



# **KESEHATAN LINGKUNGAN**

**Victor Trismanjaya Hulu - Tasnim - Samsider Sitorus - Luthfi Parinduri  
Efbertias Sitorus - Muhammad Chaerul - Ratna Puspita - Efendi Sianturi  
Marulam MT. Simarmata - Seri Asnawati Munthe**



# **KESEHATAN LINGKUNGAN**

## UU 28 tahun 2014 tentang Hak Cipta

### Fungsi dan sifat hak cipta Pasal 4

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

### Pembatasan Perlindungan Pasal 26

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

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

### Sanksi Pelanggaran Pasal 113

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

# **KESEHATAN LINGKUNGAN**

Penulis:

Victor Trismanjaya Hulu, Tasnim, Samsider Sitorus, Luthfi Parinduri  
Efbertias Sitorus, Muhammad Chaerul, Ratna Puspita, Efendi Sianturi  
Marulam MT Simarmata, Seri Asnawati Munthe

Penerbit Yayasan Kita Menulis

# Kesehatan Lingkungan

Copyright © Yayasan Kita Menulis, 2020

Penulis:

Victor Trismanjaya Hulu, Tasnim, Samsider Sitorus, Luthfi Parinduri  
Efbertias Sitorus, Muhammad Chaerul, Ratna Puspita  
Efendi Sianturi, Marulam MT Simarmata, Seri Asnawati Munthe

Editor: Alex Rikki

Desain Sampul: Tim Kreatif Kita Menulis  
Sampul: pexel.com

Penerbit

Yayasan Kita Menulis  
Web: [kitamenulis.id](http://kitamenulis.id)  
e-mail: [press@kitamenulis.id](mailto:press@kitamenulis.id)  
WA: 0821-6453-7176

Ana Widyastuti, dkk.

Kesehatan Lingkungan

Yayasan Kita Menulis, 2020

xiv; 168 hlm; 16 x 23 cm

ISBN: 978-623-94636-4-9

Cetakan 1, September 2020

- I. Kesehatan Lingkungan
- II. Yayasan Kita Menulis

## Katalog Dalam Terbitan

Hak cipta dilindungi undang-undang

Dilarang memperbanyak maupun mengedarkan buku tanpa  
ijin tertulis dari penerbit maupun penulis

# Kata Pengantar

Puji dan syukur penulis panjatkan kehadiran Tuhan Yang Maha Esa, yang telah memberikan hikmat kepada penulis sehingga dapat menyelesaikan naskah buku yang berjudul “Kesehatan Lingkungan”.

Seiring dengan perkembangan teknologi saat ini, pembangunan industri juga semakin berkembang. Akibat dari perkembangan industri tersebut, hal ini dapat berpengaruh pada kualitas lingkungan dan kesehatan masyarakat. Dengan demikian agar masyarakat lebih memahami paradigma sehat maka masyarakat harus mengetahui upaya pencegahan penyakit serta interaksi antara agen, pejamu dan lingkungan yang merupakan sebuah proses terjadinya penyakit pada masyarakat atau penduduk.

Penulisan buku ini bertujuan untuk membantu para mahasiswa/i S1, S2 dan S3 bidang Ilmu Kedokteran dan Kesehatan Masyarakat yang berminat mempelajari atau mendalami ilmu kesehatan lingkungan. Buku ini sangat direkomendasikan kepada mahasiswa/i atau dosen dan praktisi untuk menambah pemahaman tentang kesehatan lingkungan, serta dapat dijadikan sebagai buku referensi dalam menyusun tugas akhir.

Dalam penyusunan buku ini, penulis menyadari bahwa penulisan buku ini masih jauh dari kesempurnaan. Oleh karena itu, kami mengharapkan dukungan, saran dan kritik yang bersifat membangun dari para pembaca untuk penyempurnaan buku ini.

Terima Kasih.

Medan, September 2020

Penulis



# Daftar Isi

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

## **Bab 1 Teori Dasar Kesehatan Lingkungan**

1.1 Pendahuluan.....	1
1.2 Definisi Kesehatan Lingkungan .....	2
1.2.1 Kesehatan.....	2
1.2.2 Lingkungan .....	2
1.3 Tujuan dan Ruang Lingkup Kesehatan Lingkungan.....	3
1.4 Penyakit Terkait Lingkungan .....	3
1.5 Faktor Risiko Penyakit yang Bersumber Dari Lingkungan .....	6
1.6 Faktor Lingkungan terhadap Kejadian Penyakit.....	7
1.7 Masalah Kesehatan Lingkungan di Indonesia.....	9
1.8 Paradigma Kesehatan Lingkungan .....	11
1.9 Interaksi Manusia Dengan Lingkungan.....	13

## **Bab 2 Perkembangan Kesehatan Lingkungan**

2.1 Perkembangan Kesehatan Lingkungan Secara Global.....	17
2.1.1 Perkembangan Ilmu Kesehatan Lingkungan Pada Periode Pra Ilmu Pengetahuan .....	19
2.1.2 Perkembangan Ilmu Kesehatan Lingkungan Pada Periode Ilmu Pengetahuan.....	20
2.2 Perkembangan Kesehatan Lingkungan Di Indonesia.....	24

## **Bab 3 Hygiene dan Sanitasi**

3.1 Hygiene dan Sanitasi.....	29
3.1.1 Pengertian Hygiene .....	29
3.1.2 Pengertian Sanitasi .....	31
3.1.3 Pengertian Hygiene dan Sanitasi .....	31

3.2 Tinjauan Umum Tentang Prinsip Hygiene Sanitasi Makanan .....	34
3.3 Ruang Lingkup Hygiene Dan Sanitasi .....	36
3.4 Manfaat Hygiene Dan Sanitasi.....	37
3.5 Upaya Mengatasi Hygiene Dan Sanitasi Lingkungan.....	40

#### **Bab 4 Pengelolaan Sumber Daya Air**

4.1 Sumber Daya Air.....	44
4.1.1 Pemanfaatan Sumber Daya Air .....	44
4.1.2 Kualitas Air .....	45
4.2 Pengelolaan Sumber Daya Air .....	45
4.3 Gangguan Kesehatan yang Berkaitan dengan Air .....	46
4.4 Konservasi Air .....	47
4.4.1 Perlindungan dan Pelestarian Sumber Air .....	47
4.4.2 Pengawetan Air .....	48
4.5 Pengelolaan Kualitas dan Pengendalian Pencemaran .....	50
4.5.1 Pengelolaan Kualitas Air .....	50
4.5.2 Pengendalian Pencemaran Air.....	51
4.6 Peringatan Hari Air Sedunia.....	53

#### **Bab 5 Pencemaran Udara**

5.1 Pengertian Pencemaran Udara terhadap Lingkungan.....	57
5.2 Sumber Pencemar Udara .....	58
5.3 Jenis Bahan Pencemar Udara .....	61
5.4 Dampak Pencemaran Udara Terhadap Lingkungan.....	64

#### **Bab 6 Limbah Padat, Cair Dan Bahan Berbahaya Beracun**

6.1 Pendahuluan.....	69
6.2 Pengertian Dan Contoh Limbah Padat, Cair Dan Bahan Berbahaya Beracun.....	70
6.3 Sumber Limbah Padat, Cair Dan Bahan Berbahaya Beracun .....	71
6.4 Aspek Pengelolaan Limbah Padat, Cair Dan Bahan Berbahaya Beracun....	72

#### **Bab 7 Vektor Penyakit**

7.1 Lingkungan dan Kesehatan Manusia.....	77
7.2 Rantai Penularan Penyakit.....	79
7.3 Penyakit akibat Vektor Penyakit .....	81
7.3.1 Nyamuk Anopheles .....	82
7.3.2 Nyamuk Aedes.....	83
7.3.3 Nyamuk Culex .....	84

7.3.4 Kecoa.....	85
7.3.5 Lalat .....	86
7.3.6 Tikus .....	86
7.4 Pencegahan dan Pengendalian Vektor Penyakit.....	88
7.4.1 Pengendalian alami.....	89
7.4.2 Pengendalian buatan .....	89
<b>Bab 8 Epidemiologi Kesehatan Lingkungan</b>	
8.1 Pengertian Epidemiologi.....	93
8.2 Tujuan epidemiologi .....	94
8.3 Epidemiologi juga digunakan untuk menetapkan pola penyakit.....	95
8.4 Manfaat epidemiologi .....	96
8.5 Konsep Epidemiologi Kesehatan Lingkungan.....	97
8.6 Tujuan Dan Level Epidemiologi Kesehatan Lingkungan.....	97
8.6.1 Tujuan Epidemiologi Kesehatan Lingkungan.....	97
8.6.2 Level Penerapan Epidemiologi Kesehatan Lingkungan.....	98
8.7 Ruang lingkup Epidemiologi kesehatan lingkungan.....	98
8.8 Variabel Epidemiologi Kesehatan Lingkungan .....	99
8.9 Perubahan Penyakit Menurut Waktu.....	100
8.10 Paradigma (Konsep/Model) Kesehatan Lingkungan (Dan Atau Kesehatan Kerja).....	101
<b>Bab 9 Perubahan Iklim dan Kesehatan Lingkungan</b>	
9.1 Pendahuluan .....	105
9.2 Perubahan Iklim.....	106
9.3 Kesehatan Lingkungan .....	112
9.4 Dampak Perubahan Iklim terhadap Kesehatan Lingkungan.....	117
<b>Bab 10 Upaya Penanganan Pencemaran Lingkungan</b>	
10.1 Pendahuluan.....	125
10.2 Definisi dan Ruang Lingkup Pencemaran Lingkungan .....	126
10.3 Sumber Pencemaran Lingkungan .....	129
10.4 Dampak Pencemaran Lingkungan.....	132
10.5 Upaya Penanganan Pencemaran Lingkungan.....	136
10.6 Pengawasan Pencemaran Lingkungan .....	148
Daftar Pustaka.....	195
Biodata Penulis .....	163



