yang jauh lebih besar daripada yang lain. Negara-negara di Amerika Utara dan Eropa yang pertama menjalani proses industrialisasi. Negara ini berkontribusi dalam melepaskan sebagian besar gas rumah kaca secara kumulatif sejak awal revolusi industri pada pertengahan abad ke-18. Sekarang ini negara-negara tersebut dengan negara-negara berkembang besar seperti Cina dan India, terus mengembangkan industrialisasinya sehingga berdampak pada meningkatnya pelepasan gas rumah kaca. Amerika Serikat yang memiliki sekitar 5 persen dari populasi global mengeluarkan hampir 21 persen gas rumah kaca pada tahun 2000. Pada tahun yang sama, 25 negara anggota Uni Eropa (EU) yang memiliki populasi sekitar 450 juta orang, mengeluarkan 14 persen dari semua gas rumah kaca antropogenik. Angka ini kira-kira sama dengan pecahan yang dikeluarkan oleh 1,2 miliar orang Cina. Pada tahun 2000, rata-rata orang Amerika mengeluarkan 24,5 ton gas rumah kaca, rata-rata orang yang tinggal di UE melepaskan 10,5 ton, dan rata-rata orang yang tinggal di Cina hanya mengeluarkan 3,9 ton. Meskipun emisi gas rumah kaca per kapita Cina tetap jauh lebih rendah daripada Uni Eropa dan Amerika

Serikat, namun pada tahun 2006 dianggap sebagai penghasil gas rumah kaca terbesar saat itu, (Henrik Selin, 2022).

Menurut hasil penelitian, peningkatan gas rumah kaca ada kaitannya dengan peningkatan kepadatan penduduk dan kemakmuran populasi suatu daerah, (Zehr 2015). Analisis lain juga menunjukkan bahwa pemanasan global dihasilkan oleh fitur negara tertentu, seperti tingkat ketidaksetaraan tanah, penetrasi modal asing dan ketergantungan ekspor suatu negara (Crenshaw dan Jenkins 1996).

Penyebab utama pemanasan global adalah gas rumah kaca. Gas yang dimaksud adalah karbon dioksida, metana, dinitrogen oksida dan dalam beberapa kasus yang lain senyawa klorin dan bromin diyakini juga penyebab terjadinya pemanasan global. Penumpukan gas-gas ini di atmosfer mengubah kesetimbangan radiasi di atmosfer. Efek keseluruhannya adalah menghangatkan permukaan bumi dan atmosfer karena gas rumah kaca menyerap sebagian radiasi yang keluar dari bumi dan memancarkannya kembali ke permukaan. Pemanasan bersih dari tahun 1850 hingga akhir abad ke-20 setara dengan hampir $2,5 \text{ W/m}^2$ dengan kontribusi karbon dioksida sekitar 60% dari angka ini, metana sekitar 25%, dan dinitrogen oksida dan halokarbon sebagai sisanya. Pada tahun 1985, Joe Farman, dari British Antarctic Survey, menerbitkan sebuah artikel yang menunjukkan penurunan tingkat ozon di Antartika selama awal 1980-an. Tanggapannya mengejutkan: program ilmiah internasional skala besar digunakan untuk membuktikan bahwa *Chloro Fluoro Carbon* (CFC) yang digunakan sebagai propelan aerosol dalam cairan pembersih industri dan alat pendingin adalah penyebab masalahnya. Bahkan yang lebih penting adalah tindakan internasional yang tiba-tiba mengekang emisi CFC. Penyebab utama kedua dari pemanasan global adalah penipisan lapisan ozon, (Umair Shahzad, 2015).

Hal ini terjadi terutama karena adanya gas sumber yang mengandung klorin. Ketika sinar ultraviolet hadir, gas-gas ini melepaskan atom klorin yang kemudian mengkatalisis penghancuran ozon. Aerosol yang ada di atmosfer juga menyebabkan pemanasan global dengan mengubah iklim dalam dua cara berbeda. Pertama, aerosol menyebar lalu menyerap radiasi matahari dan inframerah. Kedua, aerosol mengubah sifat mikrofisika dan kimia awan. Hamburan radiasi matahari bertindak untuk mendinginkan planet ini, sementara penyerapan radiasi matahari oleh aerosol menghangatkan udara secara langsung dan juga membiarkan sinar matahari diserap oleh permukaan bumi. Kontribusi manusia terhadap jumlah aerosol di atmosfer bermacam-

macam bentuknya. Misalnya, debu adalah produk sampingan dari pertanian. Pembakaran biomassa menghasilkan campuran tetesan organik dan partikel jelaga. Banyak proses industri menghasilkan keragaman aerosol dan semuanya tergantung pada apa yang dibakar atau dihasilkan dalam proses manufaktur. Selain itu, emisi gas buang dari berbagai jenis transportasi menghasilkan campuran polutan yang mengandung aerosol, ataupun aerosol yang diubah oleh reaksi kimia di atmosfer. (Umair Shahzad, 2015).

8.3 Efek Rumah Kaca

Sementara planet-planet lain di tata surya sedang panas atau sangat dingin, permukaan bumi memiliki suhu yang relatif ringan dan stabil. Suhu bumi bisa terasa karena atmosfernya, yang merupakan lapisan tipis gas yang menutupi dan melindungi planet ini. Namun, 97% ilmuwan dan peneliti iklim setuju bahwa manusia telah mengubah atmosfer bumi secara dramatis selama dua abad terakhir yang mengakibatkan pemanasan global. Untuk memahami pemanasan global, pertama-tama perlu mengenal efek rumah kaca. Efek rumah kaca alami biasanya mengabsorpsi sebagian panas sedemikian rupa sehingga planet kita aman dari mencapai suhu beku sementara efek rumah kaca yang meningkat karena akibat manusia menyebabkan pemanasan global. Hal ini disebabkan pembakaran bahan bakar fosil yang meningkatkan jumlah gas rumah kaca (karbon dioksida, metana dan oksida nitrogen) yang ada di atmosfer. (Marc. L, 2015).

Pertukaran radiasi masuk dan keluar yang memanaskan bumi sering disebut sebagai efek rumah kaca karena dinding rumah kaca bekerja dengan cara yang sama. Radiasi ultraviolet yang masuk dengan mudah melewati dinding kaca rumah dan diserap oleh tanaman dan permukaan keras di dalamnya. Radiasi inframerah yang lebih lemah, mengalami kesulitan melewati dinding kaca dan terperangkap di dalam, sehingga menyebabkan rumah kaca menjadi hangat. Efek ini memungkinkan tanaman tropis tumbuh subur di dalam rumah kaca, bahkan selama musim dingin.

Fenomena serupa terjadi di mobil yang diparkir di luar pada hari yang cerah dan dingin. Radiasi matahari yang masuk menghangatkan bagian dalam mobil tetapi radiasi panas yang keluar terperangkap di dalam jendela mobil yang tertutup, sehingga hal inilah yang menyebabkan mobil menjadi hangat.

Fenomena ini terjadi sedemikian rupa sehingga udara panas tidak naik dan tidak kehilangan energi seperti biasanya, (Umair Shahzad, 2015).

Menurut Michael Daley, seorang Professor Ilmu Lingkungan di Lasell College: "Molekul gas yang menyerap radiasi termal inframerah dan dalam jumlah yang cukup signifikan, dapat merubah sistem iklim. Jenis molekul gas ini disebut gas rumah kaca". Karbon dioksida dan gas rumah kaca lainnya bertindak seperti mantel, menyerap radiasi inframerah dan mencegahnya keluar ke luar angkasa, sehingga pemanasan atmosfer teratur dan juga permukaan bumi.

Efek rumah kaca disertai dengan peningkatan kadar gas rumah kaca dan pemanasan global yang dihasilkan, memiliki implikasi filosofis. Jika pemanasan global terus berlanjut tanpa terkendali dan tidak ada tindakan efektif yang dilakukan untuk membatasi perilaku ini, maka akan menyebabkan perubahan iklim yang signifikan seperti: kenaikan permukaan laut, peristiwa cuaca ekstrim, dampak alam yang negatif, lingkungan, dan sosial ekstrim lainnya, (Umair Shahzad, 2015).

Memprediksi konsekuensi dari pemanasan global adalah salah satu tugas paling sulit yang dihadapi oleh para peneliti iklim. Hal ini disebabkan karena banyak faktor alami yang beragam yang sulit diprediksi, seperti: hujan, hujan salju, badai es, kenaikan permukaan laut. Selain itu, sangat sulit untuk memprediksi besarnya emisi gas rumah kaca di tahun-tahun mendatang karena hal itu sangat ditentukan oleh kemajuan teknologi dan keputusan politik. Pemanasan global menghasilkan banyak efek negatif, antara lain: Uap air berlebih yang ada di atmosfer jatuh lagi sebagai hujan yang menyebabkan banjir di berbagai wilayah di dunia. Saat cuaca menjadi lebih hangat, proses penguapan dari darat dan laut meningkat. Hal ini menyebabkan kekeringan di daerah di mana proses penguapannya meningkat dan tidak dibarengi dengan peningkatan curah hujan. Di beberapa daerah di dunia, akan mengakibatkan gagal panen dan kelaparan terutama di daerah yang suhunya sudah tinggi.

Kota-kota dan desa-desa yang bergantung pada sumber air dari pegunungan bersalju dapat mengalami kekeringan dan kelangkaan pasokan air. Itu karena gletser di seluruh dunia menyusut dengan kecepatan yang sangat cepat dan pencairan es tampaknya lebih cepat dari yang diprediksi sebelumnya. Menurut Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), sekitar seperenam dari total populasi dunia akan terkena dampak penurunan pencairan air. Iklim yang lebih hangat kemungkinan akan menyebabkan lebih banyak gelombang panas,

curah hujan yang lebih deras, dan juga frekuensi keparahan hujan es dan badai petir akan meningkat. Naiknya permukaan laut adalah dampak paling mematikan dari pemanasan global, kenaikan suhu menyebabkan es dan gletser mencair dengan cepat. Hal ini akan menyebabkan naiknya permukaan air di lautan, sungai dan danau yang dapat menyebabkan banjir, (Umair Shahzad, 2015).

8.4 Rumusan Kebijakan Perubahan Iklim

Respon politik terhadap pemanasan global bervariasi. Dampak pemanasan global internasional menyebabkan dikembangkannya kerangka kerja mitigasi, seperti Perjanjian Paris 2016. Dalam perjanjian ini diupayakan membatasi peningkatan suhu bumi rata-rata hingga 2°C di atas tingkat pra-industri. Pajak karbon dan kebijakan perdagangan juga telah diterapkan di pasar domestik, termasuk Uni Eropa dan Negara Bagian Amerika California. Tetapi masih banyak pemerintah enggan mengambil tindakan karena akan berisiko menghambat pertumbuhan ekonomi. Akibatnya emisi rumah kaca terus meningkat dari tahun ke tahun. Hal ini menyebabkan para ahli berpendapat bahwa dunia sudah mendekati titik kritis dan menuju ke perusakan lingkungan dan pada akhirnya tidak mungkin untuk kembali menjadi normal (Lontzek, dkk. 2015). Ini juga telah memotivasi gerakan lingkungan global, seperti 'Extinction' Rebellion', di mana warga negara berusaha untuk menekan pemerintah mereka agar bertindak.

Langkah pertama dalam merumuskan kebijakan publik tentang pemanasan global dan perubahan iklim adalah mengumpulkan data ilmiah dan sosial ekonomi yang relevan. Pada tahun 1988, *Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC)* didirikan oleh Organisasi Meteorologi Dunia dan Program Lingkungan Perserikatan Bangsa-Bangsa.

IPCC diberi mandat untuk menilai dan meringkas data ilmiah, teknis, dan sosial ekonomi terbaru tentang perubahan iklim dan mempublikasikan temuannya dalam laporan yang disajikan kepada organisasi internasional dan pemerintah nasional di seluruh dunia. Ribuan ilmuwan dan pakar terkemuka dunia di bidang pemanasan global dan perubahan iklim telah bekerja di bawah IPCC. Mereka melaporkan serangkaian hasil penilaian utama pada tahun 1990, 1995, 2001, 2007, dan 2014. Laporan tersebut mengevaluasi dasar ilmiah pemanasan global dan perubahan iklim, isu-isu utama yang berkaitan dengan

pengurangan emisi gas rumah kaca, dan proses penyesuaian terhadap perubahan iklim, (Henrik Selin, 2022).

Laporan IPCC pertama yang diterbitkan pada tahun 1990, menyatakan bahwa banyak data menunjukkan bahwa aktivitas manusia memengaruhi variabilitas sistem iklim; namun demikian, penulis laporan tidak dapat mencapai konsensus tentang penyebab dan efek pemanasan global dan perubahan iklim pada saat itu. Laporan IPCC 1995 menyatakan bahwa keseimbangan bukti menunjukkan "pengaruh manusia yang nyata terhadap iklim". Laporan IPCC 2001 mengkonfirmasi temuan sebelumnya dan menyajikan bukti yang lebih kuat bahwa sebagian besar pemanasan selama 50 tahun sebelumnya disebabkan oleh aktivitas manusia. Laporan tahun 2001 juga mencatat bahwa perubahan iklim regional yang diamati mulai memengaruhi banyak sistem fisik dan biologis dan ada indikasi bahwa sistem sosial dan ekonomi juga terpengaruh, (Henrik Selin, 2022).

Laporan keempat IPCC dikeluarkan pada tahun 2007, menegaskan kembali kesimpulan utama dari laporan sebelumnya, tetapi penulis juga melaporkan apa yang dianggap sebagai hal yang konservatif. Dalam laporan mereka, yang mereka yakini 90 persen kebenarannya, menyatakan bahwa sebagian besar pemanasan yang diamati selama setengah abad sebelumnya disebabkan oleh pelepasan gas rumah kaca melalui banyak aktivitas manusia. Baik laporan tahun 2001 maupun 2007 menyatakan bahwa selama abad ke-20 telah terjadi peningkatan suhu permukaan global rata-rata sebesar $0,6^{\circ}\text{C}$ ($1,1^{\circ}\text{F}$), dengan margin kesalahan $\pm 0,2^{\circ}\text{C}$ ($0,4^{\circ}\text{F}$). Sementara laporan tahun 2001 memperkirakan kenaikan tambahan suhu rata-rata sebesar $1,4$ hingga $5,8^{\circ}\text{C}$ ($2,5$ hingga $10,4^{\circ}\text{F}$) pada tahun 2100. Laporan tahun 2007 menyempurnakan perkiraan peningkatan menjadi $1,8$ – $4,0^{\circ}\text{C}$ ($3,2$ – $7,2^{\circ}\text{F}$) pada akhir abad ke-21. Prakiraan tersebut didasarkan pada pemeriksaan berbagai skenario yang mencirikan tren masa depan dalam emisi gas rumah, (Henrik Selin, 2022).

Menurut IPCC, untuk menjaga pemanasan global di bawah 2°C , emisi karbon dioksida (CO_2) dan gas rumah kaca lainnya harus dikurangi setengahnya pada tahun 2050 dibandingkan tahun 1990. Negara-negara maju perlu mengurangi lebih banyak, antara 80% sampai 95% pada tahun 2050; negara berkembang kategori maju dengan emisi besar (misalnya Cina, India dan Brasil) harus membatasi pertumbuhan emisinya.

Protokol Kyoto UNFCCC tahun 1997 menyetujui beberapa hal, di antaranya:
1) Langkah pertama menuju pencapaian pengurangan emisi global yang lebih

substansial. 2) Protokol Kyoto menetapkan target emisi yang mengikat negara-negara maju yang telah meratifikasi perjanjian tersebut, seperti negara-negara anggota UE serta membatasi peningkatan emisi dari negara-negara yang tersisa yang sudah berkomitmen pada periode pertama dari 2008 hingga 2012. 3) 15 Negara Anggota UE pra-2004 (UE -15) memiliki target pengurangan emisi bersama sebesar 8% di tahun 1990. Melalui "perjanjian pembagian beban" diinternal UE, beberapa Negara Anggota UE diizinkan meningkatkan emisi, sementara yang lain harus menurunkannya. Sebagian besar Negara Anggota yang bergabung dengan UE setelah 1 Mei 2004 memiliki target 6% hingga 8% dari tahun dasar mereka (kebanyakan tahun 1990), (EEA, 2014).

Emisi UE mewakili sekitar 10% dari total emisi global. Amerika Serikat, yang memiliki andil besar dari total emisi gas rumah kaca global, belum meratifikasi protokol tersebut. China dan beberapa negara lain dengan emisi gas rumah kaca yang besar tidak memiliki target emisi yang mengikat di dalam perjanjian protokol. Setiap negara diharapkan untuk memenuhi target mereka terutama melalui kebijakan dan tindakan domestik. Mereka dapat memenuhi sebagian dari target pengurangan emisi mereka dengan berinvestasi dalam proyek pengurangan emisi di negara berkembang (Clean Development Mechanism, CDM) atau di negara maju (Joint Implementation, JI)). CDM juga dimaksudkan untuk mendukung pembangunan berkelanjutan, misalnya dengan membiayai proyek-proyek energi terbarukan, (EEA, 2014).

Perjanjian Cancun, diadopsi pada Konferensi iklim PBB di Meksiko (Desember 2010), termasuk paket dukungan keuangan, teknologi, dan pengembangan kapasitas yang komprehensif untuk membantu negara berkembang beradaptasi dengan perubahan iklim dan mengadopsi jalur berkelanjutan menuju ekonomi rendah emisi.

Perjanjian ini juga mencakup jadwal untuk pemantauan agar tujuan menjaga rata-rata kenaikan suhu global di bawah 2°C tercapai. Perjanjian juga menegaskan bahwa negara-negara maju akan memobilisasi USD 100 miliar dalam pendanaan iklim bagi negara berkembang setiap tahun pada tahun 2020, dan membangun Green Climate Fund sebagai wadah untuk menyalurkan sebagian besar dana.

Platform Durban, diadopsi pada konferensi PBB di Afrika Selatan (Des 2011) yang menyepakati peta jalan menuju kerangka hukum baru pada tahun 2015. Kesepakatan ini berlaku untuk semua pihak dalam konvensi PBB. Platform Durban juga sudah mengetahui komitmen periode kedua dari Protokol Kyoto,

yaitu mulai tahun 2013 menyepakati akan tercapainya desain dan pengaturan tata kelola *Green Climate Fund*.

Sebagian besar kebijakan lingkungan ditargetkan pada tujuan tertentu: yaitu, pengurangan emisi gas rumah kaca, pencapaian sementara target mengenai tingkat konsentrasi polutan udara, perbaikan kualitas air dll. Ini adalah target kebijakan atau tingkat kebijakan. Untuk mencapai target yang sudah direncanakan, beberapa pilihan kebijakan yang perlu dilakukan di antaranya: penetapan standar, pajak lingkungan, kampanye informasi ke publik, kesepakatan yang dinegosiasikan, dll. Banyak dari pilihan ini dapat digabungkan sehingga langkah-langkah kebijakan menjadi kebijakan campuran. Setiap instrumen kebijakan atau campuran instrumen dapat berdampak pada tingkat kebijakan yang bukan merupakan sasaran langsung dari kebijakan yang bersangkutan.

Dengan demikian, kebijakan perubahan iklim yang melibatkan langkah-langkah untuk mengurangi tingkat emisi karbon dioksida mungkin juga berdampak pada sejumlah efek lain, misalnya:

1. Berdampak pada pengurangan nitrogen oksida, partikel dan oksida belerang;
2. Mengurangi dampak bahaya lainnya seperti kebisingan lalu lintas, kecelakaan di jalan, dan mengurangi semua kerusakan terkait transportasi karena pengendalian emisi CO₂.

8.5 Adaptasi Terhadap Perubahan Iklim

Adaptasi berarti mengantisipasi dampak perubahan iklim dan mengambil tindakan yang tepat untuk mencegah atau meminimalkan kerusakan yang dapat ditimbulkannya atau memanfaatkan peluang. Tindakan awal akan menghemat kerusakan dan berdampak pada penghematan biaya. Strategi adaptasi diperlukan di semua tingkat pemerintahan, dari lokal hingga tingkat internasional.

Mitigasi mengurangi perubahan iklim melibatkan pengurangan gas rumah kaca yang mengabsorpsi panas ke atmosfer, baik dengan mengurangi sumber gas-gas tersebut (misalnya, pembakaran bahan bakar fosil untuk listrik, panas

atau transportasi) atau meningkatkan “penyerap” yang mengumpulkan dan menyimpan gas-gas ini (seperti lautan, hutan, dan tanah). Tujuan dari mitigasi adalah untuk menghindari campur tangan manusia terhadap kerusakan sistem iklim, dan “menstabilkan tingkat gas rumah kaca dalam jangka waktu yang cukup serta memungkinkan ekosistem beradaptasi secara alami terhadap perubahan iklim. Memastikan bahwa produksi pangan tidak terancam dan memungkinkan pembangunan ekonomi berkelanjutan”.

Adaptasi dengan kehidupan dalam iklim yang berubah melibatkan penyesuaian dengan iklim masa depan yang sebenarnya atau yang diharapkan. Tujuannya adalah untuk mengurangi kerentanan kita terhadap efek berbahaya dari perubahan iklim (seperti perambahan permukaan laut, peristiwa cuaca ekstrem yang lebih intens, atau kerawanan pangan). Hal ini juga mencakup pemanfaatan potensi peluang yang menguntungkan terkait dengan perubahan iklim (misalnya, musim tanam yang lebih panjang atau peningkatan hasil panen di beberapa wilayah).

Sepanjang sejarah, orang dan masyarakat telah menyesuaikan diri dan mengatasi perubahan iklim dan ekstrem dengan berbagai tingkat keberhasilan. Perubahan iklim (khususnya kekeringan) setidaknya ikut bertanggung jawab atas naik turunnya peradaban. Iklim bumi relatif stabil selama 12.000 tahun terakhir dan stabilitas ini sangat penting bagi perkembangan peradaban dan kehidupan modern kita seperti yang kita kenal. Kehidupan modern disesuaikan dengan iklim stabil yang sudah biasa kita alami. Saat iklim kita berubah, kita harus belajar beradaptasi. Semakin cepat perubahan iklim, semakin sulit kita untuk beradaptasi.

Sementara perubahan iklim adalah masalah global, itu dirasakan dalam skala lokal. Oleh karena itu, kota dan kotamadya berada di garis depan adaptasi. Dengan tidak adanya arah kebijakan iklim nasional atau internasional, kota-kota dan komunitas lokal di seluruh dunia telah berfokus pada pemecahan masalah iklim mereka sendiri. Mereka bekerja untuk membangun pertahanan banjir, merencanakan gelombang panas dan suhu yang lebih tinggi, memasang trotoar yang dapat menyerap air untuk menangani banjir dan air hujan dengan lebih baik serta meningkatkan penyimpanan dan penggunaan air.

Menurut laporan tahun 2014 tentang Dampak Perubahan Iklim, Adaptasi dan kerentanan dari *Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC)* tentang Perubahan Iklim Perserikatan Bangsa-Bangsa, pemerintah di berbagai tingkatan juga semakin baik dalam beradaptasi. Perubahan iklim mulai

diperhitungkan dalam berbagai rencana pembangunan: bagaimana mengelola bencana yang semakin ekstrem yang kita lihat dan risiko yang terkait, bagaimana melindungi garis pantai dan menangani perambahan permukaan laut, bagaimana mengelola lahan dan hutan dengan baik, bagaimana menangani dan merencanakan berkurangnya ketersediaan air, bagaimana mengembangkan varietas tanaman yang tahan banting dan bagaimana melindungi energi dan infrastruktur publik, (Susan Callery, 2022.)

Adaptasi memengaruhi sebagian besar sektor ekonomi dan melibatkan banyak tingkat pengambilan keputusan. Hal ini penting agar semakin terintegrasi dalam berbagai bidang kebijakan, seperti: pengurangan risiko bencana, pengelolaan wilayah pesisir, pertanian dan pembangunan pedesaan, pelayanan kesehatan, penataan ruang, pembangunan wilayah, ekosistem dan pengelolaan air. Tindakan adaptasi dapat meminimalkan kerugian dikemudian hari dan berbagai pilihan langkah adaptasi yang menjadi pertimbangan untuk dilakukan, yaitu: langkah-langkah teknologi, langkah-langkah berbasis ekosistem, dan langkah-langkah mengatasi perubahan perilaku. Langkah-langkah adaptasi termasuk: menggunakan sumber daya air yang langka secara lebih efisien, mengadaptasi kode bangunan dengan kondisi iklim yang ekstrim di masa depan, membangun pertahanan banjir dan menaikkan tingkat tanggul, mengembangkan tanaman yang toleran kekeringan, dan menyisihkan koridor tanah untuk membantu spesies bermigrasi. Enam belas negara anggota EEA telah menyiapkan Strategi Adaptasi Perubahan Iklim Nasional. Komisi Eropa menerbitkan makalah hijau pada tahun 2007 (*Adapting to climate change in Europe options for EU action*) dan buku putih pada tahun 2009 (*Adapting to climate change: Towards a European framework for action*).

Buku putih tersebut menyoroti perlunya mengutamakan adaptasi dalam semua kebijakan utama Uni Eropa, seperti: mengembangkan basis pengetahuan melalui penelitian lebih lanjut, mendukung negara berkembang untuk meningkatkan ketahanannya dan mempunyai kapasitas untuk beradaptasi dengan perubahan iklim (misalnya UNFCCC) dan mengimplementasikan platform web dalam berbagi informasi. Berbagai tindakan telah dilakukan sejak 2009 dalam mengutamakan kebijakan adaptasi di Uni Eropa. Platform Adaptasi Iklim Eropa (Climate-ADAPT), diluncurkan oleh Komisi European dalam EEA pada Maret 2012, bertujuan mendukung pengembangan strategi dan tindakan adaptasi di berbagai tingkat pemerintahan. Layanan Copernicus tentang perubahan iklim sedang dikembangkan dan melengkapi layanan yang sudah ada.

Komisi menerbitkan proposal untuk strategi adaptasi UE pada April 2013. Strategi memiliki tiga tujuan utama:

1. Mempromosikan tindakan Negara Anggota: Komisi akan mendorong semua Negara Anggota untuk mengadopsi strategi adaptasi yang komprehensif dan akan menyediakan dana untuk membantu mereka membangun kapasitas adaptasi serta membantu dalam mengambil tindakan. Kegiatan ini juga akan mendukung adaptasi di kota-kota dengan meluncurkan komitmen sukarela berdasarkan persetujuan Walikota.
2. Tindakan 'pemeriksaan iklim' di tingkat UE, dengan lebih mempromosikan adaptasi di wilayah yang rentan, seperti: sektor pertanian, perikanan dan pedoman kebijakan. Memastikan bahwa infrastruktur Eropa dibuat lebih tangguh, dan mempromosikan penggunaan asuransi bencana terhadap alam dan buatan manusia.
3. Pengambilan keputusan berdasarkan informasi, dengan mengatasi kesenjangan pengetahuan tentang adaptasi dan mengembangkan lebih lanjut platform adaptasi iklim Eropa (Climate-ADAPT) sebagai satu atap informasi adaptasi di Eropa, (EEA, 2014).

Bab 9

Radiasi Lingkungan

9.1 Pengertian Radiasi

Radiasi adalah energi yang merambat dalam bentuk gelombang atau partikel dan merupakan bagian dari lingkungan kita sehari-hari. Seseorang terkena radiasi dari sinar kosmik, serta bahan radioaktif yang ditemukan di tanah, air, makanan, udara dan juga di dalam tubuh. Sumber radiasi buatan manusia banyak digunakan dalam pengobatan, industri, dan penelitian. Ada dua jenis radiasi: radiasi pengion dan non-pengion (World Health Organization, 2022a).

Radiasi merupakan energi dari suatu sumber yang merambat melalui ruang dengan kecepatan cahaya. Energi tersebut memiliki medan magnet serta medan listrik yang saling terkait serta mempunyai sifat seperti gelombang. Radiasi disebut juga “gelombang elektromagnetik” (CDC, 2022).

Radiasi Merupakan suatu energi yang dapat berpindah dari satu tempat ke tempat lain dalam bentuk seperti gelombang atau partikel. Beberapa sumber radiasi yang paling dikenal termasuk matahari, microwave dan radio. Secara umum, radiasi memiliki risiko lebih rendah pada dosis yang lebih rendah dan risiko yang lebih tinggi pada dosis yang lebih tinggi (IAEA, 2022).

Radiasi adalah energi yang merambat melalui ruang. Radiasi non-pengion bermanfaat dalam kehidupan, akan tetapi bila terpapar secara berlebihan bisa mengakibatkan kerusakan jaringan. Semua bentuk radiasi pengion memiliki

energi yang cukup untuk mengionisasi atom yang dapat mengganggu kestabilan molekul di dalam sel dan menyebabkan kerusakan jaringan (OSHA, 2022).

Radiasi adalah energi yang dilepaskan oleh materi dalam bentuk sinar atau partikel berkecepatan tinggi. Materi tersusun dari atom. Atom terdiri atas beberapa bagian; proton dan neutron merupakan partikel kecil yang dikandung nukleus, dan elektron merupakan partikel lain yang dikandung kulit terluar atom. Inti membawa muatan listrik positif, sedangkan elektron membawa muatan listrik negatif. Gaya pada atom ini bekerja untuk mencapai keseimbangan yang kuat dan stabil dengan melalui cara membuang kelebihan energi atom (radioaktivitas). Dalam proses itu, inti yang tidak stabil dapat memancarkan sejumlah energi, dan emisi spontan inilah yang disebut radiasi (USNRC, 2022).

9.2 Sumber Radiasi

Paparan radiasi dapat terjadi secara alami, terencana (medis, pekerjaan) atau kondisi tidak disengaja melalui eksternal, internal (inhalasi, konsumsi atau penyerapan melalui luka yang terkontaminasi), atau kombinasi keduanya. Saat ini, sumber radiasi buatan yang paling umum pada manusia adalah mesin sinar-X dan radiofarmasi yang digunakan untuk diagnostik atau radioterapi dan perangkat medis lainnya (World Health Organization, 2022b).

Paparan radiasi pengion muncul dari sumber yang terjadi secara alami (seperti radiasi dari luar angkasa dan gas radon yang berasal dari batuan di bumi) dan dari sumber yang berasal dari buatan (seperti prosedur diagnostik dan terapeutik medis; bahan radioaktif yang dihasilkan dari senjata nuklir). pengujian; pembangkitan energi, termasuk melalui tenaga nuklir; kejadian yang tidak direncanakan seperti kecelakaan pembangkit listrik tenaga nuklir di Chernobyl pada tahun 1986 dan setelah gempa bumi dan tsunami besar di Jepang timur pada Maret 2011; dan tempat kerja di mana mungkin ada peningkatan paparan terhadap sumber radiasi buatan atau alami) (UNSCEAR, 2018).

Banyak bentuk "radiasi" dapat ditemui di lingkungan alam dan dihasilkan oleh teknologi modern. Kebanyakan bentuk radiasi tersebut memiliki potensi efek baik menguntungkan ataupun merugikan. sinar matahari merupakan bentuk

radiasi yang bermanfaat tapi bisa berbahaya dalam jumlah yang berlebihan. Terdapat kategori radiasi yang dikenal sebagai "radiasi pengion." Radiasi pengion seperti sinar gamma, sinar-x, partikel beta, partikel alfa, neutron, serta sinar kosmik. Radiasi pengion dapat mengganggu atom, menciptakan elektron negatif dan ion positif serta menyebabkan kerusakan biologis (Contemporary Physics Education Project, 2018).

Sumber radiasi dapat berasal dari berbagai sumber (Wahl and Labrotary, 2010)

1. Radiasi dari Luar Angkasa

Radiasi yang masuk ke atmosfer bumi dari luar angkasa dapat berasal dari radiasi bumi dan matahari atau di luar batas tata surya dan bahkan di luar galaksi Bima Sakti.

Radiasi dari luar tata surya memiliki energi yang cukup untuk menghasilkan radiasi tambahan saat melewati atmosfer bumi, menciptakan baik radionukleida di udara atau partikel sekunder. Beberapa partikel sekunder mencapai permukaan bumi—paling mudah di dekat kutub magnet di mana perisai oleh medan magnet bumi paling lemah dan pada ketinggian di mana Atmosfer bumi paling tipis. Radionuklida yang dihasilkan oleh radiasi ruang disebut radionuklida kosmogenik. Mereka termasuk tritium (hidrogen-3), berilium-7, karbon-14, dan natrium-22.

2. Radiasi Terrestrial

Radiasi yang berasal dari bumi disebut radiasi terrestrial. Radionuklida primordial (bahan kimia radioaktif yang ada ketika Bumi terbentuk sekitar 4,5 miliar tahun yang lalu) ditemukan di seluruh dunia dalam batuan beku dan batuan sedimen. Dari batuan, radionuklida ini bermigrasi ke tanah, air, dan bahkan udara. Penambangan uranium merupakan salah satu aktivitas manusia yang berpotensi dapat mendistribusikan ulang radionuklida ini. Radionuklida primordial merupakan rangkaian radionuklida yang dihasilkan saat torium dan uranium meluruh, serta kalium-40 dan rubidium-87.

salah satu aktivitas manusia yang berkontribusi terbentuknya radiasi terrestrial adalah produksi senjata nuklir di masa lampau. Saat ini

dampak radiasi telah berkurang sejak pengujian senjata di atmosfer dihentikan di Amerika Serikat yang berakhir pada tahun 1963.

3. Radionuklida dalam Tubuh

Radionuklida terestrial dan kosmogenik masuk ke dalam tubuh melalui makanan yang dikonsumsi, air yang diminum, dan udara yang dihirup. Radionuklida dapat diserap dan dieliminasi oleh tubuh apabila metabolisme tubuh normal. Beberapa radionuklida meluruh dengan cepat tetapi diganti melalui konsumsi atau inhalasi baru

Radionuklida lain meluruh lebih lambat dan kemungkinan terkonsentrasi di jaringan tubuh tertentu (seperti radium dalam tulang); yang lain tidak mudah diserap oleh usus dan dengan cepat dieliminasi

Radionuklida terpenting yang masuk ke dalam tubuh berasal dari terestrial. Yang utama di antaranya adalah gas radon (dan produk peluruhannya) yang terus-menerus dihirup. Konsentrasi radon tergantung pada kandungan uranium dan thorium pada tanah.