# Daftar Gambar

Gambar 1.1: Tujuan Ilmu Kesehatan Lingkungan.....	4
Gambar 1.2: Bagan Mekanisme Pemaparan Faktor-faktor Lingkungan ....	9
Gambar 1.3: Masalah Lingkungan di Indonesia .....	11
Gambar 1.4: Teori Hendrik L, Blum .....	12
Gambar 1.5: Agent, Host, Environment dan ketidakseimbangan.....	14
Gambar 1.6: Epidemiologic Triad.....	15
Gambar 2.1: Grafik Distribusi kematian akibat kolera berdasarkan ketinggian dataran di London .....	21
Gambar 2.2: Penyebaran penyakit kolera terjadi sekitar pompa air yang tercemar di London .....	22
Gambar 2.3: Virus Penyebab Penyakit Demam Kuning yang dibawa oleh Nyamuk Aedes Aegypti.....	23
Gambar 5.1: Proses kejadian efek rumah kaca pada skala global.....	65
Gambar 5.2: Proses Perusakan ozon di lapisan stratosfer.....	67
Gambar 5.3: Proses terjadinya Hujan Asam Akibat Pencemaran Udara ....	68
Gambar 6.1: Aspek Pengelolaan Limbah B3 .....	75
Gambar 7.1: Nyamuk pembawa penyakit di seluruh dunia .....	78
Gambar 7.2: Rantai penularan penyakit.....	79
Gambar 7.3: Agen infeksi dan penularan .....	80
Gambar 7.4: Vektor penyakit .....	82
Gambar 7.5: Nyamuk menularkan virus dengan cara menggigit .....	83
Gambar 7.6: Transfer penyakit melalui gigitan nyamuk .....	85
Gambar 8.1: Paradigma Kesehatan Lingkungan Ahmadi.....	102
Gambar 9.1: Skema Perubahan Iklim .....	107
Gambar 9.2: Rata-rata Konsentrasi CO2 Stasiun GAW Kototabang, Mauna Loa, AS serta rata-rata dari 27 stasiun GAW yang tersebar di seluruh dunia .....	109
Gambar 9.3: Ilustrasi Kesehatan Lingkungan .....	113
Gambar 9.4: Pengaruh Perubahan Iklim, Suhu, Lingkungan dan Kesehatan ...	118
Gambar 9.5: Dampak Perubahan Iklim pada Kesehatan.....	119



# Daftar Tabel

Tabel 1.1: Risiko Penyakit dan Tindakan Pencegahan Dalam Tatalaksana Pelayanan Kesehatan.....	6
Tabel 5.1: Karakteristik dan Sumber Pencemar .....	60
Tabel 7.1: Faktor epidemiologi penularan suatu penyakit.....	80
Tabel 7.2: Pencegahan vektor penyakit .....	88



# **Bab 1**

## **Teori Dasar Kesehatan Lingkungan**

### **1.1 Pendahuluan**

Isu terkait lingkungan yang memengaruhi kesehatan telah menjadi salah satu pemicu yang paling penting dalam kesadaran akan perlunya pengelolaan lingkungan yang lebih baik. Perubahan lingkungan karena aktivitas manusia di hampir setiap bidang kehidupan memiliki pengaruh terhadap pola kesehatan. (Jaiswal, 2018). Masalah kesehatan lingkungan adalah merupakan faktor risiko utama beban penyakit secara global (Olanipekun et al., 2016).

Terdapat banyak bukti bahwa lingkungan dapat memengaruhi kesehatan manusia dan pemeliharaan kesehatan manusia dapat dipengaruhi lingkungan. Dengan demikian, kesenjangan tradisional antara pengobatan klinis dan perlindungan lingkungan adalah menghilang (disappearing). Perubahan ini telah menciptakan kebutuhan untuk refleksi bioetik pada semua tingkat interaksi antara kesehatan manusia dan lingkungan (Resnik and Portier, 2008).

## 1.2 Definisi Kesehatan Lingkungan

### 1.2.1 Kesehatan

Kesehatan adalah keadaan sejahtera dari badan, jiwa, dan sosial yang memungkinkan setiap orang hidup produktif secara sosial dan ekonomi (Undang-Undang RI No. 23, 1992). Kesehatan adalah keadaan sehat, baik secara fisik, mental, spiritual maupun sosial yang memungkinkan setiap orang untuk hidup produktif secara sosial dan ekonomis (Undang-Undang RI No.36, 2009).

Kesehatan adalah suatu keadaan sejahtera yang meliputi fisik, mental dan sosial yang tidak hanya bebas dari penyakit atau kecacatan (WHO, 2006).

Saat ini, tiga jenis definisi kesehatan yaitu :

- a. Kesehatan adalah tidak adanya penyakit atau gangguan kesehatan.
- b. Kesehatan adalah keadaan yang memungkinkan individu mampu mengatasi semua tuntutan kehidupan sehari-hari (termasuk juga tidak adanya penyakit dan gangguan).
- c. Kesehatan adalah keadaan keseimbangan (state of balance), keseimbangan bahwa seseorang telah menetapkan dalam dirinya sendiri dan antara dirinya dengan lingkungan sosial dan fisik. Kesehatan seseorang tergantung apakah seseorang telah menetapkan keadaan keseimbangan dalam diri sendiri dengan lingkungan. Ini berarti bahwa mereka yang memiliki penyakit atau gangguan kesehatan akan dianggap sehat sampai tingkat yang ditentukan oleh kemampuan mereka untuk membangun keseimbangan internal yang membuat mereka mendapatkan keadaan maksimal dari kehidupan mereka meskipun mengalami penyakit (Sartorius, 2006).

### 1.2.2 Lingkungan

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 (Undang-Undang RI No.32, 2009).

### 1.2.3 Kesehatan Lingkungan

Kesehatan lingkungan adalah upaya pencegahan penyakit dan/atau gangguan kesehatan dari faktor risiko lingkungan untuk mewujudkan kualitas lingkungan yang sehat baik dari aspek fisik, kimia, biologi, maupun sosial (Peraturan Pemerintah RI No. 66, 2014).

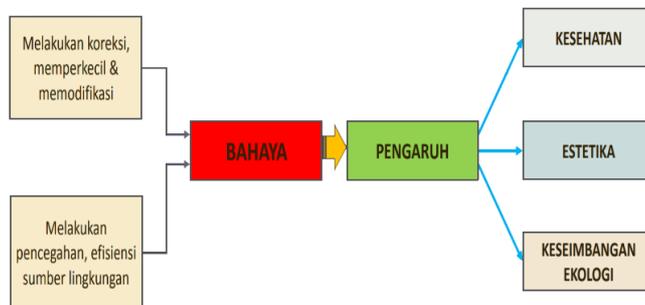
## 1.3 Tujuan dan Ruang Lingkup Kesehatan Lingkungan

Tujuan dan ruang lingkup kesehatan lingkungan adalah sebagai berikut :

1. Secara umum. Tujuan dan ruang lingkup kesehatan lingkungan secara umum, meliputi :
  - a. Melakukan koreksi atau perbaikan terhadap segala bahaya dan ancaman pada kesehatan dan kesejahteraan umat manusia.
  - b. Melakukan usaha pencegahan dengan cara mengatur sumber-sumber lingkungan dalam upaya meningkatkan derajat kesehatan dan kesejahteraan manusia.
  - c. Melakukan kerjasama dan menerapkan program terpadu di antara masyarakat dan institusi pemerintah serta lembaga nonpemerintah dalam menghadapi bencana alam atau wabah penyakit menular.
2. Secara khusus. Tujuan dan ruang lingkup kesehatan lingkungan secara khusus meliputi usaha-usaha perbaikan atau pengendalian terhadap lingkungan hidup manusia, seperti :
  - a. Penyediaan air bersih yang cukup dan memenuhi persyaratan kesehatan.
  - b. Makanan dan minuman yang diproduksi dalam skala besar dan dikonsumsi secara luas oleh masyarakat.
  - c. Pencemaran udara akibat sisa pembakaran BBM, batubara, kebakaran hutan, dan gas beracun yang berbahaya bagi kesehatan

- dan makhluk hidup lain dan menjadi penyebab terjadinya perubahan ekosistem.
- d. Limbah cair dan padat yang berasal dari rumah tangga, pertanian, peternakan, industri, rumah sakit, dan lain-lain.
  - e. Kontrol terhadap arthropoda dan rodent yang menjadi vector penyakit dan cara memutuskan rantai penularan penyakit.
  - f. Perumahan dan bangunan yang layak huni dan memenuhi syarat kesehatan.
  - g. Kebisingan, radiasi, dan kesehatan kerja.
  - h. Survey sanitasi untuk perencanaan, pemantauan, dan evaluasi program kesehatan lingkungan (Marlinae et al., 2019).

Tujuan ilmu kesehatan lingkungan juga dapat dilihat seperti pada gambar berikut.



**Gambar 1.1:** Tujuan Ilmu Kesehatan Lingkungan (Utami, 2016).

Berdasarkan Undang-Undang RI No. 23, (1992) bahwa ruang lingkup kesehatan lingkungan meliputi :

1. Penyehatan air dan udara,
2. Pengamanan limbah padat,
3. Pengamanan limbah cair,
4. Pengamanan limbah gas,
5. Pengamanan radiasi dan kebisingan,
6. Pengendalian vektor penyakit, dan
7. Penyehatan atau pengamanan lainnya

Lingkungan sehat menurut Undang-Undang RI No.36, (2009) adalah lingkungan yang bebas dari unsur-unsur yang menimbulkan gangguan kesehatan, antara lain :

1. Limbah cair
2. Limbah padat
3. Limbah gas
4. Sampah yang tidak diproses sesuai dengan persyaratan yang ditetapkan pemerintah
5. Binatang pembawa penyakit
6. Zat kimia yang berbahaya
7. Kebisingan yang melebihi ambang batas
8. Radiasi sinar pengion dan non pengion
9. Air yang tercemar
10. Udara yang tercemar dan
11. Makanan yang terkontaminasi

## 1.4 Penyakit Terkait Lingkungan

Menurut Resnik and Portier, (2008) bahwa penyakit terkait lingkungan adalah sebagai berikut :

1. Kanker
2. Penyakit jantung
3. Diabetes
4. Asma
5. Penyakit paru obstruktif kronik
6. Obesitas
7. Cedera pekerjaan
8. Artritis
9. Penyakit Parkinson
10. Malaria
11. Disentri
12. Depresi

## 1.5 Faktor Risiko Penyakit yang Bersumber Dari Lingkungan

Menurut Resnik and Portier, (2008) bahwa faktor risiko penyakit yang bersumber dari lingkungan adalah :

1. Polusi
2. Mikroba di udara, air, atau tanah
3. Kontaminan dalam makanan
4. Kondisi cuaca (kekeringan, gelombang panas)
5. Bencana alam (badai, gempa bumi, banjir)
6. Pestisida dan bahan kimia lainnya
7. Hama dan parasite
8. Radiasi
9. Kemiskinan
10. Kurangnya akses ke perawatan kesehatan

**Tabel 1.1:** Risiko Penyakit dan Tindakan Pencegahan Dalam Tatalaksana Pelayanan Kesehatan (Adams, Bartram and Chartier, 2008).