9.3 Jenis Radiasi

jenis radiasi terdiri dari 2 yaitu radiasi non-pengion dan radiasi pengion (IAEA, 2022):

1. Radiasi non-pengion

Radiasi *non-pengion* merupakan radiasi energi yang lebih rendah dan tidak cukup energik untuk melepaskan elektron dari atom atau molekul, baik dalam bentuk materi atau organisme hidup. Akan tetapi, energinya mampu membuat molekul tersebut bergetar dan dapat menghasilkan panas. Contohnya cara kerja *oven microwave*.

Radiasi *non-pengion* tidak menimbulkan risiko bagi kesehatan bagi sebagian besar orang. Namun, pekerja yang secara teratur berhubungan dengan beberapa sumber radiasi non-pengion kemungkinan memerlukan tindakan khusus untuk perlindungan diri, misalnya, panas yang dihasilkan.

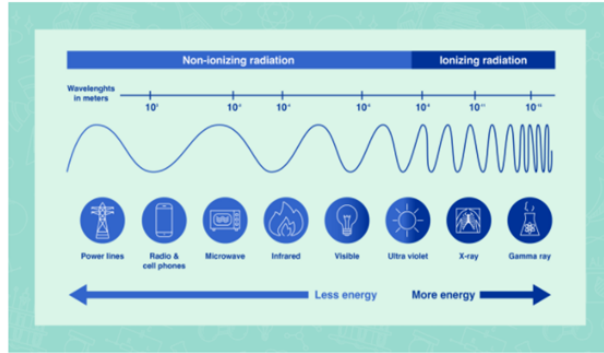
Contoh dari radiasi *non-pengion* yang lain yaitu gelombang radio dan cahaya tampak. Cahaya tampak adalah jenis radiasi *non-pengion* yang dapat dilihat oleh mata manusia sedangkan gelombang radio adalah jenis radiasi *non-pengion* yang tidak terlihat oleh mata dan indera lainnya, tetapi dapat dikodekan oleh radio tradisional.

2. Radiasi Pengion

Radiasi *pengion* adalah jenis radiasi energi yang dapat melepaskan elektron dari atom atau molekul, yang menyebabkan perubahan pada tingkat atom ketika berinteraksi dengan materi termasuk organisme hidup. Perubahan seperti itu biasanya melibatkan produksi ion (atom atau molekul bermuatan listrik) oleh karena itu disebut radiasi “pengion”.

Beberapa contoh radiasi pengion adalah beberapa jenis pengobatan kanker yang menggunakan sinar gamma, sinar-X, dan radiasi yang dipancarkan dari bahan radioaktif yang digunakan di pembangkit listrik tenaga nuklir.

Radiasi *pengion* dalam dosis tinggi dapat menyebabkan kerusakan sel atau organ dalam tubuh hingga mengakibatkan kematian. Bila radiasi ini digunakan dalam dosis yang benar dan dengan tindakan perlindungan yang tepat, jenis radiasi ini bisa memiliki banyak manfaat, seperti dalam industry, produksi energi, penelitian serta membantu dalam diagnosa medis dan pengobatan berbagai penyakit, seperti kanker. Regulasi penggunaan sumber radiasi dan proteksi radiasi adalah tanggung jawab Negara. IAEA memberikan dukungan kepada perumus undang-undang dan regulator melalui sistem standar keselamatan internasional yang komprehensif yang bertujuan untuk melindungi pekerja dan pasien serta anggota masyarakat dan lingkungan dari potensi efek berbahaya dari radiasi pengion.



Gambar 9.1: Panjang Gelombang Radiasi non-pengion dan pengion berdasarkan Besar energinya (IAEA, 2022)

9.4 Efek Radiasi

Dosis radiasi dengan ukuran dan kecepatan berbeda ke bagian tubuh yang berbeda, dapat menyebabkan berbagai jenis efek kesehatan pada waktu yang berbeda (IAEA, 2004).

Pada dosis yang sangat tinggi, radiasi dapat mengganggu fungsi jaringan dan organ dan menghasilkan efek akut seperti mual dan muntah, kulit kemerahan, rambut rontok, luka bakar radiasi, sindrom radiasi akut atau bahkan kematian. Dalam keadaan darurat radiologi atau nuklir, korban dan pekerja dari fasilitas yang terkena dampak (misalnya pekerja pembangkit listrik tenaga nuklir) berada pada risiko yang lebih besar terkena dosis radiasi yang cukup tinggi untuk menyebabkan efek akut (World Health Organization, 2022b).

Dosis yang sangat tinggi yang mengenai seluruh tubuh dapat menyebabkan kematian dalam beberapa minggu. Misalnya, dosis serapan 5 Gy atau lebih yang diterima secara instan kemungkinan akan mematikan, kecuali jika pengobatan diberikan, karena kerusakan pada sumsum tulang dan saluran pencernaan.

Perawatan medis yang tepat dapat menyelamatkan nyawa seseorang yang terpapar dosis 5 Gy, tetapi dosis 50 Gy pada seluruh tubuh dipastikan akan berakibat fatal bahkan dengan bantuan pertolongan medis.

Dosis yang sangat tinggi ke area tubuh yang terbatas mungkin tidak berakibat fatal, tetapi efek awal lainnya dapat terjadi. Misalnya, dosis serapan 5 Gy secara instan ke kulit mungkin akan menyebabkan eritema Kulit kemerahan dalam waktu seminggu atau lebih, sedangkan dosis yang sama pada organ reproduksi dapat menyebabkan kemandulan.

Jika dosis atau laju dosis lebih besar dibandingkan nilai ambang batas, dan efeknya terjadi lebih awal dan lebih parah sejalan dengan peningkatan dosis dan laju dosis maka disebut efek deterministik. Efek deterministik pada individu dapat diidentifikasi secara klinis sebagai akibat dari paparan radiasi. Salah satu jenis efek deterministik terjadi lebih lama setelah paparan. Efek yang timbul biasanya tidak fatal, akan tetapi dapat menyebabkan kelumpuhan atau kerusakan fungsi beberapa bagian tubuh atau perubahan non-ganas lainnya mungkin timbul. Contoh yang paling sering terjadi adalah katarak (kekeruhan pada lensa mata) dan kerusakan kulit (penipisan dan ulserasi). Dosis radias tinggi yang diserap biasanya pemicu kondisi ini (IAEA, 2004).

Ada beberapa efek kesehatan akibat radiasi:

1. Faktor Risiko kanker

Efek stokastik yang paling sering terjadi adalah kanker, dengan dampak serius dan seringkali berakibat fatal. Perkembangan kanker merupakan proses yang kompleks dan bertahap dan biasanya memakan waktu bertahun-tahun. Radiasi dapat berperan inisiasi tiap tahapan, dengan memperkenalkan mutasi tertentu pada DNA sel normal dalam jaringan. Mutasi ini memungkinkan sel untuk memasuki jalur pertumbuhan abnormal yang terkadang dapat menyebabkan perkembangan keganasan (IAEA, 2004).

Setelah melakukan tinjauan dari beberapa literatur dan hasil penelitian dari efek biologis pada dosis rendah radiasi pengion, UNSCEAR menyimpulkan pada tahun 2000 bahwa “peningkatan risiko kanker sebanding dengan dosis radiasi konsisten dengan pengembangan pengetahuan dan tetap, sesuai, pendekatan yang paling ilmiah dipertahankan rendah respon dosis”. Namun, UNSCEAR juga menerima bahwa tidak ada kepastian dan menyatakan bahwa "hubungan respons dosis yang linier tidak bisa dipastikan dalam semua keadaan".

Komite UNSCEAR mempertimbangkan efek paparan radon (dan thoron) di rumah dan tempat kerja pada tahun 2006 dan menyimpulkan bahwa menghirup radon dan produk peluruhannya bersifat karsinogenik terutama untuk paru-paru. Sejak evaluasi komprehensif terakhir itu telah ada banyak publikasi ilmiah mengenai paparan radiasi dan kanker paru-paru, termasuk yang terkait dengan studi epidemiologi kanker paru-paru pada populasi yang terpapar baik dari paparan internal radon maupun paparan eksternal terhadap radiasi penetrasi (biasanya gamma), serta sebanyak publikasi yang relevan di dosimetry (UNSCEAR, 2018).

Semua radiasi pengion, pada eksposur yang cukup besar, dapat menyebabkan kanker. Efek radiasi merupakan hasil dari studi kelompok dan individu yang terpapar, percobaan menggunakan hewan, dan dari studi di tingkat seluler dan molekuler. Pada Saat ini diketahui bahwa radiasi pengion memiliki efek cepat dan efek tertunda. Kematian akan terjadi dalam beberapa bulan atau kurang pada paparan radiasi yang sangat tinggi. Pada tingkat sedang, paparan radiasi meningkatkan kemungkinan seseorang terkena kanker, dengan penundaan waktu sepuluh tahun atau lebih untuk sebagian besar kanker. Pada tingkat rendah, risiko kanker menurun, tetapi hubungan antara risiko kanker dan besarnya paparan tidak dapat dipastikan (Contemporary Physics Education Project, 2018).

2. Efek Hereditas/Genetik (Penyakit keturunan)

Seperti banyak kontaminan atau racun lainnya, materi genetik atau DNA adalah target utama. Radiasi dapat berinteraksi dengan DNA secara langsung dan menyebabkan kerusakan dengan memutus ikatan pada DNA atau secara tidak langsung dengan memecah molekul air yang mengelilingi DNA. Ketika molekul air ini rusak, maka akan menghasilkan radikal bebas – molekul oksigen yang tidak stabil yang dapat merusak sel dan organ (CDC, 2022).

Selain kanker, efek kronis utama radiasi lainnya adalah penyakit keturunan. Kerusakan genetik timbul dari penyinaran testis dan ovarium, yang menghasilkan sel sperma pada pria dan sel telur pada

wanita. Radiasi pengion bisa menyebabkan mutasi yang dapat menimbulkan efek berbahaya pada generasi keturunannya pada sel-sel ini atau pada sel germinal yang membentuknya, mutasi. Mutasi terjadi sebagai akibat dari perubahan struktural DNA dalam sel germinal tunggal, yang membawa informasi herediter dalam DNA melalui keturunannya. Penyakit keturunan yang disebabkan bervariasi dalam tingkat keparahan mulai dari kematian dini dan cacat mental yang serius hingga ringan.

Studi eksperimental telah dilakukan tentang kerusakan herediter yang disebabkan radiasi pengion pada hewan, terutama tikus. Penelitian ini menggunakan berbagai dosis dan tingkat dosis yang hasilnya menunjukkan bahwa radiasi pengion menyebabkan mutasi. Hal ini diperkuat oleh temuan-temuan untuk para penyintas bom atom, informasi ini memungkinkan dibuatnya kesimpulan bahwa adanya factor risiko terjadinya penyakit keturunan akibat terpapar radiasi (IAEA, 2004).

3. Gangguan pada kehamilan

Wanita hamil kemungkinan akan terkena radiasi melalui pemeriksaan medis diagnostik atau paparan pekerjaan. Meskipun dosis radiasi untuk janin cenderung lebih rendah daripada dosis untuk ibu, karena perlindungan dari rahim dan jaringan sekitarnya, embrio manusia dan janin sensitif terhadap radiasi pengion pada dosis yang lebih besar dari 0,1 Gy. Tergantung pada tahap perkembangan janin, konsekuensi kesehatan dari paparan pada dosis yang lebih besar dari 0,5 Gy bisa parah, bahkan jika dosis tersebut terlalu rendah untuk menyebabkan efek langsung bagi ibu. Konsekuensi kesehatan dapat mencakup pembatasan pertumbuhan, malformasi, gangguan fungsi otak, dan kanker (CDC, 2019).

Risiko bagi anak-anak yang terkena radiasi saat dalam kandungan perlu jadi perhatian khusus. Jika embrio atau janin terkena radiasi pada saat organ terbentuk, cacat kembang seperti diameter kepala yang berkurang atau keterbelakangan mental dapat terjadi.

Studi yang dilakukan pada penyintas bom atom yang terpapar sebelum lahir telah menunjukkan bahwa terjadi keterbelakangan mental apabila paparan terjadi selama periode antara 8 dan 15 minggu setelah pembuahan. Masih menjadi perdebatan mengenai bentuk hubungan antara dosis dan respon dan tidak munculnya efek yang terjadi bila terpapar di bawah NAB. Akan tetapi, untuk paparan paling sensitif selama periode 8-15 minggu, ICRP mengasumsikan bahwa terjadi penurunan IQ tergantung pada dosis tanpa melihat NAB dan hilangnya 30 poin IQ per Sv paparan. Jadi, misalnya, paparan janin terhadap 5 mSv selama tahap kehamilan ini akan menyebabkan penurunan IQ 0,15 poin, yang tidak akan terdeteksi.

Kematian atau malformasi berat dapat terjadi apabila embrio dan janin terpapar dosis tinggi. Nilai Ambang batas yang dapat menyebabkan efek ini adalah antara 0,1 Sv dan 1 Sv atau lebih dan tergantung pada waktu setelah pembuahan. Risiko genetik pada janin dinilai sama dengan risiko pada populasi yang bereproduksi penuh setelah lahir, yaitu $2,4 \times 10^{-2}$ Sv⁻¹ atau 1 dalam 40 per Sv. Iradiasi sebelum lahir juga dapat menyebabkan peningkatan risiko keganasan pada masa kanak-kanak. Risiko kanker fatal hingga usia 15 tahun diperkirakan sekitar $3,0 \times 10^{-2}$ Sv⁻¹ atau 1 dalam 30 per Sv, dan risiko kanker secara keseluruhan sekitar dua kali nilai ini (IAEA, 2004).

Tabel 9.1: Efek Kesehatan Berdasarkan kondisi paparan dan sumber informasi (IAEA, 2004)

<i>Circumstances of exposure</i>	<i>Health consequences</i>	<i>Sources of information</i>
<i>High dose and dose rate to much of the body to area of skin to testes and ovaries</i>	Early effects Death Erythema Sterility	<i>Human data from various sources</i>
<i>Anydose or dose rate Risk depends on dose Appear years later</i>	Late effects Various cancers	<i>Risk factors for human beings estimated by extrapolating human data for high doses and dose rates</i>
<i>Anydose or dose rate Risk depends on dose Appear in offspring</i>	Hereditary defects	<i>Risk factors for human beings inferred from animal data and the absence of human evidence</i>
<i>High dose at any rate Various times to appear</i>	Functional damage	<i>Human data from various sources</i>
<i>Dose in the womb Appears in the child</i>	Mental retardation	<i>Limited human data</i>

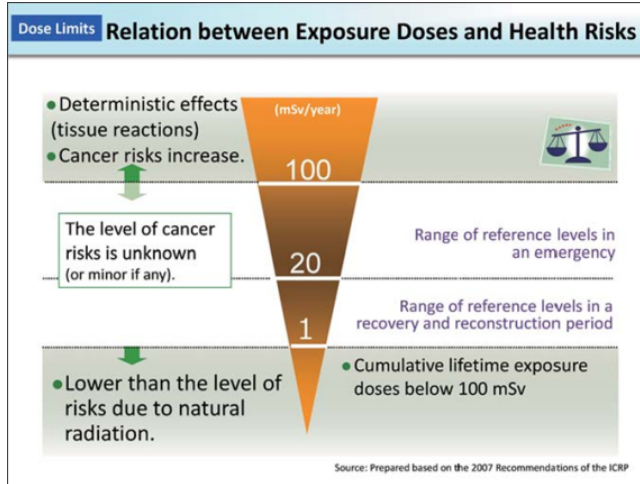
9.5 Kriteria Proteksi radiasi

Regulasi paparan radiasi di Amerika Serikat merujuk pada *Environmental Protection Agency* (EPA) dan *Nuclear Regulatory Commission* (NRC). Pemberlakuan pengetatan standar di seluruh dunia secara bertahap untuk proteksi radiasi. ICRP pada tahun 1977 menegakkan prinsip ALARA yang menyatakan bahwa “semua eksposur harus dijaga serendah mungkin, dengan mempertimbangkan faktor ekonomi dan sosial.” Batasan EPA dan NRC saat ini dan rekomendasi lainnya dirangkum dalam Tabel 9.2

Tabel 9.2: Standar dosis untuk paparan radiasi di Amerika Serikat, dinyatakan dalam dosis efektif tahunan (Contemporary Physics Education Project, 2018)

	Dose limit (mSv/yr)	Dose limit (mrem /yr)
Pekerja	50	5000
Masyarakat Umum		
Fasilitas umum (Kecuali layanan Medis)	1	100
Fasilitas Tenaga Nuklir	0.25	25
Penyimpanan Limbah (Tidak termasuk Gunung Yucca)	0.15	15
Rekomendasi NAS untuk Gunung Yucca	0.02 - 0.2	2 - 20
Rekomendasi EPA “Tingkat Tindakan ” untuk Radon indoor	≈ 8	≈ 800

Saat ini sudah banyak Lembaga resmi dan semi resmi yang konsen dengan proteksi radiasi. Lembaga-lembaga ini membuat laporan ringkasan penting dan saran. Lembaga tersebut antara lain Komisi Internasional untuk Perlindungan Radiologis (ICRP), Dewan Nasional (AS) untuk Perlindungan dan Pengukuran Radiasi (NCRP), Komite Efek Biologis dari Radiasi Penganon dari Dewan Riset Nasional (BEIR), Komite PBB untuk efek radiasi Atom (UNSCEAR), dan *Radiation Effects Research Foundation* (RERF), sebuah organisasi gabungan Amerika Serikat-Jepang yang mempelajari efek bom atom di Hiroshima dan Nagasaki.