Risiko Penyakit	Tindakan Pencegahan
Infeksi yang ditularkan melalui udara (misalnya Legionella, flu burung, SARS, tuberkulosis)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ventilasi</li> <li>• Ruang tersedia untuk setiap pasien</li> <li>• Jarak tempat tidur</li> <li>• Penggunaan ruangan terpisah untuk pasien yang sangat rentan atau infeksius</li> <li>• Penggunaan masker dan pembakaran limbah dengan prosedur yang tepat</li> </ul>
Infeksi melalui air, makanan, atau tangan (misalnya HEV, diare)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pasokan air (kualitas dan akses)</li> <li>• Pembuangan kotoran</li> <li>• Fasilitas kebersihan</li> <li>• Kebersihan makanan</li> <li>• Kebersihan tangan</li> </ul>
Infeksi luka/sayatan bedah dari air yang terkontaminasi, peralatan	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Penggunaan peralatan medis dan pembalut sekali pakai</li> </ul>

<b>Risiko Penyakit</b>	<b>Tindakan Pencegahan</b>
medis dan pembalut (misalnya sepsis)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pra-desinfeksi</li> <li>• Pembersihan dan sterilisasi instrumen dan balutan</li> <li>• Air berkualitas baik</li> <li>• Asepsis dalam pembedahan atau prosedur pembalutan</li> </ul>
Infeksi yang ditularkan melalui darah karena jarum suntik yang terkontaminasi, transfusi darah yang tidak aman (misalnya HBV, HCV, HIV)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pengelolaan limbah layanan kesehatan dan penggunaan jarum suntik sekali pakai</li> <li>• Transfusi darah yang aman</li> </ul>
Stres dan ketidaknyamanan akibat panas dan dingin (misalnya demam tinggi)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pemanas, ventilasi, AC (<i>HVAC</i>) dan isolasi</li> </ul>
Penularan penyakit yang ditularkan melalui vektor (misalnya, malaria, demam berdarah, <i>leishmaniasis</i> )	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pengendalian vektor penyakit di dalam dan sekitar gedung</li> <li>• Perlindungan pasien</li> <li>• Perlindungan infrastruktur</li> </ul>

HBV, hepatitis B virus; HCV, hepatitis C virus; HEV, hepatitis E virus; HIV, human immunodeficiency virus; SARS, severe acute respiratory syndrome

## 1.6 Faktor Lingkungan terhadap Kejadian Penyakit

Lingkungan merupakan faktor ketiga sebagai penunjang terjadinya penyakit. Faktor ini disebut "faktor ekstrinsik". Faktor lingkungan dapat berupa lingkungan fisik, lingkungan kimia, lingkungan biologis dan lingkungan sosial ekonomi.

1. Lingkungan fisik. Yang termasuk lingkungan fisik antara lain geografik dan keadaan musim. Misalnya, negara yang beriklim tropis mempunyai pola penyakit yang berbeda dengan negara yang beriklim dingin atau subtropis. Demikian pula antara negara maju dengan negara berkembang. Dalam satu negara pun dapat terjadi perbedaan

pola penyakit, misalnya antara daerah pantai dan daerah pegunungan atau antara kota dan desa.

2. Lingkungan biologis. Lingkungan biologis ialah semua makhluk hidup yang berada di sekitar manusia yaitu flora dan fauna, termasuk manusia. Misalnya, wilayah dengan flora yang berbeda akan mempunyai pola penyakit yang berbeda. Faktor lingkungan biologis ini selain bakteri dan virus patogen, ulah manusia juga mempunyai peran yang penting dalam terjadinya penyakit, bahkan dapat dikatakan penyakit timbul karena ulah manusia.
3. Lingkungan kimia. Potensi bahaya yang berasal dari bahan-bahan kimia yang digunakan dalam proses produksi maupun kehidupan sehari-hari. Potensi bahaya ini dapat memasuki atau memengaruhi tubuh melalui : *inhalation* (melalui pernafasan), *ingestion* (melalui mulut ke saluran pencernaan), *skin contact* (melalui kulit). Terjadinya pengaruh potensi kimia terhadap tubuh tenaga kerja sangat tergantung dari jenis bahan kimia atau kontaminan, bentuk potensi bahaya debu, gas, uap, asap, daya racun bahan (toksisitas), cara masuk ke dalam tubuh.
4. Lingkungan sosial ekonomi. Yang termasuk dalam faktor sosial ekonomi adalah pekerjaan, urbanisasi, perkembangan ekonomi dan bencana alam (Purnama, 2018).



**Gambar 1.2:** Bagan Mekanisme Pemaparan Faktor-faktor Lingkungan (Maulana, 2014)

## 1.7 Masalah Kesehatan Lingkungan di Indonesia

Masalah kesehatan lingkungan di Indonesia, merupakan masalah yang sangat kompleks terutama di kota-kota besar yang dapat disebabkan beberapa hal berikut :

### 1. Urbanisasi Penduduk

Di Indonesia terjadi perubahan penduduk dalam jumlah besar dari desa ke kota. Lahan pertanian yang semakin berkurang terutama di Pulau Jawa dan terbatasnya lapangan pekerjaan mengakibatkan penduduk berbondong-bondong datang ke kota besar mencari pekerjaan sebagai pekerja kasar seperti pembantu rumah tangga, kuli bangunan dan pelabuhan, pemulung bahkan menjadi pengemis dan pengamen jalanan yang secara tidak langsung membawa dampak sosial dan dampak kesehatan lingkungan, seperti pemukiman munculnya pemukiman kumuh dan lain-lain.

## 2. Tempat Pembuangan Sampah

Sistem pembuangan sampah dilakukan secara dumping tanpa ada pengelolaan lebih lanjut di hampir setiap tempat di Indonesia. Sistem pembuangan tersebut selain memerlukan lahan yang cukup luas juga menyebabkan pencemaran udara, tanah dan air selain lahannya juga dapat menjadi tempat berkembang biaknya agen dan vector penyakit menular.

## 3. Penyediaan Sarana Air Bersih

Dari hasil survei yang telah dilakukan, menunjukkan bahwa hanya 60% masyarakat Indonesia mendapatkan air bersih dan PDAM, terutama untuk penduduk perkotaan, selebihnya menggunakan sumur atau sumber air lain. Bila datang musim kemarau, krisis air dapat terjadi dan penyakit gastroenteritis mulai muncul di mana-mana.

## 4. Pencemaran Udara.

Tingkat pencemaran udara di Indonesia sudah melebihi ambang batas normal terutama di kota-kota besar yang diakibatkan oleh gas buangan kendaraan bermotor. Kemudian, asap tebal meliputi wilayah Nusantara bahkan sampai ke negara tetangga akibat pembakaran hutan untuk lahan pertanian dan perkebunan.

## 5. Pembuangan Limbah Industri dan Rumah Tangga

Hampir semua limbah cair baik yang berasal dari rumah tangga dan industri dibuang langsung dan bercampur menjadi satu ke badan sungai atau laut ditambah lagi dengan kebiasaan penduduk melakukan kegiatan Mandi, Cuci, Kakus (MCK) di bantaran sungai. Akibatnya, kualitas air sungai menurun dan apabila digunakan untuk air baku memerlukan biaya yang tinggi.

## 6. Bencana/Pengungsian

Gempa bumi, tanah longsor, gunung meletus atau banjir yang sering terjadi di Indonesia mengakibatkan penduduk mengungsi dan tentunya menambah banyak permasalahan kesehatan lingkungan.

7. Perencanaan Tata Kota dan Kebijakan Pemerintah Pada Pengelolaan Lingkungan.

Perencanaan tata kota dan kebijakan pemerintah sering sekali menimbulkan masalah baru bagi kesehatan lingkungan. Misalnya pemberian izin tempat pemukiman, gedung atau tempat industri baru tanpa didahului dengan studi kelayakan yang berwawasan lingkungan yang dapat menyebabkan terjadinya banjir, pencemaran udara, air dan tanah serta masalah sosial lain (Sumantri, 2017).

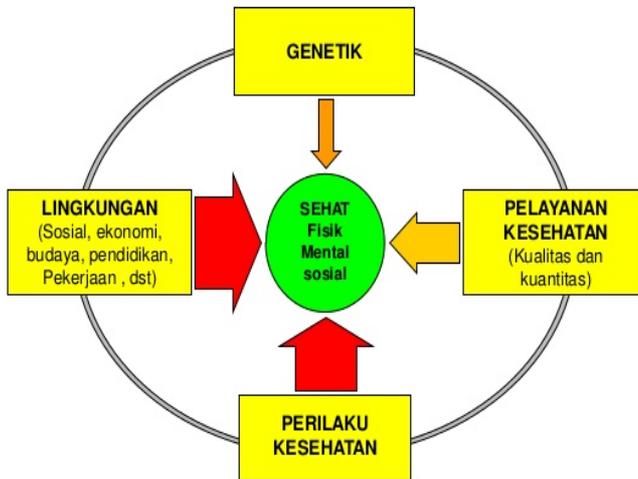


Gambar 1.3: Masalah Lingkungan di Indonesia (Koran Sindo, 2018).

## 1.8 Paradigma Kesehatan Lingkungan

Paradigma hidup sehat menurut H.L. Blum menjelaskan empat faktor yang memengaruhi status kesehatan individu atau kelompok masyarakat. Keempat faktor tersebut bisa dikaitkan dengan faktor determinan (penentu) timbulnya gangguan kesehatan pada individu atau kelompok masyarakat. Keempat faktor tersebut adalah faktor perilaku atau gaya hidup (life style), faktor lingkungan

(politik, ekonomi, sosial, budaya, fisik, kimia, dan sebagainya), faktor pelayanan kesehatan (jenis, cakupan, kelengkapan, mutu, dan sebagainya), dan faktor genetik (keturunan) (Ikhtiar, 2018).



**Gambar 1.4:** Teori Hendrik L. Blum (Simbolon, 2014)

Konsep dasar paradigma kesehatan lingkungan adalah bahwa terjadinya derajat status kesehatan karena interaksi antara agen, pejamu dan lingkungan

1. Interaksi agent dan lingkungan: ketahanan bakteri terhadap sinar matahari, stabilitas vitamin di dalam lemari pendingin
2. Interaksi agent dan pejamu: timbulnya gejala dan tanda penyakit
3. Interaksi pejamu dan lingkungan : ketersediaan fasilitas kesehatan, kebiasaan penyiapan makanan, keadaan ruangan (panas, dingin) (Ikhtiar, 2018).

## 1.9 Interaksi Manusia Dengan Lingkungan

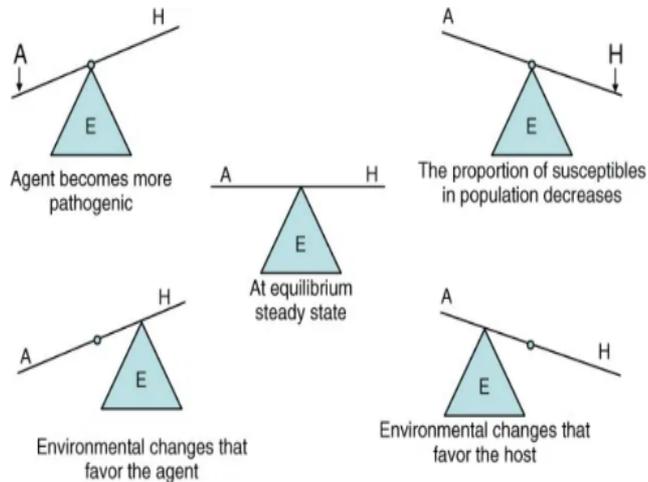
Interaksi antara manusia (host), agent atau penyebab penyakit, dan lingkungan dapat dijelaskan dengan menggunakan Model Gordon. Model Gordon menggambarkan proses terjadinya penyakit pada masyarakat atau penduduk. Model ini dinamakan sesuai dengan nama pencetusnya, seorang dokter John Gordon (Fox, Hall and Elveback, 1970). John Gordon memodelkan/menggambarkan/menganalogikan proses terjadinya penyakit pada masyarakat sebagai adanya sebatang pengungkit, yang mempunyai titik tumpu ditengah-tengahnya, yakni lingkungan (L). pada kedua ujung batang tadi terdapat pemberat, yaitu agent (A), dan host (H). Dalam model ini agent, *host* dan *environment* (lingkungan) dianggap sebagai tipe elemen utama yang dapat berperang dalam interaksi ini, sehingga terjadi keadaan sehat atau sakit.

Interaksi antara tiga elemen tersebut dapat terlaksana karena adanya faktor pencetus, secara ringkas ketiga elemen tersebut adalah :

1. Agent (A) :
  - a. Jumlahnya bila hidup, konsentrasinya bila tidak hidup
  - b. Infektivitas/patogenesitas/virulensi bila hidup dan toksisitas bila tidak hidup
2. Host (H) :
  - a. Derajat kepekaan
  - b. Imunitas terhadap agent hidup, toleransi terhadap agent tidak hidup
  - c. Status gizi, pengetahuan, Pendidikan, perilaku dan sebagainya
3. Environment (Lingkungan/L) :

Kualitas dan kuantitas berbagai kompartemen lingkungan, yang utamanya berperan sebagai faktor yang menentukan terjadi atau tidak terjadinya transmisi agent ke host. Kompartemen lingkungan dapat berupa udara, tanah, air dan makanan perilaku dan hygiene perseorangan, kuantitas, dan kualitas serangga vector/penyebarkan penyakit dan sebagainya (Soemirat, 2010).

Berikut gambar keadaan seimbang dan tidak seimbang antara agent, host dan *environment* :



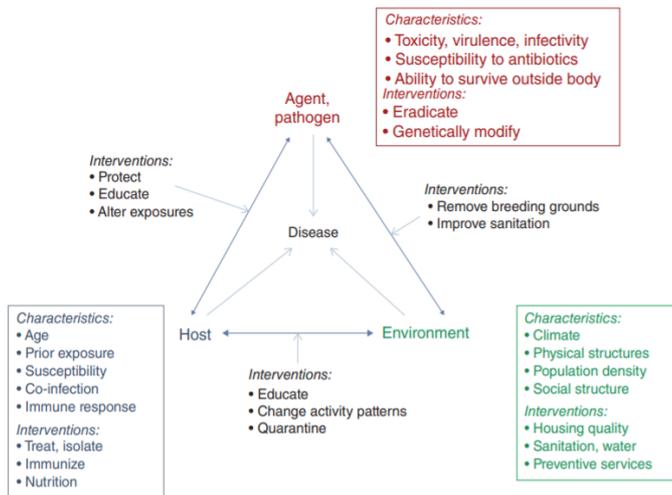
**Gambar 1.5:** Agent, Host, Environment dan ketidakseimbangan (Causal Concepts | Basicmedical Key, 2017)

Berdasarkan gambar 1.5 di atas dapat maka dapat dijelaskan sebagai berikut :

1. Pada gambar *agent becomes more pathogenic* artinya bahwa jika agent memberatkan keseimbangan maka akan lebih berat/miring kearah *agent*.
2. Pada gambar *the proportion of susceptibles in populations decreases* artinya bahwa jika host memberatkan keseimbangan maka akan lebih berat/miring kearah *host*
3. Pada gambar *at equilibrium steady state* artinya bahwa jika agent dan host berada dalam keadaan seimbang maka masyarakat atau penduduk / populasi berada dalam keadaan sehat.
4. Pada gambar *environmental changes that favor the agent* ini berbeda dengan gambar *agent becomes more pathogenic*. Hal ini menggambarkan bahwa ketidakseimbangan terjadi karena terjadinya pergeseran kualitas lingkungan sedemikian rupa sehingga agent memberatkan keseimbangan.

5. Pada gambar *environmental changes that favor the agent* ini berbeda dengan gambar *the proportion of susceptibles in populations decrease*. Gambar ini menunjukkan bahwa ketidakseimbangan terjadi karena kualitas lingkungan mengalami perubahan sehingga host dapat memberatkan keseimbangan.

Dengan demikian, maka interaksi antara *agent*, *host* dan *environment*, secara lengkap dapat dilihat pada gambar segitiga epidemiologi (epidemiologic triad). Gambar berikut adalah merupakan epidemiologic triad :



**Gambar 1.6:** Epidemiologic Triad (Johnson-Walker and Kaneene, 2018) di dalam (Nainggolan et al., 2020)



## **Bab 2**

# **Perkembangan Kesehatan Lingkungan**

## **2.1 Perkembangan Kesehatan Lingkungan Secara Global**

Kesehatan lingkungan merupakan cabang ilmu dari kesehatan masyarakat. Di mana kondisi kesehatan lingkungan sangat berpengaruh terhadap derajat kesehatan masyarakat selain perilaku, genetik dan kualitas pelayanan kesehatan (Hamzah, Afrianty, & Syam, 2020). Ilmu kesehatan lingkungan bisa dikatakan merupakan cabang ilmu pengetahuan yang mempelajari tentang hubungan timbal balik antara individu atau masyarakat dengan lingkungannya, di mana ketika terjadi perubahan lingkungan maka akan mengganggu status kesehatan individu ataupun di masyarakat (Ikhtiar & Andayani, 2018). Ilmu kesehatan lingkungan juga mempelajari tentang bagaimana cara pencegahan dan penanggulangan penyakit atau kondisi yang diakibatkan dari perubahan lingkungan.

Berbicara tentang kapan mulai diperkenalkannya ilmu kesehatan lingkungan di tingkat global. Dalam hal ini masih banyak perdebatan tentang kapan pastinya diterapkannya ilmu kesehatan lingkungan dalam memperbaiki status kesehatan

masyarakat. Salah satu referensi menjelaskan yaitu sejak pra ilmu pengetahuan, kegiatan-kegiatan yang berkaitan dengan ilmu kesehatan lingkungan sudah diperkenalkan (Sumantri, 2017).

Sebelum kita membahas tentang sejarah perkembangan ilmu kesehatan lingkungan, marilah kita memahami dulu secara ringkas tentang ruang lingkup dari ilmu kesehatan lingkungan. Dengan kata lain yaitu segala sesuatu yang berkaitan dengan kesehatan lingkungan serta pengaruh ditimbulkannya bagi derajat kesehatan masyarakat. Ada banyak penafsiran tentang kegiatan atau program apa saja yang termasuk dalam bidang ilmu kesehatan lingkungan. Mengingat faktor-faktor penentu lingkungan terhadap kesehatan antara lain seperti air kotor, sanitasi yang buruk, pencemaran udara, bahan kimia yang berbahaya termasuk zat racun, zat berbahaya di lingkungan kerja dan iklim yang ekstrim (World Health Organization, 2016).

Berdasarkan faktor-faktor penentu lingkungan terhadap kesehatan masyarakat, maka ruang lingkup program kesehatan lingkungan yaitu menyangkut:

- penyediaan air minum (PAM);
- pengelolaan air buangan;
- pengelolaan sampah padat;
- pengendalian vektor;
- hygiene makanan dan susu;
- Sanitasi;
- pencegahan atau pengendalian pencemaran tanah dan ekskreta;
- pengendalian pencemaran udara, dan pengendalian radiasi;
- kesehatan kerja pengendalian kebisingan;
- perumahan dan pemukiman, perencanaan daerah dan perkotaan;
- pencegahan kecelakaan, rekreasi umum dan pariwisata;
- Penganggulangan pencemaran dan kemerosotan lingkungan fisik dan biologi; serta
- Penanggulangan akibat tekanan pembangunan.

Demikian diatas digambarkan tentang ruang lingkup dari ilmu kesehatan lingkungan yang merupakan bagian dari ilmu kesehatan masyarakat. Pada prinsipnya ilmu kesehatan lingkungan adalah suatu ilmu yang mempelajari tentang hubungan timbal balik antara manusia dan lingkungannya, dan

termasuk juga strategi pencegahan dan penanggulangannya (Ikhtiar & Andyanie, 2018; Sumantri, 2017).

Perkembangan ilmu kesehatan lingkungan di tingkat global dibagi dalam dua periode yaitu Periode Pra Ilmu Pengetahuan dan Periode Ilmu Pengetahuan. Secara detail dijelaskan pada sub-bab berikut.

### 2.1.1 Perkembangan Ilmu Kesehatan Lingkungan Pada Periode Pra Ilmu Pengetahuan

Periode Pra Ilmu Pengetahuan terjadi sekitar tahun 4000 Sebelum Masehi (SM). Namun demikian, pada era tersebut peradapan manusia dapat dikatakan sudah tercipta. Sebagai bukti yaitu adanya peradaban masyarakat Babylonio, Mesir, Yunani dan juga Peradaban masyarakat di Roma. Di mana pada zaman tersebut, sudah banyak kegiatan-kegiatan yang termasuk dalam bidang ilmu Kesehatan Lingkungan. Salah satunya yaitu kegiatan yang berkaitan dengan penanggulangan masalah air limbah, masalah drainase kota dan pengaturan air minum. Berkaitan dengan air limbah, saat itu kondisi air di sungai sangat kotor, yang berdampak pada pencemaran air di beberapa sumur masyarakat. Sementara air sumur tersebut menjadi tempat satu-satu masyarakat di sekitarnya untuk memenuhi kebutuhan sehari-harinya. Sehingga, air sumber yang tercemar menjadi sumber penularan penyakit bagi masyarakat di sekitarnya.

Demikian untuk masyarakat di Benua Asia, program-program kesehatan lingkungan kurang lebih sudah ditarapkan selain pengaturan air juga berkaitan dengan pembuangan tinja. Pada zaman tersebut, beberapa latrin juga sudah dibangun. Namun, kondisi latrinya tidak memenuhi syarat higiene dan sanitasi lingkungan. Sehingga, pada abad yang ke-7 terjadi endemi penyakit kolera di wilayah Asia Timur Tengah dan Asia Selatan hingga ke Benua Afrika. Sebagai contoh di negara India pada periode tersebut menjadi pusat endemi penyakit kolera. Seperti kita ketahui bahwa penyakit kolera merupakan penyakit dengan tanda-tanda seperti diare yang terus menerus, muntah bisa akut dan kronis (Guli, 2016). Sehingga dalam waktu yang lama penderita akan dehidrasi dan bila tidak tertangani maka penderita akan meninggal. Pada abad yang ke-7 juga, terjadi wabah lepra yang terjadi di wilayah Mesir, kemudian bergeser ke sebagian negara di Benua Asia dan Eropa. Di mana proses penularan penyakit Lepra ini disinyalir berasal dari para emigran yang datang ke negara-negara tersebut.