Gambar 9.2: Relation Between Exposure Doses And Health Risk

Terdapat bukti ilmiah yang menunjukkan bahwa dosis radiasi 100 hingga 200 mSv atau lebih dalam waktu yang relatif singkat meningkatkan efek deterministik (reaksi jaringan) dan risiko kanker. Oleh karena itu, dalam keadaan darurat akibat kecelakaan radiasi, tingkat referensi awal ditetapkan untuk menghindari dosis paparan tahunan sebesar 100 mSv atau lebih untuk mencegah gangguan fisik yang serius.

Tingkat referensi baru yang lebih rendah (seperti 1 hingga 20 mSv per tahun) ditetapkan untuk menghindari peningkatan risiko kemungkinan kanker di masa depan. Paparan radiasi hingga 1 mSv per tahun tidak diperbolehkan. Pada prinsipnya, paparan radiasi harus dikurangi serendah yang dapat dicapai secara praktis dalam berbagai keadaan.

Bab 10

Sanitasi Lingkungan

10.1 Pengertian Sanitasi

Sanitasi dalam bahasa Inggris berasal dari kata sanitation yang diartikan sebagai penjagaan kesehatan, Ehler dan Steel mengemukakan bahwa sanitasi adalah usaha-usaha pengawasan yang ditujukan terhadap faktor lingkungan yang dapat menjadi mata rantai penularan penyakit. Sedangkan menurut Azwar mengungkapkan bahwa sanitasi adalah usaha kesehatan masyarakat yang menitik beratkan pada pengawasan teknik terhadap berbagai faktor lingkungan yang memengaruhi atau mungkin memengaruhi derajat kesehatan manusia.

Sanitasi menurut *World Health Organization* (WHO) adalah suatu usaha yang mengawasi beberapa faktor lingkungan fisik yang berpengaruh kepada manusia terutama terhadap hal-hal yang memengaruhi efek, merusak perkembangan fisik, kesehatan, dan kelangsungan hidup. Dari beberapa pengertian sanitasi di atas dapat diambil pengertian sanitasi adalah suatu usaha pencegahan penyakit dengan menyingkirkan atau mengendalikan faktor-faktor risiko lingkungan yang merupakan mata rantai penularan penyakit.

Selanjutnya, Wijono menyatakan bahwa sanitasi merupakan kegiatan yang memadukan (colaboration) tenaga kesehatan lingkungan dengan tenaga kesehatan lainnya. Hal ini dilandasi oleh adanya keterkaitan peran dan fungsi

tenaga kesehatan di dalam kegiatan pelayanan kesehatan masyarakat yang terpadu dan komprehensif. *Colaboration* kegiatan sanitasi dikoordinir oleh tenaga kesehatan lingkungan atau sanitarian yang memiliki kompetensi dan keahlian mereka di bidang kesehatan lingkungan. Sedangkan tenaga medis, perawat, bidan, petugas farmasi, petugas laboratorium dan petugas penyuluh kesehatan berperan sebagai mitra kerja.

Rantetampang, mengungkapkan bahwa sanitasi ialah suatu cara untuk mencegah berjangkitnya penyakit menular dengan jalan memutuskan mata rantai dari sumber penularan. Putranto juga menyatakan bahwa sanitasi adalah usaha-usaha kesehatan lingkungan yang menitik beratkan pada pengawasan faktor lingkungan yang dapat memengaruhi derajat kesehatan manusia. Sedangkan menurut Notoadmojo, sanitasi itu sendiri merupakan perilaku disengaja dalam pembudayaan hidup bersih dengan maksud mencegah manusia bersentuhan langsung dengan kotoran dan bahan buangan berbahaya lainnya dengan harapan usaha ini akan menjaga dan meningkatkan kesehatan manusia, sedangkan untuk pengertian dari sanitasi lingkungan, sanitasi lingkungan adalah status kesehatan suatu lingkungan yang mencakup perumahan, pembuangan kotoran, penyediaan air bersih dan sebagainya.

Selanjutnya, Soemirat mengungkapkan bahwa sanitasi adalah usaha kesehatan masyarakat yang menitikberatkan pada pengawasan terhadap berbagai faktor lingkungan yang dapat memengaruhi derajat kesehatan manusia. Entjang mengatakan bahwa yang dimaksud dengan sanitasi adalah pengawasan lingkungan fisik, biologis, sosial dan ekonomi yang dapat memengaruhi kesehatan manusia di mana lingkungan yang berguna ditingkatkan dan diperbanyak, dan yang merugikan diperbaiki atau dihilangkan.

Menurut Keputusan Menteri Kesehatan Republik Indonesia nomor:965/MENKES/SK/XI/1992, pengertian sanitasi adalah segala upaya yang dilakukan untuk menjamin terwujudnya kondisi yang memenuhi persyaratan kesehatan. Menurut Kamus Besar Bahasa Indonesia (KBBI), Sanitasi yaitu usaha untuk membina dan menciptakan suatu keadaan yang baik dibidang ksehatan, terutama kesehatan masyarakat. Sehingga sanitasi lingkungan berarti cara menyetatkan lingkungan hidup terutama lingkungan fisik, yaitu tanah, air, dan udara.

Jadi dari pengertian di atas bisa disimpulkan bahwa sanitasi adalah suatu usaha pencegahan penyakit yang menitikberatkan kegiatannya kepada usaha-usaha

kesehatan lingkungan hidup manusia. Sedangkan hygiene adalah bagaimana cara orang memelihara dan juga melindungi diri agar tetap sehat.

10.2 Kesehatan Lingkungan

Sesuai dengan pengertian tersebut, maka sanitasi berkaitan langsung dengan lingkungan hidup manusia di dalamnya. Mawardi menyatakan bahwa, lingkungan adalah sesuatu yang berada disekitar manusia secara lebih terperinci dapat dikategorikan dalam beberapa kelompok:

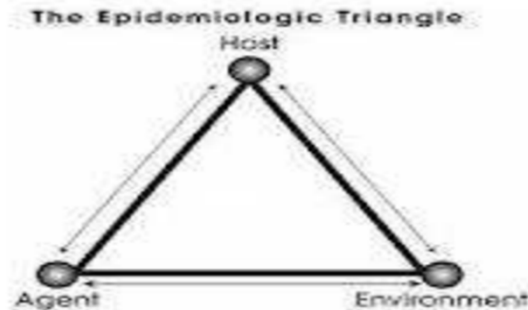
1. Lingkungan Fisik, yang termasuk dalam kelompok ini adalah tanah dan udara serta interaksi satu sama lainnya di antara faktor-faktor tersebut.
2. Lingkungan biologis, yang termasuk dalam hal ini adalah semua organisme hidup baik binatang, tumbuhan maupun mikroorganisme kecuali manusia sendiri.
3. Lingkungan sosial yaitu termasuk semua interaksi antara manusia dari makhluk sesamanya yang meliputi faktor sosial, ekonomi, kebudayaan dan psikososial.

Berdasarkan kategori di atas dapat pula diartikan bahwa lingkungan adalah kumpulan dari semua kondisi atau kekuatan dari luar yang memengaruhi kehidupan dan perkembangan dari suatu organisme hidup (manusia). Kesehatan lingkungan merupakan salah satu disiplin ilmu kesehatan masyarakat dan merupakan perluasan dari prinsip-prinsip hygiene dan sanitasi. Definisi lingkungan sangatlah luas, namun kesehatan lingkungan hanya *concern* kepada komponen lingkungan yang memiliki potensi bahaya penyakit. Apabila seseorang berdiri di suatu tempat, maka berbagai benda hidup maupun benda mati di sekelilingnya disebut sebagai lingkungan manusia, namun belum tentu memiliki potensi penyakit.

Kesehatan lingkungan merupakan situasi atau keadaan di mana lingkungan itu berada dan pada kondisi tertentu dapat menimbulkan masalah kesehatan. Lingkungan merupakan salah satu faktor yang paling berpengaruh dalam menentukan derajat kesehatan seseorang. Masalah kesehatan adalah suatu masalah yang sangat kompleks dan saling berkaitan dengan masalah-masalah

lain di luar kesehatan itu sendiri. Pemecahan masalah kesehatan masyarakat, tidak hanya dilihat dari kesehatannya sendiri, tapi harus dilihat dari seluruh segi yang ada pengaruhnya terhadap “sehat-sakit” atau kesehatan tersebut. Banyak faktor yang memengaruhi kesehatan, baik kesehatan individu, maupun kesehatan masyarakat.

WHO mendefinisikan bahwa kesehatan lingkungan adalah suatu keseimbangan ekologi yang harus ada antara manusia dan lingkungan agar dapat menjamin keadaan sehat dari manusia, keadaan sehat mencakup manusia seutuhnya dan tidak hanya sehat fisik saja tetapi juga sehat mental dan hubungan sosial yang optimal di dalam lingkungannya. Bahtiar menyatakan bahwa suatu penyakit dapat timbul bila terjadi gangguan dari keseimbangan yang disebabkan oleh adanya perubahan dari suatu faktor lingkungan di suatu tempat, faktor lingkungan ini merupakan salah satu dari bagian segitiga epidemiologi.



Gambar 10.1: Segitiga Epidemiologi

Ilustrasi tersebut menggambarkan hubungan antara faktor-faktor yang menentukan terjadinya penyakit, yaitu manusia sebagai tuan rumah (host), kuman penyebab penyakit (agent) dan lingkungan (environment). Perubahan dari salah satu faktor tersebut akan merubah keseimbangan antara ketiganya yang berakibat pada bertambahnya atau berkurangnya penyakit yang bersangkutan.

1. Manusia (host)

Host atau tempat tinggal sementara merupakan unsur manusia yang berkaitan dengan penyakit antara lain: umur, jenis kelamin, kekebalan dan sifat lain yang berhubungan dengan kekebalan dan resistensi atau tingkah laku (kebiasaan dan adat istiadat).

2. Penyebab penyakit (agent)

Penyebab penyakit ini terjadi karena adanya interaksi antara manusia (host), penyebab penyakit (agent) dan lingkungan (environment). Penyebab penyakit ini dikelompokkan menjadi:

- a. Penyebab primer, yang terdiri dari unsur biologis, nutrisi, kimia, fisik dan unsur psikis.
- b. Penyebab sekunder, merupakan unsur pembantu atau penambah di dalam proses sebab akibat terjadinya penyakit, yaitu dari tempat atau lingkungan tempat tinggal seperti penyakit non infeksi (penyakit jantung).

3. Lingkungan (environment)

Faktor lingkungan mencakup semua aspek di luar agent dan host, karena faktor lingkungan ini sangat beraneka ragam dan umumnya digolongkan dalam tiga unsur utama, yaitu:

- a. Lingkungan biologis, termasuk flora dan fauna yang ada di sekitar manusia.
- b. Lingkungan sosial, yaitu semua bentuk kehidupan sosial politik dan sistem organisasi bagi setiap individu yang berada di masyarakat, misalnya bentuk organisasi, sistem pelayanan kesehatan dan kebiasaan.
- c. Lingkungan fisik meliputi: udara, panas sinar, air dan lain - lain.

10.3 Sanitasi Lingkungan

Sanitasi lingkungan pada hakekatnya adalah kondisi atau keadaan lingkungan yang optimum sehingga berpengaruh positif terhadap status kesehatan yang optimum pula. Ruang lingkup kesehatan lingkungan tersebut antara lain mencakup: perumahan, pembuangan kotoran manusia (tinja), penyediaan air bersih, pembuangan sampah, pembuangan air kotor (air limbah), rumah hewan ternak (kandang) dan sebagainya. Sanitasi lingkungan mengutamakan pencegahan terhadap faktor lingkungan sedemikian rupa sehingga munculnya penyakit akan dapat dihindari. Usaha sanitasi dapat berarti pula suatu usaha

untuk menurunkan jumlah bibit penyakit yang terdapat di lingkungan sehingga derajat kesehatan manusia terpelihara dengan sempurna.

Sanitasi lingkungan juga merupakan salah satu usaha untuk mencapai lingkungan sehat melalui pengendalian faktor lingkungan fisik khususnya hal-hal yang mempunyai dampak merusak perkembangan fisik kesehatan dan kelangsungan hidup manusia. Usaha sanitasi lingkungan menurut Kusnopranto adalah usaha kesehatan yang menitikberatkan pada usaha pengendalian faktor lingkungan fisik yang mungkin menimbulkan dan menyebabkan kerugian dalam perkembangan fisik, kesehatan dan daya tahan hidup manusia.

Menurut WHO, sanitasi lingkungan (environmental sanitation) adalah upaya pengendalian semua faktor lingkungan fisik manusia yang mungkin menimbulkan atau dapat menimbulkan hal-hal yang merugikan bagi perkembangan fisik, kesehatan dan daya tahan hidup manusia. Sanitasi lingkungan dapat pula diartikan sebagai kegiatan yang ditujukan untuk meningkatkan dan mempertahankan standar kondisi lingkungan yang mendasar yang memengaruhi kesejahteraan manusia. Kondisi tersebut mencakup pasokan air yang bersih dan aman; pembuangan limbah dari manusia, hewan dan industri yang efisien, perlindungan makanan dari kontaminasi biologis dan kimia, udara yang bersih dan aman; rumah yang bersih dan aman.

Dari defenisi tersebut, tampak bahwa sanitasi lingkungan ditujukan untuk memenuhi persyaratan lingkungan yang sehat dan nyaman. Lingkungan yang sanitasinya buruk dapat menjadi sumber berbagai penyakit yang dapat mengganggu kesehatan manusia. Pada akhirnya jika kesehatan terganggu, maka kesejahteraan juga akan berkurang. Karena itu upaya sanitasi lingkungan menjadi penting dalam meningkatkan kesejahteraan.

Slamet mengungkapkan bahwa sanitasi lingkungan lebih menekankan pada pengawasan dan pengendalian / kontrol pada faktor lingkungan manusia seperti:

1. Penyediaan air menjamin air yang digunakan oleh manusia bersih dan sehat.
2. Pembuangan kotoran manusia, air buangan dan sampah.
3. Individu dan masyarakat terbiasa hidup sehat dan bersih.
4. Makanan (susu) menjamin makanan tersebut aman, bersih dan sehat.

5. Anthropoda binatang pengerat dan lain-lain.
6. Kondisi udara bebas dari bahan-bahan yang berbahaya dari kehidupan manusia.
7. Pabrik-pabrik, kantor-kantor dan sebagainya bebas dari bahaya - bahaya kepada masyarakat sekitar.

10.4 Ruang Lingkup Sanitasi Lingkungan

Ruang lingkup sanitasi lingkungan terdiri dari beberapa cakupan. Kesehatan lingkungan merupakan ilmu kesehatan masyarakat yang menitik beratkan usaha preventif dengan usaha perbaikan semua faktor lingkungan agar manusia terhindar dari penyakit dan gangguan kesehatan.

Menurut Kusnoputranto ruang lingkup dari kesehatan lingkungan meliputi:

1. Penyediaan air minum
2. Pengolahan air buangan dan pengendalian pencemaran air
3. Pengelolaan sampah padat
4. Pencegahan/pengendalian pencemaran tanah
5. Pengendalian pencemaran udara
6. Pengendalian radiasi
7. Kesehatan kerja, terutama pengendalian dari bahaya- bahaya fisik, kimia dan biologis
8. Pengendalian kebisingan
9. Perumahan dan pemukiman, terutama aspek kesehatan masyarakat dari perumahan penduduk, bangunan- bangunan umum dan institusi
10. Perencanaan daerah dan perkotaan
11. Aspek kesehatan lingkungan dan transportasi udara, laut dan darat
12. Rekreasi umum dan pariwisata
13. Tindakan-tindakan sanitasi yang berhubungan dengan keadaan epidemi, bencana alam, perpindahan penduduk dan keadaan darurat
14. Tindakan pencegahan yang diperlukan untuk menjamin agar lingkungan pada umumnya bebas dari risiko gangguan kesehatan.

Dari ruang lingkup sanitasi lingkungan di atas tempat-tempat umum merupakan bagian dari sanitasi yang perlu mendapat perhatian dalam pengawasannya:

1. Air

a. Struktur Air

Air merupakan salah satu dari telaga komponen yang membentuk bumi (zat padat, cair dan gas). Bumi dilindungi air sebanyak 70 %. Sedangkan 30 % berupa dataran. Air terdiri dari dua atom dan satu oksigen yang beraksi membentuk air atau ditulis H₂O. Air terdapat dalam tiga fase:

- 1) Sebagai uap yaitu: sebagai butir-butir air yang terdapat dalam udara akibat pemanasan. Oleh cahaya matahari, air yang ada di laut, danau sungai menguap secara vertical.
- 2) Sebagai zat cair yaitu yang di dalam laut, sungai dan air yang terdapat di dalam tanah.
- 3) Air dalam fase padat, yaitu air beku atau es.