Selanjutnya, sekitar abad ke-14 juga terjadi pandemi penyakit Pes di negara China. Pandemi Penyakit Pes ini mengakibatkan kasus kematian masyarakat di Negara China dan negara-negara lain seperti; di India, Mesir dan juga di Negara Gaza. Sehingga, pada masa tersebut disebutlah dengan periode “the black death” (Ikhtiar & Andyanie, 2018).

Dengan mempelajari fenomena kejadian penyakit tersebut, maka muncullah para ahli untuk mendalami tentang dampak dari munculnya penyakit-penyakit tersebut diatas. Namun demikian gejala sebab dan akibat dari lingkungan terhadap kesehatan masyarakat belum banyak ditemukan pada Era Pra Ilmu Pengetahuan ini. Baru setelah masuk Era Ilmu Pengetahuan banyak para ahli yang lebih mendalami tentang fenomena lingkungan dan hubungannya dengan kesehatan masyarakat. Berikut dijelaskan tentang sejarah perkembangan penerapan ilmu kesehatan lingkungan pada Era Ilmu Pengetahuan.

### **2.1.2 Perkembangan Ilmu Kesehatan Lingkungan Pada Periode Ilmu Pengetahuan**

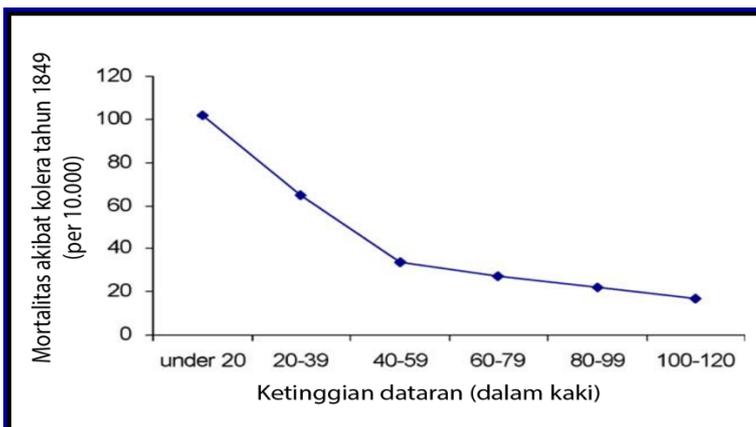
Kegiatan yang berkaitan dengan ruang lingkup dari bidang ilmu kesehatan lingkungan terus berlanjut hingga pada Periode Ilmu Pengetahuan. Di mana, awal tahun periode ilmu pengetahuan tersebut juga sama sering diperdebatkan di dalam referensi. Namun demikian, bisa dijelaskan disini bahwa masa periode ilmu pengetahuan dimulai sekitar abad ke-18 hingga atau awal abad ke-19 (Purnama, 2017). Di mana, pada abad itu masuk Era Revolusi Industri pertama, termasuk di negara Inggris. Di Era Revolusi Industri pertama tersebut tingkat pencemaran sangat tinggi, terutama di kawasan sekitar pabrik atau industri. Pencemaran terjadi di berbagai aspek yaitu mulai dari pencemaran udara hingga pencemaran air dan tanah. Pencemaran udara diakibatkan oleh cerobong asap pabrik-pabrik yang tidak menggunakan filter sebelum dibuang ke udara. Sedangkan terjadinya pencemaran air dan tanah karena limbah cair maupun padat dari pabrik tidak diolah dengan baik sebelum dibuang ke badan air maupun ke badan tanah.

Nampak di area pemukiman penduduk menjadi kumuh. Langit menjadi hitam. Sehingga, dampak yang paling buruk dari kondisi tersebut yaitu munculnya penyakit kolera, seperti di Kota London, Inggris. Tepatnya terjadi sekitar tahun 1832 Pandemi Penyakit Kolera terjadi di Kota London, Inggris tersebut. Sebagian besar penderita kolera hingga meninggal dunia. Sehingga beberapa literatur menyatakan dampak dari kondisi lingkungan yang buruk tersebut

disebut dengan “Black death” (Vinten-Johansen, Brody, Paneth, Rachman, & Rip, 2003). Menurut beberapa literatur, perjalanan penyakit kolera tersebut sudah dimulai dari negara India. Kemudian dengan adanya arus perdagangan dunia, maka penyebaran penyakit kolera hingga sampai ke Eropa dan hingga ke Negara Inggris (Ikhtiar & Andyanie, 2018).

Mengingat wabah penyakit kolera yang luar biasa tersebut, maka muncul seorang dokter yang bernama John Snow yang dianggap sebagai Bapak Epidemiologi saat ini. Sekitar tahun 1848, John Snow mulai mempelajari penyebab terjadinya pandemi penyakit kolera di wilayah tersebut (Vinten-Johansen et al., 2003). Pada era tersebut, masyarakat belum mengerti tentang apa nama penyakit tersebut dan penyebabnya. Masyarakat juga belum memahami bagaimana cara mencegah dan mengobati penyakit kolera tersebut.

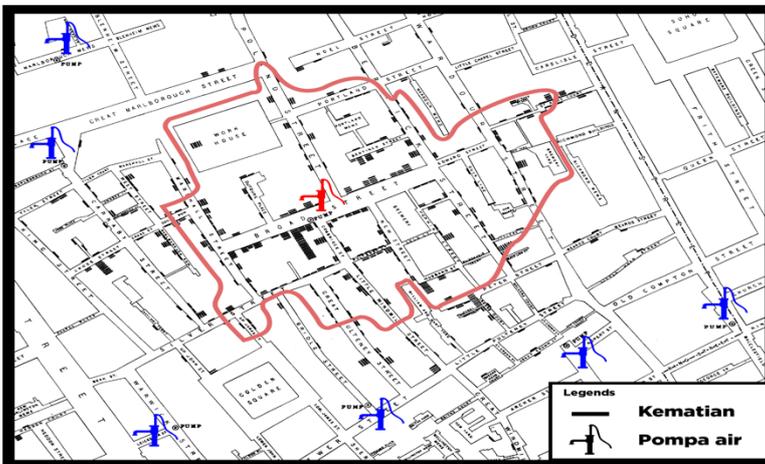
John Snow melakukan penyelidikan tentang penyakit kolera dimulai di Kota London, Inggris. Berdasarkan hasil dari penyelidikannya tersebut diketahui bahwa penularan penyakit kolera terjadi dari makanan atau minuman yang terkontaminasi oleh bakteri. Di mana pada saat itu juga belum diketahui tentang nama bakterinya, hanya diistilahkan dari racun kolera. Penyelidikan John Snow hingga menemukan penyebab penyakit kolera dari pompa air yang tercemar. Distribusi aliran air dari pompa air yang tercemar menyebar dari dataran tinggi ke dataran rendah. Sehingga arah penyebarannya digambarkan oleh grafik di bawah ini.



**Gambar 2.1:** Grafik Distribusi kematian akibat kolera berdasarkan ketinggian dataran di London (Vinten-Johansen et al., 2003)

Bila dilihat dari grafik di atas, dijelaskan bahwa semakin rendah letak pemukiman penduduk, maka disitulah angka kasus kolera dan kematiannya yang paling tinggi. Sebaliknya, penurunan jumlah kematian akibat kolera diikuti dengan semakin tingginya letak daratan pemukiman penduduk. Artinya bahwa, penduduk yang di dataran tinggi jumlah kematian akibat kolera lebih rendah bila dibandingkan dengan penduduk yang bermukim di dataran yang lebih rendah. Ini mengartikan bahwa penyebab kolera yaitu dibawa oleh racun yang dibawa oleh aliran air.

Diketahui pula bahwa sumber air yang tersemar yaitu berasal dari sumur pompa yang berada di pusat kota (Vinten-Johansen et al., 2003). Kemudian terdistribusi sesuai dengan aliran air di dalam tanah. Adapun distribusi perjalanan aliran air dari sumber pencemar yaitu sumur pompa air sampai ke sekitarnya dijelaskan pada gambar di bawah ini.

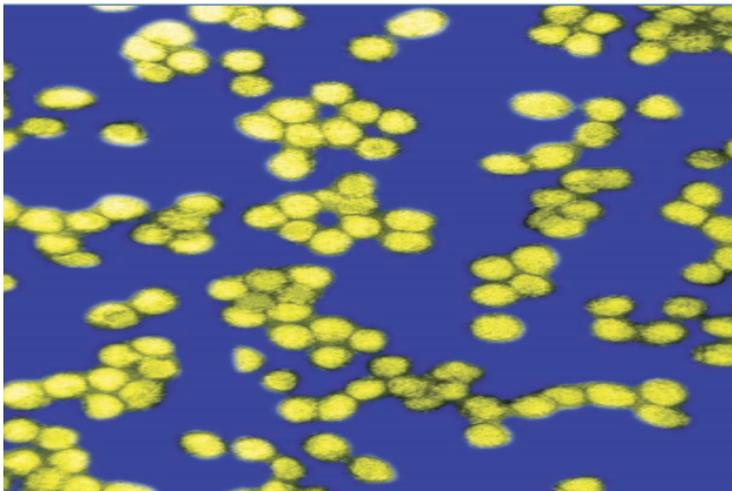


**Gambar 2.2:** Penyebaran penyakit kolera terjadi sekitar pompa air yang tercemar di London (Vinten-Johansen et al., 2003)

Dari sinilah ilmu kesehatan lingkungan sudah mulai disadari dan dialami hingga dilanjutkan dengan penemuan-penemuan tentang bakteri sebagai agen pembawa penyakit. Sebagai contoh studi yang dilakukan oleh Louis Pasteur Di mana Louis Pasteur, investigasinya sudah dimulai sejak 1847 hingga sampai tahun 1895. Di mana hasil investigasinya yang dikenal yaitu tentang teori Bakteri. Bakteri mempunyai peran dalam proses fermentasi produk-produk yang hasil akhirnya menjadi bahan makanan maupun minuman, termasuk

susu, bir, atau cuka. Penelitian yang lain berkaitan dengan penyakit ulat sutra, penyakit anthrax, kolera dan rabies (Geison, 1995).

Penemuan yang lain yang mendukung lahirnya ilmu kesehatan lingkungan yaitu ditemukan tentang keberadaan nyamuk sebagai agen pembawa penyakit demam kuning atau Yellow Fever. Penelitian ini dilakukan oleh Carlos Juan Finlay pada tahun 1881 (Shmaefsky, 2010). Carlos Juan Finlay menemukan bahwa nyamuk sebagai vektor pembawa virus penyakit demam kuning. Hasil investigasi perjalanan penyakit demam kuning yang dibawa oleh nyamuk ini kemudian dilanjutkan oleh Walter Reed pada 1901. Di mana hasil studinya menemukan jenis nyamuk pembawa virus penyakit demam kuning yang dinamakan dengan nyamuk *Aedes Aegypti* (Shmaefsky, 2010). Penyakit demam kuning atau yellow fever ini kemudian dikenal dengan Demam Berdarah Dengue (DBD). Gambar di bawah ini adalah bentuk virus penyebab DBD.