Air memiliki ciri-ciri di antaranya bersifat sebagai zat cair mengalir dari tempat yang tinggi ke tempat yang rendah sifat-sifat dipengaruhi oleh beberapa faktor:

- 1) Mempunyai suhu yang optimum untuk mendorong proses hidup
- 2) Menerima sinar matahari yang cukup
- 3) Mengandung mineral-mineral yang cukup

b. Sumber Air

Air yang berada di permukaan bumi ini dapat berasal dari berbagai sumber. Berdasarkan letak sumbernya air dapat dibagi menjadi, air angkasa (hujan), air permukaan, dan air tanah.

1) Air Angkasa (hujan)

Air angkasa atau air hujan merupakan sumber utama air di bumi. Walau merupakan air yang paling bersih, air tersebut cenderung mengalami pencemaran ketika berada di atmosfer. Pencemaran yang berlangsung di atmosfer itu dapat

disebabkan oleh partikel debu, mikroorganisme, dan gas, misalnya karbondioksida, nitrogen, dan amoniak.

2) Air Permukaan

Air permukaan yang meliputi badan- badan air semacam sungai, danau, telaga, waduk, rawa, airterjun, dan sumur permukaan, sebagian besar berasal dari air hujan yang jatuh ke permukaan bumi.

3) Air Tanah

Air tanah (ground water) berasal dari air hujan yang jatuh ke permukaan bumi yang kemudian mengalami perkolasi atau penyerapan ke dalam tanah dan mengalami proses filtrasi secara alamiah. Proses - proses yang telah dialami air hujan tersebut, di dalam perjalanannya ke bawah tanah, membuat air tanah menjadi lebih murni dibandingkan air permukaan. Air yang tidak memenuhi persyaratan kesehatan merupakan media penularan penyakit karena air merupakan salah satu media dari berbagai macam penularan, terutama penyakit perut (Slamet, 2002).

Sementara itu, penyakit - penyakit yang berhubungan dengan air dapat dibagi dalam kelompok - kelompok berdasarkan cara penularannya. Mekanisme penularan penyakit sendiri terbagi menjadi empat, yaitu:

4) Waterborne Mechanism

Di dalam mekanisme ini, kuman patogen dalam air yang dapat menyebabkan penyakit pada manusia ditularkan kepada manusia melalui mulut atau sistem pencernaan. Contoh penyakit yang ditularkan melalui mekanisme ini antara lain kolera, tifoid, hepatitis viral, disentri basiler, dan poliomyelitis.

5) Waterwashed Mechanism

Mekanisme penularan semacam ini berkaitan dengan kebersihan umum dan perseorangan. Pada mekanisme ini terdapat tiga cara penularan, yaitu:

- a) Infeksi melalui alat pencernaan, seperti diare pada anak - anak.
 - b) Infeksi melalui kulit dan mata, seperti scabies dan trachoma.
 - c) Penularan melalui binatang pengerat seperti pada penyakit leptospirosis.
- 6) Water- based Mechanism
- Penyakit yang ditularkan dengan mekanisme ini memiliki agen penyebab yang menjalani sebagian siklus hidupnya di dalam tubuh vektor atau sebagai intermediate host yang hidup di dalam air. Contohnya schistomiasis, dan penyakit akibat *Dracunculus medinensis*.
- 7) Water- related Insect Vector Mechanism
- Agen penyakit ditularkan melalui gigitan serangga yang berkembang biak di dalam air. Contoh penyakit dengan mekanisme penularan semacam ini adalah filariasis, dengue, malaria, dan yellow fever.

2. Tanah

Tanah adalah tempat kita berpijak. Tanah ada di mana-mana. Ketika kalian ke luar rumah dan melihat pohon-pohon tumbuh di tepi jalan, juga cacing yang bergerak-gerak di antara bebatuan, kalian akan segera tahu bahwa makhluk-makhluk malang itu tidak akan dapat hidup tanpa tanah. Tanah merupakan alat vital yang menjadi habitat berbagai macam organisme. Tak hanya segelintir makhluk hidup, tetapi puluhan bahkan ratusan makhluk hidup bergantung padanya. Tanah membantu berbagai tumbuhan bernapas, makan, menghisap air, dan berbagai unsur hara yang membuatnya bertahan dari serangan penyakit. Intinya, tanah adalah media yang digunakan tumbuhan dan berbagai jenis mikroorganisme untuk hidup yang terbentuk dari pelapukan batuan.

Ditinjau dari pengertian tanah serta sanitasi lingkungan, maka dalam kesimpulan ini saya akan menuliskan apa si peran tanah dalam sanitasi lingkungan, maka fungsi tanah dalam hal sanitasi lingkungan

yaitu melindungi dan menetralkan zat-zat berbahaya yang terdapat dalam sampah ataupun limbah, di mana ketika ada pencemaran pada lingkungan maka Tanah itu merupakan salah satu unsur yang peranannya cukup penting dalam mengatasi pencemaran suatu lingkungan tersebut, seperti penyangga kimia (buffer), penyaringan, pengendapan, pengalih ragaman (Transformer), Serta pengendali biologi.

3. Udara

Udara adalah campuran gas yang terdapat pada permukaan bumi. Udara bumi yang kering mengandung 78% nitrogen, 21% oksigen, dan 1% uap air, karbondioksida, dan gas-gas lain. Udara akan berubah sesuai dengan ketinggiannya. Apabila saat bernafas, kandungan oksigen berkurang sementara karbondioksida meningkat. Ketika tumbuhan menjalani sistem fotosintesis, oksigen kembali dibebaskan. Di antara gas-gas yang membentuk udara adalah seperti berikut: Udara terdiri dari nitrogen (78%), oksigen (21%), uap air (0-7%), ozon, karbon dioksida, hidrogen dan gas-gas mulia seperti krypton dan argon, yaitu 1% zat lain. Persentase yang ditunjukkan diungkapkan oleh fraksi volume.

Udara terdiri dari nitrogen, oksigen, dan argon, yang bersama-sama merupakan gas utama dari atmosfer. Udara juga bisa mengandung sisa gas di antaranya adalah gas-gas rumah kaca seperti uap air, karbon dioksida, metan, asam nitrat, dan ozon udara disaring mencakup jumlah jejak banyak senyawa kimia lainnya. Banyak zat alami mungkin ada dalam jumlah kecil dalam sampel udara tanpa filter, termasuk debu, serbuk sari dan spora, semprot laut, dan abu vulkanik. Berbagai polutan industri juga mungkin ada, seperti klorin (dasar atau dalam senyawa), senyawa fluor, unsur merkuri, dan senyawa sulfur seperti sulfur dioksida [SO_2].

Bab 11

Ekologi dan Lingkungan

11.1 Pendahuluan

Semua organisme, baik tumbuhan maupun hewan, membutuhkan energi dan lingkungan untuk bertahan hidup. Dan semua hal di alam ini saling memengaruhi dalam seluruh kehidupan (Pollock, 2005). Manusia dalam menjalankan kehidupan sangat tergantung pada alam, seluruh sumber kebutuhan manusia bersumber pada alam. Mulai dari kebutuhan akan sumber makanan dan tempat tinggal semuanya berasal dari alam. Sehingga sangat perlu menjaga keseimbangan alam ini agar selalu dapat memberikan segala kebutuhan manusia dalam menjalankan kehidupannya.

Sejak awal peradaban manusia di permukaan bumi ini sudah mempelajari lingkungan. Karena tanpa mengenal lingkungan maka manusia tidak akan mampu bertahan pada lingkungan tersebut. Kepedulian masyarakat terkait lingkungan baru muncul tatkala adanya kerusakan yang timbul dari lingkungan yang memberikan dampak bagi kehidupan manusia (Wiryo, 2013).

Perubahan alam yang terjadi sejalan dengan pembangunan pada semua aspek kehidupan dengan memanfaatkan kemajuan teknologi buatan manusia dalam mengeksploitasi sumber daya alam. Manusia sebagai pusat kehidupan di alam

memiliki ilmu pengetahuan dan teknologi dalam memanfaatkan alam tersebut (Utina and Wahyuni, 2009).

Dalam mengelola sumber daya alam ini dengan baik, manusia harus memiliki pengetahuan yang menjadi dasar manusia memahami hubungannya dengan alam sehingga dapat tercipta kondisi yang seimbang dan menghindarkan dari masalah lingkungan hidup, pencemaran dan kesehatan lingkungan.

11.2 Ekologi

Manusia sekarang pada posisinya adalah makhluk yang paling berpengaruh di bumi. Mulai dari aktivitas penggunaan energi dan mineral, pertanian, industri dan urbanisasi yang telah mengubah kehidupan pada skala besar. Penggunaan bahan kimia dalam pertanian tidak dihitung jumlahnya. Eksploitasi hewan laut mulai dari tombak dan penjarangan secara besar-besaran akan mengancam populasi selanjutnya. Meskipun ekologi bukan yang utama tentang pemecahan masalah lingkungan tetapi tujuannya adalah untuk memperdalam pemahaman tentang hubungan antara makhluk hidup dan lingkungannya (Pollock, 2005).

11.2.1 Defenisi Ekologi

Secara etimologis, ekologi berasal dari bahasa Yunani, yakni oikos dan logos. Oikos berarti rumah atau habitat dan logos berarti ilmu pengetahuan. Maka dapat diartikan jika ekologi adalah cabang ilmu pengetahuan yang mempelajari rumah atau habitat (Mulia, 2021). Ekologi adalah ilmu yang mempelajari interaksi antar tumbuhan, hewan dan unsur tidak hidup di lingkungan (Pollock, 2005). Ekologi adalah suatu studi untuk melihat hubungan makhluk hidup dengan lingkungannya, baik pada lingkungan biotik dan abiotik (Utina and Wahyuni, 2009). Ekologi adalah tempat tinggal makhluk hidup atau ilmu yang mempelajari hubungan makhluk hidup dengan lingkungannya (Manik, 2009).

(Siahaan, 2004) mengatakan bahwa ekologi adalah bagian ilmu pengetahuan yang mempelajari hubungan timbal balik antara makhluk hidup dan lingkungannya. Ekologi mempunyai ruang lingkup di antaranya yaitu; ekosistem, tingkat populasi, dan komunitas. Konsep ekologi melekat dengan konsep ekosistem dan komponen penyusunnya yaitu biotik dan abiotik (Islam, 2021).

11.2.2 Sejarah dan Perkembangan Ekologi

Akar ekologi terletak pada sejarah alam, permulaannya sebagai peradaban manusia itu sendiri. Sejak awal sejarah, manusia telah terlibat dalam ekologi dengan cara yang praktis secara sadar dan tanpa sadar. Pada masyarakat primitif setiap individu dituntut memiliki pengetahuan yang mendalam tentang lingkungannya untuk kelangsungan hidup mereka yaitu tentang kekuatan alam, tumbuhan dan hewan disekitarnya (Academy, 2018).

Perkembangan ekologi telah mengalami kemajuan selama sejarah perkembangan manusia. Beberapa ilmuwan telah menulis naskah kuno yang berisi rujukan tentang masalah-masalah ekologi di antaranya Aristoteles, Hipocates hingga filosof lainnya. Pakar biologi Jerman Ernest Haeckles merupakan yang pertama mengusulkan kata Ekologi pada tahun 1869. Banyak ilmuwan lainnya pada abad ke-18 dan ke-19, belum menggunakan kata ekologi namun telah memberikan sumbangan pikiran dalam bidang ini (Utina and Wahyuni, 2009).

11.2.3 Asas Ekologi

Dalam memahami peristiwa-peristiwa yang terjadi secara alamiah dibutuhkan pengetahuan tentang asas-asas ekologi. Terdapat delapan asas ekologi sebagaimana menurut (Manik, 2009) yaitu:

1. Asas pertama: Energi yang terdapat dalam suatu organisme, populasi, komunitas atau ekosistem dianggap sebagai energi yang disimpan atau dilepaskan. Dengan kata lain, jumlah energi di alam semesta adalah konstan. Asas pertama ini dibuktikan oleh energi yang tersimpan dalam tumbuhan menjadi sumber energi bagi organisme pemakan tumbuhan.
2. Asas kedua: Tidak ada sistem pemanfaatan energi yang efisien. Contohnya benda panas akan memancarkan panas ke sekitarnya yang suhunya lebih rendah
3. Asas ketiga: Materi, energi, waktu dan keanekaragaman termasuk dalam sumber daya alam. Semua yang tersedia secara alamiah (bukan buatan manusia) merupakan sumber daya alam yang dapat dimanipulasi manusia untuk meningkatkan kesejahteraannya,

sehingga pemanfaatannya harus dilakukan secara bijaksana sehingga keseimbangan ekosistem tetap terjaga dengan baik

4. Asas keempat: Peningkatan ketersediaan sumber daya alam akan memengaruhi penggunaan energi dan air, kepadatan populasi, produksi dan lain-lain yang sifatnya mengikuti hukum “pertumbuhan”. Contoh: pada tanaman yang mendapatkan tambahan energi (pupuk) akan meningkatkan pertumbuhan dan produksi sampai titik optimum. Hasil produksi tidak akan maksimum bahkan akan mati dan layu jika melebihi batas maksimum.
5. Asas kelima: Makhluk hidup yang lebih cepat beradaptasi dengan lingkungannya akan lebih mampu bersaing. Makhluk hidup yang memiliki adaptasi yang lebih cepat akan mampu bersaing dengan makhluk hidup dengan adaptasi yang lambat. Adaptasi yang dimaksud disini yaitu pada proses morfologi, fisiologis dan perilaku. Contoh pada proses morfologi hewan jerapah yang memiliki leher yang panjang akan lebih mudah mendapatkan makanan pada pohon yang tinggi dibandingkan hewan lainnya.
6. Asas keenam: Makin stabil suatu ekosistem, makin mantap keanekaragaman suatu komunitas.
Keseimbangan lingkungan dalam suatu ekosistem sangat ditunjang oleh keanekaragaman jenis organisme di dalamnya. Ekosistem yang stabil di dalamnya dapat ditemukan keanekaragaman jenis yang tinggi. Contoh sungai di dalamnya terdapat beberapa jenis ikan, jika terjadi pencemaran maka ikan yang peka akan berpindah ke bagian sungai yang tidak tercemar.
7. Asas ketujuh: Sistem yang sudah mantap akan mengeksploitasi sistem yang belum mantap. Contoh: Populasi tikus akan menetap persawahan yang sudah siap panen, dan akan berpindah ke sawah lainnya jika sudah siap panen.
8. Asas kedelapan: Organisme atau populasi dalam suatu komunitas yang tertekan oleh lingkungannya akan berupaya tidak punah. Contoh: Tanaman jagung yang terlindung oleh pepohonan. Tanaman

jagung memerlukan sinar matahari untuk proses fotosintesis dan pertumbuhannya, tetapi sinar matahari tertahan oleh pepohonan.

11.2.4 Manfaat Ekologi

Ekologi memberi manfaat bagi makhluk hidup dan lingkungannya. Di antara manfaat tersebut yaitu (Mulia, 2021):

1. Memberikan kemudahan dalam memahami terhadap perilaku makhluk hidup. Contohnya Kapal selam menggunakan sistem sonar yang di adaptasi dari sistem sonar lumba-lumba.
2. Memberi informasi terkait peran manusia pada lingkungan. Contohnya pestisida yang digunakan secara berlebihan menimbulkan dampak bagi kesehatan
3. Mengenal keanekaragaman hayati. Contohnya mengetahui jenis-jenis jenis tumbuh-tumbuhan yang aman dan berbahaya jika dikonsumsi.
4. Pemanfaatan sumber daya alam sesuai peruntukan dan bijak. Contohnya inovasi dalam membuat bahan bakar ramah lingkungan dengan mengetahui bahwa bahan bakar minyak dan gas sewaktu-waktu akan habis.

11.3 Lingkungan

Lingkungan hidup merupakan bagian dari kehidupan manusia. Lingkungan hidup tidak terlepas dari kehidupan manusia, di mana manusia mencari sumber makanan dan minum serta kebutuhan lainnya berasal dari lingkungan hidup. Begitu juga makhluk hidup lainnya seperti hewan memperoleh makanan dari lingkungan seperti burung mencari makanan yang tersedia dari lingkungan yakni ulat, cacing, air dan biji-bijian. Tumbuh-tumbuhan dapat hidup karena air, udara, humus, unsur-unsur hara dan sebagainya (Siahaan, 2004).

11.3.1 Pengertian Lingkungan

Siahaan (2004), mengatakan bahwa lingkungan hidup adalah semua benda, daya dan kondisi yang terdapat dalam suatu tempat manusia atau makhluk

hidup berada dan dapat memengaruhi hidupnya. Segala sesuatu yang mengelilingi atau memengaruhi suatu organisme selama waktu hidupnya secara kolektif disebut sebagai lingkungan (Academy, 2018). Lingkungan adalah segala sesuatu disekitar kita yang dapat memberikan pengaruh besar pada kehidupan kita (Wiryo, 2013). Berdasarkan UU No.32 Tahun 2009 Kemenkumham (2009), bahwa 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.

11.3.2 Komponen Lingkungan

Hubungan dan interaksi antar organisme dan lingkungan sangat kompleks. Kehidupan yang kompleks antara komponen biotik dan abiotik yang selalu berubah dan terus berubah

Tabel 11.1: Komponen Lingkungan (Academy, 2018)

Komponen pada Lingkungan	
Abiotik	Biotik
Energi	Tanaman Hijau
Radiasi	Tumbuhan tidak hijau
Aliran Suhu dan panas	Pengurai
Air	Parasit
Gas atmosfer dan angin	Simbion
Api	Hewan
Gravitasi	Manusia
Topografi	
Tanah	
Substrat geologi	

11.3.3 Jenis-Jenis Lingkungan

LL. Bernard dalam bukunya berjudul *Introduction to Social Psychology* membagi lingkungan atas empat macam (Siahaan, 2004) (Fadli, Mukhlis and Lutfi, 2016) yaitu

1. Lingkungan fisik atau anorganik yaitu lingkungan yang terdiri dari gaya dan fisiogeografis seperti tanah, udara, laut, ombak, gaya tarik, radiasi dan sebagainya
2. Lingkungan biologi atau organik yaitu segala sesuatu yang bersifat biotik berupa mikroorganisme, parasit, hewan dan tumbuh-tumbuhan.
3. Lingkungan sosial seperti lingkungan fisiososial, biososial dan psikososial
4. Lingkungan komposit yaitu lingkungan yang diatur secara institusional berupa lembaga-lembaga masyarakat baik yang terdapat di daerah kota dan desa.

11.4 Ekosistem

Suatu tatanan ekosistem yang seimbang akan terbentuk pada interaksi yang dinamis namun harmonis antara makhluk hidup dan lingkungannya. Semua organisme di bumi akan memperoleh keselarasan hidupnya. Pada tatanan ekosistem komponen biotik dan abiotik menjadi dua unsur penting yang tidak dapat terpisahkan. Namun kerusakan ekosistem tidak dapat dihindari pada keseimbangan tersebut di mana lingkungan bukan lagi tempat untuk tinggal dan hidup yang nyaman (Widodo et al., 2021).

Ekosistem berasal dari asal kata oikos dan sistem. Oikos berarti rumah sedangkan system adalah suatu kesatuan yang teratur dan terpadu antara keseluruhan bagian-bagiannya (Siahaan, 2004). Benda-benda di alam lingkungan dapat dibedakan menjadi dua komponen utama dari suatu ekosistem yaitu ekosistem abiotik (benda mati) dan ekosistem biotik (benda hidup) (Darmono, 2008).

Ekosistem menurut Tansley (1935), adalah sistem terintegrasi yang terdiri dari interaksi komponen biotik dan abiotik. Point penting dalam definisi tersebut

bahwa ekosistem adalah suatu sistem yang menyiratkan bahwa ia memiliki batas-batas dan bahwa kita dapat membedakan antara sistem dan lingkungannya (Jorgensen, 2009). UU no 32 tahun 2009 disebutkan bahwa ekosistem adalah tatanan unsur lingkungan hidup yang merupakan kesatuan utuh menyeluruh dan saling memengaruhi dalam membentuk keseimbangan, stabilitas dan produktivitas lingkungan hidup (Kemenkumham, 2009).

Ekosistem sangat bervariasi dalam ukuran dan elemen tetapi masing-masing unit alam yang berfungsi. Segala sesuatu yang hidup di ekosistem bergantung pada spesies dan elemen yang lain yang merupakan bagian dari komunitas ekologi itu. Jika satu bagian ekosistem rusak atau hilang, berdampak pada segala sesuatu yang lain. Ekosistem bisa sekecil pohon tunggal atau seluas seluruh hutan (Academy, 2018).

11.4.1 Jenis-Jenis Ekosistem

Ekosistem dibedakan berdasarkan karakteristik masing-masing yaitu (Widodo et al., 2021):

1. Ekosistem Darat

Berdasarkan karakteristik ekosistem darat dibedakan menjadi 7 yaitu

- a. Ekosistem hutan gugur. Ekosistem hutan gugur memiliki karakteristik yang khas yaitu tumbuhannya memiliki daun yang meranggas sewaktu musim dingin
- b. Ekosistem hutan tropis. Ekosistem ini memiliki tingkat biodiversitas tumbuhan dan hewan yang tinggi
- c. Ekosistem padang rumput. Ekosistem ini terdapat pada daerah yang beriklim tropis sampai dengan yang beriklim sedang seperti Rusia Selatan
- d. Ekosistem Taiga. Ekosistem ini terdapat di daerah subtropika daerah kutub seperti di daerah Rusia, Skandinavia, Kanada dan Alaska
- e. Ekosistem Tundra. Ekosistem ini terletak di area kutub utara sehingga memiliki iklim kutub
- f. Ekosistem Gurun. Ekosistem ini terdapat di wilayah Australia, Amerika Utara, Asia Barat dan Afrika Utara.

2. Ekosistem Air Laut

- a. Ekosistem Pantai. Ekosistem ini terletak antara ekosistem darat, daerah pasang surut air laut, dipengaruhi oleh gelombang pasang surut air laut
- b. Ekosistem Terumbu Karang. Terumbu karang merupakan ekosistem dasar air laut yang terdiri dari interaksi antar hewan karang yang membentuk kalsium karbonat atau batu kapur
- c. Ekosistem Estuaria. Estuaria merupakan muara dari aliran sungai dengan laut, salinitas airnya sangat dipengaruhi pasang surut airnya

3. Ekosistem Air Tawar

Ekosistem air tawar merupakan ekosistem yang memiliki salinitas yang rendah. Yang termasuk dalam ekosistem air tawar berdasarkan keadaan air yaitu perairan tenang dan perairan mengalir.

11.4.2 Kerusakan Ekosistem

Kerusakan pada ekosistem di permukaan bumi disebabkan oleh 2 faktor yaitu (Widodo et al., 2021):

1. Faktor Alamiah

Ekosistem mengalami kerusakan karena faktor dari alam itu sendiri misalnya terjadi banjir, gempa bumi, tsunami, kebakaran hutan, longsor dan kerusakan alam lainnya. Contohnya tsunami di Aceh tahun 2004 mengakibatkan kerusakan ekosistem baik itu terjadi pada tumbuhan, hewan bahkan manusia bisa mati.

2. Faktor Manusia

Ekosistem juga mengalami kerusakan karena disebabkan dari aktivitas manusia. Manusia sebagai salah satu makhluk hidup membutuhkan makhluk hidup lainnya dalam sebuah ekosistem. Seperti penebangan pohon di hutan secara berlebihan, pembakaran hutan untuk pembukaan lahan perkebunan dan kerusakan lainnya untuk kebutuhan manusia dalam hidupnya.

11.5 Pencemaran Lingkungan

Sejak revolusi industri abad ke- 18 dan 19 dampak manusia terhadap lingkungan sangatlah besar. Pembakaran bahan bakar fosil memberikan dampak yang besar dan signifikan. Teknologi industri telah membawa jutaan manusia dari daerah pedesaan menuju perkotaan sehingga secara dramatis mengurangi jumlah orang yang dibutuhkan untuk menggarap tanah. Penggunaan pupuk dan pestisida untuk meningkatkan produksi pertanian tetapi memberikan dampak terhadap lingkungan (Pollock, 2005).

Pencemaran lingkungan hidup 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 (Kemensetneg, 2021). Untuk mengetahui terjadinya kerusakan atau pencemaran lingkungan, indikator yang digunakan adalah baku mutu lingkungan hidup. Dalam Undang-Undang No.32 Tahun 2009 tentang Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup pasal 1 (Kemenkumham, 2009):

“Baku mutu lingkungan hidup adalah ukuran batas atau kadar makhluk hidup, zat, energi, atau komponen yang ada atau harus ada dan/atau unsur pencemar yang ditengah keberadaannya dalam suatu sumber daya tertentu sebagai unsur lingkungan hidup”.

11.5.1 Jenis-Jenis Pencemaran Lingkungan

1. Pencemaran Udara

Pencemaran Udara adalah masuk atau dimasukkannya zat, energi, dan/atau komponen lainnya ke dalam udara ambien oleh kegiatan manusia sehingga melampaui Baku Mutu Udara Ambien yang telah ditetapkan (Kemensetneg, 2021). Pencemaran udara adalah fenomena adanya zat baik kimia, fisika dan biologi yang mencemari atmosfer, sehingga berbahaya bagi kesehatan makhluk hidup. Kasus pencemaran udara paling tinggi di daerah perkotaan berdasarkan data WHO 80% orang perkotaan telah terpapar pencemaran udara (Widodo et al., 2021).

Pencemaran udara terjadi apabila mengandung satu macam atau lebih bahan pencemar yang diperoleh dari hasil proses kimiawi seperti gas

CO, CO₂, SO₂, SO₃, gas dengan konsentrasi tinggi atau kondisi fisik seperti suhu yang sangat tinggi bagi ukuran hewan, manusia dan tumbuh-tumbuhan. Gas-gas tersebut terbentuk di udara baik itu secara alamiah dari letusan gunung merapi, kebakaran hutan dan pelapukan tumbuh-tumbuhan maupun diperoleh dari kegiatan manusia dari aktivitas industri dan kendaraan bermotor yang akan mengganggu siklus udara dengan sendirinya akan mengganggu keseimbangan dinamik di udara sehingga dapat menyebabkan pencemaran udara (Sumantri, 2010).



Gambar 11.1: Pencemaran udara akibat aktivitas industri (Merdeka.com, 2022)

2. Pencemaran Air

Pencemaran Air adalah masuk atau dimasukkannya makhluk hidup, zat, energi, dan atau komponen lain ke dalam air oleh kegiatan manusia sehingga melampaui Baku Mutu Air yang telah ditetapkan (Kemensetneg, 2021).

Sumantri (2010), mengatakan bahwa air pada lingkungan telah tercemar dapat diamati pada beberapa tanda atau indikator yaitu

- a. Pengamatan secara fisik yaitu pengamatan yang dilakukan pada air berdasarkan adanya perubahan rasa, warna, bau dan tingkat kekeruhan.

- b. Pengamatan secara kimiawi yaitu pengamatan yang dilakukan pada berdasarkan adanya zat kimia yang ikut terlarut pada air serta adanya perubahan PH
- c. Pengamatan secara biologis yaitu pengamatan yang dilakukan berdasarkan adanya mikroorganisme yang ditemukan dalam air seperti bakteri patogen.



Gambar 11.2: Pencemaran air pada pada sungai berasal dari aktivitas pemukiman penduduk dan industri (Detik.com, 2022)

3. Pencemaran Tanah

Sama halnya dengan udara dan air, tanah merupakan unsur penting untuk menunjang kehidupan makhluk hidup. Terkait ini, maka sudah menjadi kewajiban bagi makhluk hidup untuk menjaga struktur dan kualitas tanah agar tidak tercemar. Di permukaan bumi, banyak bahan-bahan yang menyebabkan pencemaran tanah, baik itu organik maupun anorganik.

Penurunan kualitas tanah terutama disebabkan oleh kehadiran bahan-bahan pencemar di tanah. Tanah merupakan tempat penampungan berbagai bahan kimia yang berasal dari rembesan penumpukan sampah, instalasi pengolahan air limbah, dan sumber-sumber lainnya. Dalam beberapa kasus, kontaminasi pestisida terhadap lahan pertanian menyebabkan terjadinya penumpukan bahan berbahaya dan beracun di dalam tanah (Sumantri, 2010).



Gambar 11.3: Pencemaran tanah dari aktivitas pembuangan sampah (Seputarilmu.com, 2022)

11.5.2 Dampak Pencemaran Lingkungan

Dampak pencemaran lingkungan tidak hanya pada lingkungan namun juga memberikan dampak pada kelangsungan hidup makhluk lainnya seperti tanaman, hewan bahkan manusia. Di bawah ini beberapa dampak pencemaran yang ditimbulkan pada komponen lingkungan yaitu

1. Dampak Pencemaran air

Manusia merasakan kerugian dari air yang tercemar. Pencemaran air memberikan kerugian di mana air tidak dapat dikonsumsi oleh rumah tangga, air juga tidak dapat digunakan oleh pihak industri jika air mengandung minyak dan ion logam yang bersifat sadah, air tidak digunakan oleh pertanian jika air mengandung bahan pencemar anorganik serta air jika tercemar dapat menjadi penyebab penyakit jika tercemar oleh beberapa komponen pencemar (Widodo et al., 2021).

2. Dampak Pencemaran udara

Dampak pencemaran udara dapat dirasakan dengan adanya perubahan pada gas-gas yang ada atmosfer bumi. Di antaranya gas karbon monoksida, nitrogen oksida dan nitrogen dioksida. Karbon monoksida di alam dapat berupa cairan dengan suhu -1920C dan gas CO sekitar 0,1 ppm. Pada daerah perkotaan dengan kepadatan lalu

lintas yang tinggi kadar CO mencapai 10-15 ppm. Adanya konsentrasi CO yang tinggi dapat memberikan pengaruh pada kesehatan bahkan menyebabkan kematian. CO yang masuk ke dalam paru-paru akan mengikuti peredaran darah dan dapat menghalangi masuknya oksigen yang dibutuhkan dalam tubuh kita. Hal ini karena terjadi reaksi metabolisme dalam darah akibat adanya gas CO (Widodo et al., 2021).

Gas nitrogen oksida (NOX) terdiri dari dua senyawa, yaitu nitrogen oksida (NO) dan nitrogen dioksida (NO₂). Keduanya senyawa tersebut sama-sama memberikan bahaya bagi kesehatan. Di mana toksisitas gas NO₂ mengandung racun empat kali daripada gas NO. Paru-paru merupakan organ yang paling peka terhadap gas NO₂. Paru-paru penderita akan membengkak jika terdapat gas NO₂ bahkan penderita akan sulit bernafas hingga menyebabkan kematian

3. Dampak Pencemaran tanah

Aktivitas pembuangan sampah ke tanah oleh manusia baik itu dari kegiatan rumah tangga maupun industri dapat memberi dampak langsung pencemaran pada tanah. Gas amonia yang dihasilkan dari limbah organik yang terdegradasi oleh mikroba akan menghasilkan bau yang tidak sedap akibat dari penguraian senyawa makro dan mikro. Dampak tak langsung dari pencemaran tanah yaitu timbulnya media lain sebagai perantara timbulnya penyakit contohnya lalat yang hinggap pada sampah akan menjadi media penularan penyakit pada manusia (Widodo et al., 2021).

Penurunan kualitas tanah telah memberikan dampak pada kesehatan, seperti dampak kekurangan unsur-unsur hara mikro yang terkandung dalam bahan makanan terhadap kesehatan manusia. Salah satu contoh Selenium (Se) yang bersifat toksik pada dosis tinggi tetapi sangat dibutuhkan dalam konsentrasi mikro. Kekurangan unsur mikro ini memberikan efek yang merugikan bagi manusia dan hewan (Sumantri, 2010).

Daftar Pustaka

- A. Fauzi (2014) *Valuasi Ekonomi dan Penilaian Kerusakan Sumber Daya Alam dan Lingkungan*. 1st edn. Edited by Dwi M. Nastiti. Bogor: IPB Press.
- A. Sonny Keraf (2005) *Etika Lingkungan*. 2nd edn. Edited by T. Jakob Koekerits and Tri Marganingsih. Jakarta: PT. Kompas Media Nusantara.
- Academy, S.I. (2018) *Environment*. SHankar IAS Academy. Available at: <https://id.id1lib.org/book/3712616/983f73>.
- Achmadi, U. F. (2011) 'Manajemen Penyakit Berbasis wilayah', *The National Journal Of Public Health*.
- Afidatul Muadifah (2019) *Pengendalian Pencemaran Lingkungan*. 1st edn. Edited by Indra Lasmana Tarigan. Malang: Media Nusa Creative.
- Andi Tenri and Muh. Yunus (2022) *Sosiologi Lingkungan*. 1st edn. Edited by Aziz Thaba. Sukoharjo: CV Tahta Media Group.
- Ariwidodo, E. (2014) 'relevansi pengetahuan masyarakat tentang Lingkungan dan etika lingkungan dengan partisipasinya dalam pelestarian lingkungan', *NUANSA: Jurnal Penelitian Ilmu Sosial dan Keagamaan Islam*, 11(1), pp. 1–20.
- Asdak, C. (2018) *Kajian Lingkungan Hidup Strategis*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Atap (2021) 'Pencemaran Lingkungan: Pengertian, Contoh, Dampak dan Cara Mengatasi', *Gramedia Blog*. Gramedia. Available at: <https://www.gramedia.com/literasi/pencemaran-lingkungan/>.