**Gambar 2.3:** Virus Penyebab Penyakit Demam Kuning yang dibawa oleh Nyamuk *Aedes Aegypti* (Shmaefsky, 2010)

Di mana tempat sarang nyamuk *Aedes Aegypti* yaitu antara lain di pot-pot bunga, bak mandi, barang-barang bekas di halaman rumah, dan yang lebih disenangi yaitu hidup di rawa eceng gondok dan tempat sampah yang sudah terdapat air lindi atau leachate (Agustin, Tarwotho, & Rahadian, 2017). Kemudian, dilanjutkan dengan penemuan-penemuan yang lain seperti bakteri penyebab penyakit tuberkulosis dan penyakit anthrac. Penemuan bakteri

penyebab penyakit tuberculosis dan anthrac tersebut oleh Robert Kock pada tahun 1843 hingga tahun 1910 (Ikhtiar & Andyanie, 2018).

Demikianlah perkembangan ilmu kesehatan lingkungan hingga pada zaman ilmu pengetahuan. Lalu bagaimana di Indonesia, sejak kapan tepatnya ilmu kesehatan lingkungan mulai diterapkan di negara kita. Sub bab berikut akan memberikan penjelasan yang mendalam tentang perkembangan ilmu kesehatan lingkungan di negari Indonesia.

## 2.2 Perkembangan Kesehatan Lingkungan Di Indonesia

Sementara di Indonesia, penerapan program ilmu kesehatan lingkungan dimulai sejak sebelum masa orde baru. Tepatnya sekitar tahun 1882, Pemerintah Republik Indonesia telah mengesahkan undang-undang tentang hygiene meskipun masih dalam bahasa Belanda (Suluh, 2020). Dengan adanya undang-undang hygiene tersebut program-program yang berkaitan dengan hygiene dilakukan baik di lingkup institusi pemerintah maupun non-organisasi pemerintah bidang kesehatan, termasuk Lembaga Sosial Masyarakat (LSM) maupun dalam bentuk yayaran. Sebagai contoh pada tahun 1924, Yayasan Rochefeller (Rochefeller Foundation) mendirikan Rival Hygine Work di Kota Banyuwati dan juga di Kota Kebumen.

Di mana perkembangan ilmu kesehatan lingkungan di Indonesia pada periode sebelum Orde Baru juga sudah diintegrasikan dengan program yang lain. Salah satunya program kesehatan lingkungan diintegrasikan dengan upaya pengobatan. Ini terjadi sekitar tahun 1956 di Kota Bekasi. Dengan keterpaduan program ilmu kesehatan lingkungan dengan upaya pengobatan, maka lahirkan Pusat Pelatihan yang dinamakan dengan “Bekasi Training Center” (Suluh, 2020).

Untuk mendorong pencapaian program kesehatan lingkungan yang maksimal, maka pemerintah Indonesia telah mencanangkan Hari Kesehatan Nasional yaitu setiap tanggal 12 Nopember. Penganangan hari kesehatan nasional tersebut terjadi sekitar tahun 1959. Di mana Bapak kesehatan lingkungan Nasional yaitu bapak Prof. Muchtar yang telah memelopori penerapan program kesehatan lingkungan di wilayah Pasar Minggu.

Selanjutnya, perkembangan ilmu kesehatan lingkungan di Indonesia terus berlangsung hingga pada periode Orde Baru. Tepatnya sekitar tahun 1968, di Puskesmas sudah ditambahkan program kesehatan lingkungan sebagai salah satu program pelayanan kesehatan di tingkat Puskesmas (Direktorat Kesehatan dan Gizi Masyarakat, 2018). Berbagai bentuk upaya kesehatan lingkungan yang dilaksanakan di tingkat puskesmas yaitu antara lain; sarana air minum dan jamban keluarga pada tahun 1974. Di mana program tersebut lebih dikenal dengan program Inpres Samijaga.

Program Inpres Samijaga ini bertujuan untuk mengurangi insiden penyakit diare. Dengan pembangunan sarana air minum baik di daerah perkotaan maupun di pedesaan, maka personal hygiene di setiap keluarga atau masyarakat bisa ditingkatkan. Demikian dengan pembangunan jamban keluarga, maka setiap individu dalam keluarga bisa buang air besar (BAB) yang memenuhi syarat. Sehingga perilaku BAB di kebun atau di tempat terbuka bisa dieliminir. Dengan pembangunan sarana air bersih dan jamban keluarga, maka rantai penularan penyakit diare dan penyakit-penyakit yang diakibatkan oleh foodborne disease bisa ditekan.

Bentuk program kesehatan lingkungan yang lain yaitu seperti program perumahan rakyat yang dikenal dengan program “Perumnas”. Program ini perumahan nasional ini, ditujukan untuk membantu masyarakat ekonomi lemah agar mendapatkan tempat pemukiman yang layak. Dengan pemukiman yang memenuhi standar kesehatan, maka derajat kesehatan masyarakat di Indonesia bisa ditingkatkan.

Disamping penerapan program pembangunan perumahan rakyat, program perbaikan kampung juga diterapkan. Program Pembangunan kampung ini, dimulai di wilayah kota besar yaitu seperti di Daerah Ibu Kota Jakarta. Di mana, tujuan dari kampung-kampung tersebut adalah untuk mengeliminasi perkampungan di daerah perkotaan yang kumuh. Mengingat daerah perkotaan seperti Daerah Ibu Kota Jakarta arus urbanisasinya sangat tinggi. Banyaknya penduduk yang datang ke Daerah Ibu Kota Jakarta dibandingkan dengan luas daratan yang relatif kecil, sehingga perkampungan-perkampungan kumuh tercipta. Program perbaikan kampung ini juga untuk memutus mata rantai penularan penyakit menular atau disebut dengan *Communicable Diseases*.

Program kesehatan lingkungan kemudian dilanjutkan juga dengan program pengolahan air limbah, pengolahan sampah, dan pembangunan air minum. Di mana program-program tersebut juga untuk mendorong agar kondisi

lingkungan masyarakat di Indonesia menjadi sehat. Tingkat sanitasi lingkungan melalui program-program tersebut bisa memberikan dampak penurunan angka penyakit menular.

Program kesehatan lingkungan yang lain yang dilaksanakan oleh pemerintah Indonesia yaitu pengawasan terhadap sanitasi tempat-tempat umum. Ini juga merupakan program yang dilaksanakan di tingkat Puskesmas. Pengawasan sanitasi tempat-tempat umum antara lain seperti restoran, warung makan, pasar, transportasi umum dan juga sanitasi tempat-tempat hiburan, termasuk bioskop. Pengawasan sanitasi tempat-tempat umum yang lain seperti pada tempat pemotongan hewan juga dilakukan. Mengingat di Indonesia, terdapatnya peternakan-peternakan sapi, kambing atau babi. Di mana tempat peternakan tersebut masih membutuhkan pengawasan dan pembinaan tentang kebersihan lingkungan di tempat pemotongan hewan dan lingkungan di sekitar area peternakan.

Revolusi Industri pertama tidak hanya terjadi di wilayah kota London di Negara Inggris saja, di Indonesia juga terjadi. Di beberapa kota besar seperti di Jakarta ataupun di Surabaya, banyak area-area industri yang memberi kontribusi terhadap pencemaran udara, tanah dan badan air. Sehingga pemerintah Republik Indonesia melakukan pengawasan dan pembinaan kepada para pengelola industri atau pabrik-pabrik tersebut. Pencemaran udara yang berasal dari pabrik dikarenakan oleh ketidak adanya filter pada cerobong asap. Sehingga mencemari udara di sekitarnya, termasuk pemukiman penduduk yang berada di sekitar pabrik. Disamping itu, pengolahan limbah banyak yang belum dilakukan oleh pabrik pada periode tersebut. Di mana, limbah cair dan padat langsung dibuang ke badan air atau tanah secara langsung. Pengelola pabrik tidak menyediakan proses pengolahan terlebih dahulu sebelum dibuang ke badan air dan tanah. Sehingga pada masa orde baru, program pengawasan dan pembinaan sanitasi di kawasan industri juga diterapkan di Indonesia.

Fenomena permasalahan kesehatan lingkungan yang lain juga muncul seiring dengan tumbuhnya industri-industri di Indonesia, yaitu tingginya tingkat kecelakaan di lingkungan industri atau pabrik. Tingkat kesehatan dan keselamatan pekerja di kawasan pabrik yang rendah dikarenakan oleh banyak faktor. Salah satu faktor yang memengaruhi yaitu ketidak patuhan pekerja untuk menggunakan alat pelindung diri (APD) seperti helm, masker, atau sarung tangan. Disamping itu, masih rendahnya komitmen dari pemilik pabrik atau industri untuk menyediakan APD dan pemberian pendidikan tentang

kesehatan dan keselamatan kerja pada karyawannya. Pada masa orde baru hingga sekarang, program kesehatan dan keselamatan kerja yang sering disingkat dengan K3 ini terus diterapkan dan ditingkatkan mutu kegiatannya di Indonesia.

Program perbaikan kesehatan lingkungan di Indonesia tidak hanya difokuskan di lingkungan industri saja. Diman arah fokus program peningkatan kesehatan lingkungan juga diarahkan pada sektor yang lain termasuk di sektor pertanian. Seperti kita ketahui bahwa Negara Republik Indonesia dikenal sebagai negara yang subur. Pembangunan di sektor pertanian telah memberikan surplus pangan di Indonesia sejak sebelum masa orde baru. Sentra produksi bahan makanan terdapat di setiap propinsi dengan berbagai jenis dan varitas yang berbeda. Namun demikian, seiring dengan perkembangan di sektor pertanian, muncul juga dampak pencemaran yang diakibatkan dari hasil proses pengolahan tanah dan pemupukan tanaman yaitu limbah pestisida. Limbah pestisida dari hasil pemupukan tanaman di kebun dan sawah telah memberikan dampak buruk terhadap badan air dan tanah. Yang pada akhirnya berdampak kepada peningkatan prevalensi penyakit yang disebabkan oleh keracunan pestisida. Kontamina pestisida terjadi pada air minum dan juga pada makanan. Sehingga program kesehatan lingkungan juga diterapkan untuk menyelesaikan permasalahan pencemaran limbah pertanian.

Berbagai vektor penyakit juga muncul akibat dari rendahnya sanitasi lingkungan seperti nyamuk. Prevalensi penyakit menular yang dibawa oleh vektor nyamuk sangat tinggi di Indonesia seperti malaria ataupun demam berdarah. Mulai orde baru hingga saat ini, penyakit tersebut telah menyumbang pada tingginya angka kematian di Indonesia. Sehingga program pemberantasan vektor sebagai bagian dari program kesehatan lingkungan juga digalakkan pada masa orde baru hingga sekarang.

Demikian perkembangan program kesehatan lingkungan di Indonesia sejak sebelum masa orde baru dan terus berlangsung hingga saat ini. Program pengendalian penularan penyakit Covid-19 yang saat ini digalakkan di seluruh dunia, termasuk di Indonesia. Di mana program penanggulangan penyakit covid-19 tersebut juga sangat erat kaitannya dengan ilmu kesehatan lingkungan. Seperti diketahui bahwa penyakit covid-19 disebabkan oleh Severe Acute Respiratory Syndrome Coronavirus 2 atau disingkat dengan SARS-COV2 (Masrul et al., 2020). Di mana virus tersebut ditularkan melalui mulut dan saluran pernafasan. Sehingga pengendalian dari penyakit covid-19 ini juga erat kaitannya dengan personal hygiene dan sanitasi lingkungan.

Pengendalian penularan penyakit covid-19 dari aspek peningkatan personal hygiene yaitu dengan mencuci tangan dengan sabun dan air mengalir, ataupun dengan hand sinitizer. Pencegahan penularan penyakit Covid-19 juga perlu kebersihan badan yaitu dengan mandi setelah dari bepergian, serta penggunaan masker. Sedangkan program pengendalian yang ditujukan untuk peningkatan sanitasi lingkungan antara lain seperti menjaga kebersihan udara di dalam rumah melalui penyediaan ventilasi udara di rumah atau instansi-instansi kerja.

Dengan demikian sampai hari ini penerapan program kesehatan lingkungan yang berkontribusi pada peningkatan derajat kesehatan masyarakat terus dilakukan di tingkat global dan di Indonesia. Di mana penerapan dari program-program kesehatan lingkungan tersebut diatas sudah menunjukkan hasilnya yaitu adanya peningkatan derajat kesehatan masyarakat.

# Bab 3

## Hygiene dan Sanitasi

### 3.1 Hygiene dan Sanitasi

#### 3.1.1 Pengertian Hygiene

Kata “hygiene” berasal dari bahasa Yunani yang artinya ilmu untuk membentuk dan menjaga kesehatan (Streeth, J.A. and Southgate, H.A, 1986). Dalam sejarah Yunani, Hygiene berasal dari nama seorang Dewi yaitu Hygea (Dewi pencegah penyakit). Arti lain dari Hygiene ada beberapa yang intinya sama yaitu:

1. Ilmu yang mengajarkan cara-cara untuk mempertahankan kesehatan jasmani, rohani dan sosial untuk mencapai tingkat kesejahteraan yang lebih tinggi.
2. Suatu pencegahan penyakit yang menitikberatkan pada usaha kesehatan perseorangan atau manusia beserta lingkungan tempat orang tersebut berada.
3. Keadaan di mana seseorang, makanan, tempat kerja atau peralatan aman (sehat) dan bebas pencemaran yang diakibatkan oleh bakteri, serangga, atau binatang lainnya.

4. Menurut Brownell, hygiene adalah bagaimana caranya orang memelihara dan melindungi kesehatan.
5. Menurut Gosh, hygiene adalah suatu ilmu kesehatan yang mencakup seluruh faktor yang membantu/mendorong adanya kehidupan yang sehat baik perorangan maupun melalui masyarakat.
6. Menurut Prescott, hygiene menyangkut dua aspek yaitu:
  - a. Yang menyangkut individu (personal hygiene)
  - b. Yang menyangkut lingkungan (environment)

Hygiene adalah upaya kesehatan dengan cara memelihara dan melindungi kebersihan subjeknya seperti mencuci tangan dengan air bersih dan sabun untuk melindungi kebersihan tangan, mencuci piring untuk kebersihan piring, membuang bagian makanan yang rusak untuk melindungi keutuhan makanan secara keseluruhan. Higiene atau biasa juga disebut dengan kebersihan, adalah upaya untuk memelihara hidup sehat yang meliputi kebersihan pribadi, kehidupan bermasyarakat, dan kebersihan kerja (Purnama, 2017). Kebersihan merupakan suatu perilaku yang diajarkan dalam kehidupan manusia untuk mencegah timbulnya penyakit karena, pengaruh lingkungan serta membuat kondisi lingkungan agar terjaga kesehatannya (Sumantri, 2017).

Kebersihan sangat berpengaruh terhadap kesehatan. Dalam kehidupan sehari-hari kebersihan merupakan hal yang sangat penting dan harus diperhatikan karena kebersihan akan memengaruhi kesehatan dan psikis seseorang. Kebersihan itu sendiri sangat berpengaruh di antaranya kebudayaan, sosial, keluarga, pendidikan. Persepsi seseorang terhadap kesehatan, serta perkembangan (dalam Tarwoto & Wartonah., 2006).

Ada pepatah yang mengatakan “Men Sana In Corpore Sano”, yang artinya dalam tubuh yang sehat, akan terdapat jiwa yang sehat. Akan tetapi masih banyak juga orang yang sakit dan biasanya karena pola hidup mereka sendiri yang kurang baik dan kebiasaan yang kurang baik sehingga dapat melemahkan dan merusak tubuh. Perihal kesehatan cukup mudah untuk dipahami, akan tetapi masih banyak orang yang sakit karena kurangnya pengetahuan tentang arti kesehatan ataupun karena lalai. Jika seseorang sakit, biasanya masalah kebersihan kurang diperhatikan. Hal initerjadi karena kita menganggap masalah kebersihan adalah masalah sepele, padahal jika hal tersebut dibiarkan terus dapat memengaruhi kesehatan secara umum (dalam Tarwoto & Wartonah., 2006).

### 3.1.2 Pengertian Sanitasi

Sanitasi adalah suatu usaha pencegahan penyakit yang menitikberatkan kegiatan pada usaha kesehatan lingkungan hidup manusia. Sanitasi adalah upaya kesehatan dengan cara memelihara dan melindungi kebersihan lingkungan dari subyeknya. Misalnya menyediakan air yang bersih untuk keperluan mencuci tangan, menyediakan tempat sampah untuk mewadahi sampah agar tidak dibuang sembarangan (Kasnodihardjo and Elsi, 2013). Sanitasi adalah upaya untuk mengendalikan faktor risiko terjadinya kontaminasi terhadap makanan, baik yang berasal dari bahan makanan, orang, tempat dan peralatan agar aman dikonsumsi (Menteri Kesehatan RI, 2011).

Sanitasi dalam arti luas merupakan tindakan higienis untuk meningkatkan kesehatan dan mencegah penyakit, sedangkan sanitasi lingkungan merupakan usaha pengendalian diri dari semua faktor lingkungan fisik manusia yang mungkin dapat menimbulkan hal-hal yang merugikan bagi perkembangan fisik, kesehatan dan daya tubuh manusia. Di negara berkembang pada umumnya sanitasi kesehatan berupa fasilitas yaitu penyediaan air bersih, metode pembuangan kotoran manusia yang baik dan pendidikan hygiene (Putri, 2011).

### 3.1.3 Pengertian Hygiene dan Sanitasi

Hygiene dan sanitasi tidak dapat dipisahkan satu dengan yang lain karena erat kaitannya. Misalnya hygiene sudah baik karena mau mencuci tangan, tetapi sanitasinya tidak mendukung karena tidak cukup tersedia air bersih, maka mencuci tangan tidak sempurna. Hygiene dan sanitasi merupakan hal yang penting dalam menentukan kualitas lingkungan dan makanan di mana *Escherichia coli* sebagai salah satu indikator terjadinya pencemaran makanan yang dapat menyebabkan penyakit akibat makanan (food borne diseases). *E.coli* dalam makanan dan minuman merupakan indikator terjadinya kontaminasi akibat penanganan makanan dan minuman yang kurang baik. Minimnya pengetahuan para penjaja makanan mengenai cara mengelola makanan dan minuman yang sehat dan aman, menambah besar risiko kontaminasi makanan dan minuman yang dijajakannya (Sembiring Devi Justika, 2014)(Sembiring Devi Justika, 2014) (Sembiring Devi Justika, 2014).

Perilaku kebersihan diri dapat dipengaruhi oleh nilai serta kebiasaan yang dianut individu, disamping faktor budaya, sosial, norma keluarga, tingkat pendidikan, status ekonomi dan lain sebagainya. Adanya masalah pada

kebersihan diri akan berdampak pada kesehatan seseorang. Saat seseorang sakit, salah satu penyebabnya adalah kebersihan diri yang kurang. Ini harus menjadi perhatian kita bersama, sebab kebersihan merupakan faktor penting dalam mempertahankan derajat kesehatan individu. Sebagai contoh, adanya perubahan pada kulit dapat menimbulkan berbagai gangguan fisik dan psikologis (Putri, 2011).

Higiene atau biasa disebut dengan kebersihan, adalah upaya untuk memelihara hidup sehat yang meliputi kebersihan pribadi, kehidupan bermasyarakat, dan kebersihan kerja. Sanitasi lingkungan adalah usaha pengendalian diri dari faktor lingkungan yang dapat menimbulkan hal yang merugikan perkembangan fisik, kesehatan dan menurun daya tahan tubuh manusia. Status gizi adalah suatu keadaan tubuh yang diakibatkan oleh keseimbangan antara asupan zat gizi dengan kebutuhan. Skabies merupakan penyakit kulit yang ditularkan kepada manusia, namun paling sering terjadi pada anak-anak dan remaja. Prevalensi skabies di negara yang sedang berkembang sekitar 6% - 27% pada populasi umum dan cenderung pada anak-anak. Tujuan penelitian ini untuk mengetahui apakah terdapat hubungan antara higiene perseorangan, sanitasi lingkungan dan status gizi dengan kejadian skabies pada anak (Putri, 2011).

Gangguan fisik yang terjadi dapat mengakibatkan perubahan konsep diri. Sedangkan gangguan psikologis dapat terjadi karena kondisi tersebut mungkin mengurangi keindahan penampilan dan reaksi emosi (Kasnodihardjo dan Elsi, 2013).

Faktor-faktor yang memengaruhi personal hygiene: Perilaku seseorang melakukan personal hygiene dipengaruhi oleh sejumlah faktor antara lain:

a. Citra tubuh (body image)

Penampilan umum penjamah makanan dapat menggambarkan pentingnya personal hygiene pada orang tersebut. Citra tubuh merupakan konsep subjektif seseorang tentang penampilan fisiknya. Personal hygiene yang baik akan memengaruhi terhadap peningkatan citra tubuh.

b. Praktik social

Kelompok-kelompok sosial merupakan suatu wadah seorang penjamah makanan yang dapat berhubungan dan memengaruhi bagaimana penjamah makanan dalam makanan dalam pelaksanaan praktik personal hygiene.