- Azwar, (1990) Pengantar Ilmu Kesehatan Lingkungan, PT. Mutiara Sumber Widya, Jakarta,
- Bahtiar, (2006) Kondisi Sanitasi Lingkungan Kapal penumpang PT. Pelni KM. Lambelu, Makassar, Sulawesi Selatan,
- Baiquni, M. (2009) 'REVOLUSI INDUSTRI, LEDAKAN PENDUDUK DAN MASALAH LINGKUNGAN', Jurnal Sains dan Teknologi Lingkungan, 1(1), pp. 38–59.
- Bakornas-PB. (2007). Pengenalan Karakteristik Bencana dan Upaya Mitigasinya di Indonesia (II). Bakornas PB.
- Bappenas. (2014). Membangun Ketangguhan Bangsa Melalui Upaya Pengurangan Resiko Bencana. BAPPENAS.
- Beder, S. (1993). The Nature of Sustainable Development Scribe, Newham.
- Berkala, B. et al. (2013) 'Peranan Tanaman terhadap Pencemaran Udara di Jalan Protokol Kota Semarang', Biosaintifika: Journal of Biology & Biology Education, 5(1).
- BNPB. (2012). Pedoman Umum Pengkajian Risiko Bencana. Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB).
- BNPB. (2019). Buku Saku Tanggap Tangkas Tangguh Menghadapi Bencana. Badan Nasional Penanggulangan Bencana.
- Budiman Chandra (2007) Pengantar Kesehatan Lingkungan. 1st edn. Edited by Palupi Widyastuti. Jakarta: EGC.
- CDC (2019) 'Radiation and Pregnancy : Information for Clinicians', National Center for Environmental Health Agency for Toxic Substances and Disease Registry, p. 5. Available at: https://www.cdc.gov/nceh/radiation/emergencies/pdf/303779-A_2019_Radiation-and-Pregnancy_508.pdf.
- CDC (2022) Radiation Studies: CDC - What is Radiation?, U.S. Department of Health & Human Services. Available at: https://www.cdc.gov/nceh/radiation/what_is.html (Accessed: 24 June 2022).
- Contemporary Physics Education Project (2018) 'Chapter 15 Radiation in the Environment', in A Guide to the Nuclear Science Wall Chart, pp.97–105. Available at:

- <https://www2.lbl.gov/abc/wallchart/teachersguide/pdf/NuclearTeachersGuide-2019.pdf>.
- Crenshaw, E.M. and Jenkins, J.C. (1996) Social structure and global climate change. *Sociological focus* 29 (4), 341-358. DOI: 10.1080/00380237.1996.10570650.
- Danusaputro, M. (1980) *Hukum Lingkungan Buku I: Umum*. Bandung: Bina Cipta.
- Danusaputro, M. (1985) *'Hukum Lingkungan Buku II: Nasional'*.
- Darmono (2008) *Lingkungan Hidup dan Pencemaran*. Jakarta: UI Press.
- Detik.com (2022) *Pencemaran Air*. Available at: <https://www.detik.com/edu/detikpedia/d-5693376/pencemaran-air-pengertian-penyebab-dan-dampaknya-bagi-lingkungan>.
- Dharmawan, A. and Ibrohim, H. (2005) *'Ekologi hewan'*, Universitas Negeri Malang, Malang [Preprint].
- Dosen Kesehatan Lingkungan Indonesia (2019) *Kesehatan Lingkungan, Teori dan Aplikasi*. 1st edn. Edited by C. Puspawati, K. Prabowo, and Pujiono. Jakarta: EGC.
- Echols dan Shadily, (2003) *Kamus Inggris Indonesia*, Gramedia, Jakarta,
- EEA briefing - Informal Council Meeting of EU Environment Ministers (2014). *Climate change mitigation*. <https://www.eea.europa.eu/themes/climate/eea-briefing-informal-council-meeting/view>.
- Entjang, (2000) *Ilmu Kesehatan Masyarakat*, PT Citra Adtya Bakti, Bandung,
- Erwedi, E. et al. (2021) *'RANCANGAN LANSKAP PASCATAMBANG BATUBARA SEBAGAI KAWASAN GREEN BELT BERBASIS AGROFORESTRI BERDASAR LITERATUR REVIEW'*, Prosiding Seminar Teknologi Kebumihan dan Kelautan, 3(1), pp. 244–252.
- Everuss, L., & Lever-Tracy, C. (2020). *Global Warming*. In G. Ritzer and J.M. Ryan (Eds.), *The Blackwell Encyclopedia of Sociology*. John Wiley & Sons, Ltd.
- Fadli, M. and Mustafa, L. (2016) *Hukum dan Kebijakan Lingkungan*. Malang: Universitas Brawijaya Press.

- Fadli, M., Mukhlis and Lutfi, M. (2016) *Hukum dan Kebijakan Lingkungan*. UB Press.
- Fahey, D.W., S.J. Doherty, K.A. Hibbard, A. Romanou & P.C. Taylor. (2017). Physical drivers of climate change. In: *Climate science special report: Fourth national climate assessment, volume I* [Wuebbles, D.J., D.W. Fahey, K.A. Hibbard, D.J. Dokken, B.C. Stewart & T.K. Maycock (eds.)]. U.S. Global Change Research Program, Washington, DC, p. 78, Fig. 2.3 and p. 86. doi: 10.7930/J0513WCR
- Fandeli, C. (1995) *Analisis mengenai dampak lingkungan: prinsip dasar dan pemapannya dalam pembangunan*. Liberty.
- geologinesia (2019) *Macam-Macam Komponen Biotik dan Contohnya*. Available at: <https://www.geologinesia.com/2019/02/macam-macam-komponen-biotik-dan-contohnya.html>.
- Hadi, H, Agustina, S., & Subhani, A. (n.d.). Penguatan Kesiapsiagaan Stakeholder dalam Pengurangan Risiko Bencana Alam Gempabumi. *Geodika: Jurnal Kajian Ilmu Dan Pendidikan Geografi*, 3(1), 30. <https://doi.org/10.29408/geodika.v3i1.1476>
- Handayanto, E. et al. (2017) *Fitoremediasi dan Phytomining Logam Berat Pencemar Tanah*. Available at: https://books.google.co.id/books?hl=en&lr=&id=VQJODwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PR7&dq=bentuk+bentuk+pencemaran+tanah&ots=YAIXeVnd3&sig=K4vtOeH3gwsAWVf_QB5DMBnPLIE&redir_esc=y#v=onepage&q=bentuk bentuk pencemaran tanah&f=false (Accessed: 22 June 2022).
- Hardin, G. (1977) *The Tragedy of Commons*. Library of Congress.
- Henrik Selin, (2022). *Global Warming*. Britannica Online Encyclopedia.. <https://www.britannica.com/print/article/235402>.
- Henry, J.G and Heinke, G.W. (1989). *Environment Science and Engineering*, Prentice Hall, New Jersey.
- Herdyansah, A, & Rahmawati, D. (2017). Dampak Intrusi Air Laut pada Kawasan Pesisir Surabaya Timur. *Jurnal Teknik ITS*, 6(2), 559–603.
- Hesti, Y. (2020) 'Upaya Penanganan Limbah B3 Dan Sampah Rumah Tangga Dalam Mengatasi Pandemi Corona Sesuai Dengan Surat Edaran No. Se. 2/Menlhk/Pslb3/Plb. 3/3/2020tentang Pengelolaan Limbah Infeksius

- (Limbah B3) Dan Sampah Rumah Tangga Dari Penanganan Corona Virus Disease ', J Pro Justitia [Preprint].
- HIDUP, P.A.P.M.L., YANG, T.P.H.H.K. and ALAM, B.D.H. (2016) 'PERATURAN MENTERI LINGKUNGAN HIDUP DAN KEHUTANAN REPUBLIK INDONESIA'.
- Himpunan Pemerhati Lingkungan Indonesia. (2021). Isu Lingkungan. Available at: <http://www.hpli.org/isu.php>.
- Hunter, D. and Salzman, J. (1998) International Environmental Law and Policy. Washington DC: University Book Series.
- IAEA (2004) Radiation , People and Environment. Edited by J. Ford. Austria: IAEA.
- IAEA (2022) What is Radiation?, IAEA Office of Public Information and Communication. Available at: <https://www.iaea.org/newscenter/news/what-is-radiation>.
- Indriyanto, K. (2006) 'Ekologi Hutan. Bumi Aksara', Jakarta:[sn] [Preprint].
- IPCC (International Panel on Climate Change) (2018) Summary for Policymakers. In Masson-Delmotte, V., P. Zhai, H.-O. Pörtner, D. Roberts, J. et al. (eds.) Global Warming of 1.5°C. In Press.
- IPCC Fourth Assessment Report (Climate Change 2007) - Synthesis Report. Summary for Policymakers - Section 3. Projected climate change and its impacts: IPCC. 2007. pp. 7–14. ISBN 92-9169-122-4.
- IPCC Third Assessment Report (Climate Change 2001) - Synthesis Report. Question 3: Cambridge University Press. 2001. pp. 59–78. ISBN 0 521 80770 0.
- IPCC: SPM.3 Trends in stocks and flows of greenhouse gases and their drivers, in: Summary for Policymakers, in: IPCC AR5 WG3 2014, p. 8
- Irawan, A. (2018) Kualitas Air Tanah di DKI Jakarta Tahun 2018 - Unit Pengelola Statistik, Dinas Lingkungan Hidup DKI Jakarta. Available at: <https://statistik.jakarta.go.id/kualitas-air-tanah-di-dki-jakarta-tahun-2018/> (Accessed: 21 June 2022).
- Islam, F. dkk (2021) Dasar-Dasar Kesehatan Lingkungan. Yayasan Kira Menulis.

- Jorgensen, S.E. (2009) 'Ecosystem Ecology'. Available at: <https://id.id1lib.org/book/658789/e72c2c>.
- Jumar (2000) Entomologi Pertanian. Jakarta: Rineka Cipta. Available at: <https://opac.perpusnas.go.id/DetailOpac.aspx?id=135853#>.
- Kampungilmu.web.id (2018) Ekositem Dan Komponen-komponen Abiotik Ekosistem. Available at: <https://www.kampungilmu.web.id/2018/09/ekositem-dan-komponen-komponen-abiotik.html>.
- Kemenkumham (2009) UU No.32 Tahun 2009 tentang Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup. doi:10.1038/132817a0.
- Kemendsetneg (2021) PP Nomor 22 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup. Available at: [https://jdih.bumn.go.id/lihat/PP Nomor 22 Tahun 2021](https://jdih.bumn.go.id/lihat/PP%20Nomor%2022%20Tahun%202021).
- Kementerian Pekerjaan Umum. (2010). Pedoman Teknis Pengurangan Resiko Bencana Berbasis Komunitas (PRB-BK). Direktorat Jenderal Cipta Karya Kementerian Pekerjaan Umum.
- Khosi'in, K. (2019) 'KEANEKARAGAMAN TANAMAN PAKU (DIVISIO PTERIDOPHYTA) DI TAMAN NASIONAL BUKIT BARISAN SELATAN PROVINSI BENGKULU'. CV. ELSI PRO.
- Kurniasih, W. (2021) 'Pengertian Lingkungan Menurut Para Ahli dan Fungsinya', Gramedia Blog. Gramedia. Available at: <https://www.gramedia.com/literasi/pengertian-lingkungan-menurut-para-ahli/>.
- Kurniawan, A. (2021) "Aturan UU Lingkungan Hidup Nomor 32 Tahun 2009, <https://www.merdeka.com/jabar/aturan-uu-lingkungan-hidup-nomor-32-tahun-2009-berikut-penjasannya-klh.html>, diakses 23 Juni 2022
- Kusnoputranto, (1986) Kesehatan Lingkungan Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Indonesia, Jakarta,
- Kuswanda, W. and Antoko, B. S. (2008) 'KEANEKARAGAMAN JENIS TUMBUHAN PADA BERBAGAI TIPE HUTAN UNTUK Mendukung Pengelolaan Zona Rimba Di Taman Nasional Batang Gadis', Jurnal Penelitian Alam dan Konservasi Alam, 5(4), pp. 337-353.

- Lazuardi. (2021). Penipisan lapisan Ozon dan Penanggulangannya. *Jurnal Pendidikan Science*.
- Lindell, M. K. and Prater, C. S. (2003) 'Assessing Community Impacts of Natural Disasters', *Natural Hazards Review*, 4(4), pp. 176–185.
- Lontzek, T.S., Cai, Y., Judd, K.L. and Lenton, T.M. (2015) Stochastic integrated assessment of climate tipping points indicates the need for strict climate policy. *Nature Climate Change* 5 (5), 441-444. DOI: 10.1038/nclimate2570.
- M. Hutagalung (2008) 'Teknologi Pengolahan Limbah Gas', <http://majarimagazine.com/>.
- Ma'arif, S. (2016) 'Peningkatan hasil belajar Biologi materi pokok ekosistem dengan metode TAI (Team Assisted Individualization) pada siswa kelas X MA Al Hadi Girikusuma tahun pelajaran 2014/2015'. Doctoral dissertation, UIN Walisongo.
- Mahyati dan Abdul Azis, (2007), *Bahan Ajar Pengantar Teknologi Ilmu Lingkungan*, Makassar, Politeknik Negeri Ujung Pandang.
- Manik, K.E. (2009) *Pengelolaan Lingkungan Hidup*. Jakarta: DJambatan.
- Manik, K.E.S. (2018) *Pengelolaan lingkungan hidup*. Kencana.
- Marc L, "What is the greenhouse effect", (2015), <http://www.livescience.com/37743-greenhouse-effect.html>, Accessed 23 May 2015.
- Mawardi, (1992) *Standar sanitasi World Health Organization*.
- Merdeka.com (2022) Penyebab pencemaran udara dan 5 cara mengatasinya. Available at: <https://www.merdeka.com/trending/penyebab-pencemaran-udara-dan-5-cara-mengatasinya-klm.html>.
- Merta, I. W., Darmanika, I. W. M. and Gifari, R. J. (2022) 'Penanggulangan Banjir melalui Reboisasi sebagai Bentuk Pemberdayaan Masyarakat Guna Mewujudkan Desa Siaga Bencana', *Jurnal Pengabdian Magister Pendidikan IPA*, 5(1), pp. 190–194.
- Met Office. (2021). What is climate change? Available at: <https://www.metoffice.gov.uk/weather/climate-change/what-is-climatechange>.

- Miller, G.T. 1975). *Living in the Enviroment Concepts, Problem, and Alternatives*, Wadsworth, California.
- Mulia, V.K. (2021) 'Ekologi: Definisi, Ruang Lingkup, Asas dan Manfaa', Kompas.id. Available at: <https://www.kompas.com/skola/read/2021/04/16/163119269/ekologi-definisi-ruang-lingkup-asas-dan-manfaatnya?page=all>.
- Napitululu, S. and Mudian, B. (2016) 'PENGELOLAAN SUMBER DAYA AIR PADA LAHAN GAMBUT YANG BERKELANJUTAN', *Annuar Civil Engeneering Seminar*2, 1, pp. 330–337.
- Ningrum, E. (2007) 'Pendayagunaan Lingkungan Bagi Pemberdayaan Masyarakat', *Jurnal Geografi*, 7(1).
- Notoatmojo S, (1993) *Ilmu Kesehatan Masyarakat Prinsip - Prinsip Dasar*, Penerbit Rineka Cipta. Jakarta,
- Nur Munirah, A. et al. (2013) 'Pengaruh faktor keruangan dan masa dalam menentukan kadar pintasan hujan di kanopi hutan dipterokarpa, Tasik Chini Pahang', *The Malaysian Journal of Analytical Sciences*, 17(1), pp. 11–23.
- OSHA (2022) *Radiation, Occupational Safety & Health Administration*. doi:10.1016/b978-032302610-9.50030-6.
- Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 12 Tahun 2012 tentang izin lingkungan
- Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 27 Tahun 1999 tentang pengendalian pencemaran udara
- Pollock, S. (2005) *Eyewitness Ecology*. United Stated: DK Publishing. Available at: <https://id.id1lib.org/book/1105266/d977b4>.
- Pribadi, A. (2019) *Air Tanah dan Masa Depan Jakarta*, Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral.
- Putranto, Haryanto, (1993) *Kesehatan Lingkungan*, Departemen Pendidikan dan Kebudayaan, Universitas Indonesia, Jakarta, ,
- Rahma, A. (2018). Implementasi Program Pengurangan Risiko Bencana (PRB) Melalui Pendidikan Formal. *Jurnal VARIDIKA*, 30(1), 1–11. <https://doi.org/10.23917/varidika.v30i1.6537>

- Rahmadi, T. (2019) *Hukum Lingkungan di Indonesia*. RajaGrafindo Persada.
- Rahmat (2018) “HARMONISASI HUKUM BIDANG LINGKUNGAN HIDUP YANG BERKEADILAN, DEMOKRATIS DAN BERKELANJUTAN,” *JURNAL HUKUM MEDIA BHAKTI*, Vol.2, No.2, Des 2018, pp. 119~126.
- Rakhman, A. N. (2020) ‘View of SELIDIK CEPAT CIRI AIR TANAH YANG TERCEMAR (KAWRUH TIRTA) DI FORUM KOMUNIKASI WARGA BUDAYA JAWA NGUDI KAWRUH JAWA, MRANGGEN, SEWON, BANTUL’, *Jurnal Dharma Bakti LPPM IST AKPRIND*, 3(1), pp. 26–34.
- Rantetampang, A.L., (1985) *Pengaruh Penyakit Cacing pada Murid Kelas III dan IV Sekolah*. Dasar II Abepura,.
- Riyanto, A. (2019) *Kesehatan Lingkungan, Teori dan Aplikasi*. 1st edn. Edited by Catur Puspawati, Kuart Prabowo, and Pujiono. Jakarta: EGC.
- Rizal, R. (2021). *Studi Kelayakan Lingkungan*. LPPM UPN Veteran Jakarta.
- Schwartz, K. R. et al. (2017) ‘Integrating in-situ and ex-situ data management processes for biodiversity conservation’, *Frontiers in Ecology and Evolution*, 5(OCT), p. 120.
- Seputarilmu.com (2022) *Pencemaran Tanah*. Available at: <https://seputarilmu.com/2020/02/pencemaran-tanah.html>.
- Serafica Gischa, 2020, *Kualitas Lingkungan Hidup: Faktor dan Permasalahannya*, Kompas.com
- Setyowati, D, Martuti, N. K. T, & Nugraha, S. B. (2016). *Pendidikan Bencana Banjir (Kesiapan Masyarakat dalam Menghadapi Banjir di Kali Beringin Indonesia dan Sungai Uthapao Thailand)*. CV Sanggar Krida Aditama.
- Setyowati, D.L. (2019). *Pendidikan Kebencanaan, Urgensi Pendidikan Mitigasi Bencana*. Universitas Negeri Semarang.
- Siahaan (2004) *Hukum Lingkungan dan Ekologi Pembangunan*. Edisi Kedu. Jakarta: Penerbit Erlangga.
- Simbolon, A. R. (2016) ‘PENCEMARAN BAHAN ORGANIK DAN EUTROFIKASI DI PERAIRAN CITUIS, PESISIR TANGERANG’, *Jurnal Pro-life*, 3(2), pp. 109–118.

- Singh, J. et al. (2020) 'Water Pollutant: Origin and Status', in *Sensors in Water Pollutants Monitoring: Role of Material*, pp. 5–20.
- Slamet, (2002). *Kesehatan Lingkungan*. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.
- Soemarwoto, O. (1991) 'Ekologi lingkungan hidup dan pembangunan'.
- Soemirat. S, (2004) *Kesehatan Lingkungan*, UGM, Yogyakarta,
- Soerjani M, 1985, *Peranan Ilmu Hayat dalam Pembangunan Berwawasan Lingkungan*, Pusat Penelitian Sumber Daya Manusia dan Lingkungan Universitas Indonesia
- Sri Wahyuni, S.W. (2014) 'Inventarisasi Jenis Serangga Tanah dengan Menggunakan Metode PitFall Trap di Kawasan Arboretum Nyaru Menteng Palangka Raya.' IAIN Palangka Raya.
- Stewart, R. and Krier, J. E. (1978) *Environmental Law and Policy*. New York: The Bobbs Merrill Co. Inc.
- Suhartini, (2018) " *Pengelolaan Lingkungan*" Modul Pengayaan Materi Proyek Pendampingan SMA
- Suharto, R. B., Hilmawan, R. and Yudaruddin, R. (2015) 'SUMBER DAYA ALAM UNTUK KESEJAHTERAAN PENDUDUK LOKAL: Studi Analisis Dampak Pertambangan Batu Bara Di Empat Kecamatan Area Kalimantan Timur, Indonesia', *Jurnal Organisasi dan Manajemen*, 11(2), pp. 127–137.
- Sumantri, A. (2010) *Kesehatan Lingkungan*. Kencana Predana Media Group.
- Susan Callery, (2022). *Global climate change (NASA)*. Responding to Climate Change. <https://climate.nasa.gov/>.
- Susana, T. (2003) 'Air Sebagai Sumber Kehidupan', *Oseana*, 28(3), pp. 17–25.
- Suwarno, D. P. P. (2018) 'TECHNOSOL TANAH MASA DEPAN', *Jurnal Agroteknologi*, 2(1), pp. 93–107.
- Tasnim (2020) *Konsep Dasar Memahami Kualitas Lingkungan*. Gosyen Publishing.
- Tropik, J. P. and Hidayat, B. (2015) 'REMEDIASI TANAH TERCEMAR LOGAM BERAT DENGAN MENGGUNAKAN BIOCHAR', *Jurnal Pertanian Tropik*, 2(1), pp. 51–61.

- Umair Shahzad, (2015). Global Warming: Causes, Effects and Solutions. Durreesamin Journal (ISSN:2204-9827), August Vol 1 Issue 4, Year 2015.
- Undang-undang No 23. (1997) “UNDANG-UNDANG REPUBLIK INDONESIA NOMOR 23 TAHUN 1997 TENTANG PENGELOLAAN LINGKUNGAN HIDUP”
<https://peraturan.bpk.go.id/Home/Details/38771/uu-no-32-tahun-2009>
diakses 23 Juni 2022
- Undang-undang No 32. (2009) “UNDANG-UNDANG REPUBLIK INDONESIA NOMOR 32 TAHUN 2009 TENTANG PERLINDUNGAN DAN PENGELOLAAN LINGKUNGAN HIDUP”
<https://peraturan.bpk.go.id/Home/Details/38771/uu-no-32-tahun-2009>
diakses 23 Juni 2022
- Undang-undang No. 4. (1982) “UNDANG-UNDANG REPUBLIK INDONESIA NOMOR 4 TAHUN 1982 TENTANG PENGELOLAAN LINGKUNGAN HIDUP”
<https://peraturan.bpk.go.id/Home/Details/38771/uu-no-32-tahun-2009>
diakses 23 Juni 2022
- Undang-Undang Nomor 23 Tahun 1997 tentang pengelolaan lingkungan hidup
- Undang-Undang Nomor 32 Tahun 2009 tentang perlindungan dan pengelolaan lingkungan hidup.
- UNDRR. (2017). Disaster and Prevention. <https://www.Preventionweb.Net/Terminology/View/475>.
- UNSCEAR (2018) Sources and Effects of Ionizing Radiation: United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation 2017 Report, Radiation Research.
- Usman, R. (1993) Pokok-Pokok Hukum Lingkungan Nasional. Jakarta: Akademika Pressindo.
- USNRC (2022) Radiation Basics. Available at: <https://www.nrc.gov/about-nrc/radiation/health-effects/radiation-basics.html>.
- Utami, F. P., Prasetyo, Y. and Sukmono, A. (2016) ‘ANALISIS SPASIAL PERUBAHAN LUASAN MANGROVE AKIBAT PENGARUH LIMPASAN SEDIMENTASI TERSUSPENSI DENGAN METODE

- PENGINDERAAN JAUH (Studi Kasus : Segara Anakan Kabupaten Cilacap, Jawa Tengah) | Utami | Jurnal Geodesi UNDIP', Jurnal Geodesi UNDIP, 5(1), pp. 305–315.
- Utina, R. and Wahyuni, D. (2009) Ekologi dan Lingkungan Hidup. Gorontalo.
- Wahl, L.E. and Labrotary, L.B.N. (2010) 'Fact Sheet: Environmental Radiation', Health Physics Society Specialist in Radiation Safety, (January), pp. 1–6.
- Watch, G. F. (2020) Kerusakan Hutan Hujan Primer Meningkat Sebesar 12% dari Tahun 2019 Hingga Tahun 2020, Data and Research.
- Wibowo, Y. A. et al. (2019) 'Perencanaan Mitigasi Bencana Banjir Non-Struktural Di Daerah Aliran Sungai Comal Hilir, Jawa Tengah', Jurnal Pendidikan dan Ilmu Geografi, 4(2), pp. 87–100.
- Widiyanto, A. et al. (2015) 'POLUSI AIR TANAH AKIBAT LIMBAH INDUSTRI DAN LIMBAH RUMAH TANGGA', KEMAS: Jurnal Kesehatan Masyarakat, 10(2), pp. 246–254.
- Widodo, D. et al. (2021) Ekologi dan Ilmu Lingkungan. Malang: Yayasan Kita Menulis. Available at: <https://id.id1lib.org/book/21273142/7e5a23>.
- Wijono, Djoko. (1999). Manajemen Mutu Pelayanan Kesehatan. Vol.I, Surabaya, Airlangga, Jakarta.
- Wiryono (2013) Pengantar Ilmu Lingkungan. Edisi Revi. Badan Penerbitan Fakultas Pertanian Universitas Bengkulu.
- Woo, S. Y. (2009) 'Forest Decline of the World: A Linkage with Air Pollution and Global Warming', African Journal of Biotechnology, 8(25), pp. 7409–7414.
- World Health Organization (2022a) Radiation. Available at: https://www.who.int/health-topics/radiation#tab=tab_1.
- World Health Organization (2022b) Radiation and Health. Available at: <https://www.who.int/news-room/questions-and-answers/item/radiation-and-health> (Accessed: 23 March 2022).
- World Health Organization. (2004). International Statistical Classification of Disease and Related Health Problems Tenth Revision Volume 2 second edition. Geneva: World Health Organization.
- Yusuf, M. et al. (no date) 'Asma dan Polusi Udara'.

-
- Zairin, Z. (2016). Kerusakan Lingkungan Dan Jasa Ekosistem', *Jurnal Georaflesi. Artikel Ilmiah Pendidikan Geografi*, 1(2), 38–49.
- Zehr, S. (2015) The sociology of global climate change. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Climate Change* 6 (2), 129-150. DOI: 10.1002/wcc.328.
- Zemánek, P. (2011) 'EVALUATION OF COMPOST INFLUENCE ON SOIL WATER RETENTION', (3), pp. 227–232.

Biodata Penulis



Effine Lourrinx lahir di Bandar Lampung, pada 15 Juni 1994. Pria yang kerap disapa Effine ini merupakan seorang dosen pada program studi Keselamatan dan Kesehatan Kerja di Politeknik Rukun Abdi Luhur, Kudus. Ia juga merupakan praktisi di bidang lingkungan hidup sebagai konsultan independen pada penyusunan dokumen PROPER dan dokumen UKL-UPL.



Mahyati lahir di Ujung Pandang, pada 29 September 1970 merupakan anak tunggal dari pasangan Hj. Julaeha (Ibu) dan Abdul Latief (Ayah). Setelah lulusan 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, bidang pertanian, bidang perikanan

khususnya rumput laut, pendidikan energi terbarukan dan bidang pendidikan vokasi teknik kimia.



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.



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 Lisyé Nanjar, dan telah dikaruniai tiga orang anak, yakni Stella, Ezra, Mita, dan menantu yang bernama Janno. Dan telah dikaruniai seorang cucu yang bernama Jemima. Saat ini David Soputra bekerja sebagai tenaga dosen di Akademi Keperawatan Surya Nusantara, dan STFT Surya Nusantara.



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.



Ir. Firdaus, ST., M.Si., M.T, IPM, lahir di Samarinda, pada tanggal 27 November 1987. Menyelesaikan pendidikan sarjana di jurusan Teknik Perencanaan Wilayah dan Kota Universitas Islam Negeri Alauddin Makassar Tahun 2010, program magister Perencanaan dan Pengembangan Wilayah Universitas Hasanuddin Tahun 2016, program profesi insinyur di Universitas Muslim Indonesia pada Tahun 2019 dan kembali menyelesaikan pendidikan magister Rekayasa Infrastruktur dan Lingkungan di Universitas Fajar Makassar Tahun 2022. Telah mengikuti berbagai pendidikan dan pelatihan lingkungan antara lain Diklat Dasar-dasar AMDAL (AMDAL A), Diklat Penyusun dokumen AMDAL (AMDAL B), Diklat Kajian Lingkungan Hidup Strategis (KLHS), Pelatihan Upaya Pengelolaan dan Upaya Pemantauan Lingkungan (UKL UPL) dan Pelatihan Rencana Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup (RPPLH) serta saat ini sebagai asesor bidang tata lingkungan di Lembaga Pengembangan Jasa Konstruksi (LPJK). Penulis memiliki sertifikat keahlian kualifikasi utama bidang perencanaan wilayah dan kota serta sertifikat insinyur profesional madya dan lisensi anggota tim penyusun AMDAL. Ia saat ini bekerja sebagai dosen pada Program Studi Perencanaan Wilayah dan kota Universitas Muhammadiyah Makassar dengan kemampuan di bidang pengembangan wilayah, pengelolaan lingkungan dan perencanaan wilayah pesisir dan pulau-pulau kecil, selain sebagai dosen ia juga bekerja sebagai seorang konsultan profesional pada proyek-proyek pemerintah dan swasta di

bidang penataan ruang, pengembangan kebijakan dan pengelolaan lingkungan hidup.



Ibnu Rois lahir di Riau, pada 9 Agustus 1985. Ia tercatat sebagai lulusan Poltekkes Kemenkes Yogyakarta (2009) dan Universitas Sebelas Maret (2018). Dia adalah anak dari pasangan Mukito (ayah) dan Siti Munawarah (ibu). Ibnu Rois bekerja di Poltekkes Kemenkes Yogyakarta sejak 2010 dan saat ini menjadi dosen di Prodi D3 Sanitasi. Selain dosen juga sebagai Koordinator Pelaporan Akademik (PDDIKTI) Polkesyo dan pembina UKM Futsal Polkesyo. Hobbynya adalah bermain sepak bola, futsal dan mancing.



Octovianus SR Pasanda, ST., MT, lahir di Kota Ujung Pandang tahun 1965. Menyelesaikan pendidikan S1 di UGM dan S2 di ITS. Saat ini penulis merupakan Dosen di Politeknik Negeri Ujung Pandang Jurusan Teknik Kimia. Beberapa Buku Referensi Ilmiah hasil kolaborasi yang ditulis telah terbit. Penulis juga aktif publikasi dalam Jurnal Nasional dan Internasional. Bersyukur sudah mempunyai paten dan saat ini sedang menunggu publikasi paten berikutnya.



Haerannah Ahmad, SKM, MKM. Lahir di Makassar, 2 Januari 1985, menyelesaikan pendidikan S1 Jurusan Kesehatan Lingkungan Fakultas Kesehatan Masyarakat di Universitas Hasanuddin (2002-2006). Kemudian melanjutkan pendidikan Magister Kesehatan Masyarakat di Universitas Indonesia (2014-2016). Pernah bekerja sebagai Community Facilitator-Health and hygiene di Program Nasional Penyediaan Air Minum dan Sanitasi Berbasis Masyarakat (2009-2010). Saat ini bekerja sebagai Dosen di Jurusan Kesehatan Lingkungan Poltekkes Kemenkes Mamuju sejak Tahun 2010-sekarang dengan Mata kuliah yang diampu adalah Toksikologi Lingkungan, sanitasi Pemukiman, Sanitasi Tempat-tempat umum, Metodologi Penelitian, Promosi Kesehatan, Kewirausahaan dan Komunikasi Kesehatan. Pada saat ini aktif menjadi reviewer pada jurnal Window of Public Health Jurnal FKM Universitas Muslim Indonesia, Makassar



Muhammad Syahrir, S.S., Lahir di Pinrang, 27 Oktober 1990. Pendidikan formal yang telah diikuti SD Negeri 27 Pinrang tahun 1997-2003, SMP Negeri 2 Pinrang Tahun 2003-2005, dan SMA Negeri 2 Pinrang Tahun 2005-2008. Gelar Sarjana Sastra disandang tahun 2014 di Jurusan Arkeologi FIB UNHAS. Saat ini sedang menjalani masa studi magister di Pascasarjana Unifa.



Fajar Akbar, SKM., M.Kes lahir di Sungguminasa Kab.Gowa, pada 5 April 1987. Ia menyelesaikan pendidikan S1 di FKM Unhas 2019 dan Pendidikan S2 di FKM Unhas 2013. Sekarang tercatat sebagai dosen di Jurusan Kesehatan Lingkungan Poltekkes Kemenkes Mamuju dari tahun 2015- sekarang. Pernah meraih penghargaan dari BPPSDMK Kemenkes RI sebagai nominator Dosen Berprestasi Poltekkes Kemenkes Tingkat Nasional Tahun 2021.

PENDIDIKAN LINGKUNGAN HIDUP

Pendidikan lingkungan hidup sangat diperlukan untuk menjawab pertanyaan-pertanyaan yang muncul terkait permasalahan dan pengelolaan lingkungan. Hasil yang diharapkan pada pendidikan lingkungan hidup yaitu terjadi peningkatan kualitas lingkungan yang secara langsung atau tidak langsung akan berkontribusi pada peningkatan kesehatan masyarakat.

Buku ini disusun secara sistematis dan sangat lengkap penjabarannya yang meliputi:

- Bab 1 Konsep Lingkungan Hidup
- Bab 2 Manusia dan Lingkungan Hidup
- Bab 3 Unsur Lingkungan Biotik dan Abiotik
- Bab 4 Pelestarian Lingkungan
- Bab 5 Konsep Lingkungan Hidup
- Bab 6 Pengetahuan Kebencanaan dan Lingkungan
- Bab 7 Pencemaran Lingkungan
- Bab 8 Pemanasan Global
- Bab 9 Radiasi Lingkungan
- Bab 10 Sanitasi Lingkungan
- Bab 11 Ekologi dan Lingkungan



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