### c. Status sosial ekonomi

Pendapatan keluarga akan memengaruhi kemampuan keluarga untuk menyediakan fasilitas dan kebutuhan-kebutuhan yang diperlukan untuk menunjang hidup dan kelangsungan hidup keluarga. Sumber daya ekonomi seseorang memengaruhi jenis dan tingkatan praktik personal hygiene.

### d. Pengetahuan

Pengetahuan tentang personal hygiene sangat penting, karena pengetahuan yang baik dapat meningkatkan kesehatan. Pengetahuan tentang pentingnya personal hygiene dan implementasinya bagi kesehatan memengaruhi praktik personal hygiene.

### e. Kebudayaan

Kebudayaan dan nilai pribadi memengaruhi kemampuan perilaku personal hygiene. Seseorang dari latar belakang kebudayaan yang berbeda, mengikuti praktek personal hygiene yang berbeda. Keyakinan yang didasari budaya sering menentukan definisi tentang kesehatan dan perawatan diri.

### f. Kebiasaan seseorang

Kebiasaan seseorang akan memengaruhi tindakan orang tersebut dalam kehidupan sehari-hari. Sama halnya dengan penjamah makanan yang tidak menerapkan personal hygiene dalam mengolah makanan akan menjadi sebuah kebiasaan jika hal itu dilakukan secara terus menerus sehingga memengaruhi kesehatan penjamah makanan itu sendiri dan kualitas pangan yang dihasilkan (Sembiring, Hasan and Justika, 2013), (Tambuwun, Ismanto and Silolonga, 2015).

Menurut penelitian Kasnodihardjo and Elsi (2013) perilaku ibu-ibu dan kejadian penyakit infeksi pada bayi dan anak. Penyakit diare pada bayi/anak disebabkan oleh media tercemar yang masuk ke sistem pencernaan melalui sumber air untuk minum maupun mandi, cuci, kakus yang bukan berasal dari ledeng, keluarga yang tidak mempunyai jamban, ibu yang masih jarang mencuci tangan setelah membersihkan kotoran bayi ataupun setelah buang air besar, meminum dan memakan makanan yang tidak dimasak, dan sampah yang dibuang ke lingkungan. Penyakit Infeksi saluran pernapasan atas (ISPA), pneumonia, dan tuberkulosis paru pada bayi/anak (Kasnodihardjo dan Elsi, 2013).

## 3.2 Tinjauan Umum Tentang Prinsip Hygiene Sanitasi Makanan

Prinsip dan hygiene sanitasi makanan telah diatur dalam peraturan menteri kesehatan (Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 1096/MENKES/PER/VI/2011) yaitu sebagai berikut:

1. Pemilihan bahan makanan
  - a. Daging, susu, telur, ikan/udang, buah dan sayuran harus dalam keadaan baik, segar dan tidak rusak atau berubah bentuk, warna dan rasa, serta sebaiknya berasal tempat resmi yang diawasi.
  - b. Jenis tepung dan biji-bijian harus dalam keadaan baik, tidak berubah warna, tidak bernoda, dan tidak berjamur.
  - c. Bahan tambahan pangan (BTP) yang dipakai harus memenuhi persyaratan sesuai peraturan yang berlaku.
2. Penyimpanan bahan makanan
  - a. Tempat penyimpanan bahan makanan harus terhindar dari kemungkinan kontaminasi baik oleh bakteri, serangga, tikus dan hewan lainnya maupun bahan berbahaya.
  - b. Penyimpanan harus memperhatikan prinsip first in first out (FIFO) dan first expired first out (FEFO) yaitu bahan makanan yang disimpan terlebih dahulu dan yang mendekati masa kadaluwarsa dimanfaatkan/digunakan lebih dahulu.
  - c. Tempat atau wadah penyimpanan harus sesuai dengan jenis bahan makanan. Contohnya bahan makanan yang cepat rusak disimpan dalam lemari pendingin dan bahan makanan kering disimpan yang kering dan tidak lembab.
  - d. Penyimpanan bahan makanan harus memperhatikan suhu
  - e. Ketebalan dan bahan padat tidak lebih dari 10 cm
  - f. Kelembaban penyimpanan dalam ruangan : 80%-90%
  - g. Penyimpanan bahan olahan pabrik makanan dalam kemasan tertutup disimpan pada suhu  $\pm 100$  C.
  - h. Tidak menempel pada lantai, dinding atau langit-langit

### 3. Pengolahan makanan

Pengolahan makanan adalah proses perubahan bentuk dari bahan mentah menjadi makanan jadi/masak atau siap saji, dengan memperhatikan kaidah cara pengolahan makanan yang baik yaitu :

- a. Tempat pengolahan makanan atau dapur harus memenuhi persyaratan teknis hygiene sanitasi untuk mencegah resiko pencemaran terhadap makanan dan dapat mencegah masuknya lalat, kecoa, tikus dan hewan lainnya.
- b. Menu disusun dengan memperhatikannya.
- c. Pemilihan bahan sortir untuk memisahkan/membuang bagian bahan yang rusak/afkir dan untuk menjaga mutu dan keawetan makanan serta mengurangi resiko pencemaran makanan.
- d. Peracikan bahan, persiapan bumbu, persiapan pengolahan dan prioritas dalam memasak harus dilakukan sesuai tahapan dan harus hygiene dan semua bahan yang siap dimasak harus dicuci dengan air mengalir
- e. Persiapan pengolahan harus dilakukan dengan menyiapkan semua peralatan yang akan digunakan dan bahan makanan yang akan diolah sesuai urutan prioritas.
- f. Prioritas dalam memasak
  - Dahulukan memasak makanan yang tahan lama seperti goreng-gorengan yang kering.
  - Makanan rawan seperti makanan berkuah dimasak paling akhir
  - Simpan bahan makanan yang belum waktunya dimasak pada kulkas/lemari es.
  - Simpan makanan jadi/masak yang belum waktunya dihidangkan dalam keadaan panas.
  - Perhatikan uap makanan jangan sampai masuk ke dalam makanan karena akan menyebabkan kontaminasi ulang.
  - Tidak menjamah makanan jadi/masak dengan tangan tetapi harus menggunakan alat seperti penjepit atau sendok.

- Mencicipi makanan menggunakan sendok khusus yang selalu dicuci.
- g. Higiene penanganan makanan.
- Memperlakukan makanan secara hati-hati dan seksama sesuai dengan prinsip hygiene sanitasi makanan.
  - Menempatkan makanan dalam wadah tertutup dan menghindari penempatan makanan terbuka dengan tumpang tindih karena akan mengotori makanan dalam wadah dibawahnya.
  - Penyimpanan makanan jadi/masak
    - (1) Makanan tidak rusak, tidak busuk atau basi yang ditandai dari rasa, bau, berlendir, berubah warna, berjamur, berubah aroma atau adanya cemaran lain
    - (2) Penyimpanan harus memperhatikan prinsip *first in first out* (FIFO) dan *first expired first out* (FEFO) yaitu makanan yang disimpan terlebih dahulu dan yang mendekati (Menteri Kesehatan RI, 2011)

### 3.3 Ruang Lingkup Hygiene Dan Sanitasi

Adapun ruang lingkup hygiene dan sanitasi yang di antaranya yaitu:

#### Ruang Lingkup Hygiene

1. Personal Hygiene atau kebersihan perorangan adalah suatu usaha untuk memelihara kebersihan dan kesehatan seseorang untuk kesejahteraan fisik dan psikis. Hygiene Makanan dan Minuman adalah suatu usaha untuk menjaga dan memelihara kebersihan makanan dan minuman yang dikonsumsi oleh manusia. Sedangkan ruang lingkup sanitasi
2. Penyediaan air bersih/air minum “water supply” ini meliputi pengawasan terhadap kualitas, kuantitas dan pemanfaatan air.

3. Pengolahan sampah “refuse disposal” ini meliputi cara pembuangan sampah, peralatan pembuangan sampah dan cara penggunaannya.
4. Pengolahan makanan dan minuman “food sanitation” ini meliputi pengadaan, penyimpanan, pengolahan dan penyajian makanan.
5. Pengawasan/pengendalian serangga dan binatang pengerat “insect and rodent control” ini meliputi cara pengendalian serangan dan binatang pengerat.
6. Kesehatan dan keselamatan kerja, ini melakukan kegiatan K3 meliputi ruang kerja “misalnya dapur”, pekerjaan, cara kerja dan tenaga kerja (Siregar, Chahaya and Naria, 2017).

### 3.4 Manfaat Hygiene Dan Sanitasi

Seperti yang telah dijelaskan pada pengertian Hygiene dan sanitasi di atas berikut ini ialah beberapa manfaat hygiene dan sanitasi secara umum:

1. Memastikan tempat beraktivitas bersih.
2. Melindungi setiap individu dari faktor lingkungan yang dapat merusak kesehatan fisik dan mental.
3. Tindakan pencegahan terhadap penyakit menular.
4. Tindakan pencegahan terhadap kecelakaan kerja.

Contoh tindakan hygiene dan sanitasi adalah tindakan hygiene dan sanitasi seharusnya dimulai dari diri sendiri. Kebiasaan yang baik menjaga kebersihan dan kesehatan akan berdampak besar bagi lingkungan kita. Jadi dalam hal ini personal hygiene punya peranan yang sangat penting seperti.

1. Mencuci tangan hingga bersih setiap kali akan makan.
2. Mandi dan menggosok gigi secara teratur untuk menjaga kebersihan tubuh.
3. Menjaga kebersihan bahan makanan dan juga makanan yang telah diolah.
4. Menjaga kebersihan semua peralatan memasak dan wadah makanan.

Contoh sanitasi tindakan sanitasi lingkungan:

1. Membuat dan mengatur saluran pembuangan air hujan di pinggir jalan.
2. Membuat dan mengatur saluran pembuangan limbah rumah tangga “dapur dan kamar mandi”.
3. Membuang sampah pada tempat yang telah disediakan.
4. Pengelolaan limbah/sampah dengan baik, teratur dan berkesinambungan, misalnya dengan memilih sampah plastik, kertas, organik, kaca dan logam (Siregar, Chahaya and Naria, 2017).

Dari sudut kesehatan lingkungan, pengaruh makanan terhadap kesehatan yang harus diperhatikan ialah peranan makanan atau minuman sebagai vector/agen penyakit yang ditularkan melalui makanan yaitu :

1. Parasit-parasit seperti *Taenia Saginata*, *Taenia solium*, *Diphylobotrium latum*, *Trichinella spiralis* dan sebagainya. Parasit-parasit ini masuk dalam tubuh manusia melalui daging sapi, I kan, babi, yang terkena infeksi dan dimakan tanpa memasaknya cukup lama agar larva-larva parasit yang ada di dalam daging mati.
2. Mikroorganisme seperti *salmonella typhi*, *shigella dysentrie*, *fever*, *virus hepatitis* dan sebagainya, yang dapat mengkontaminasi makanan dan masuk dalam tubuh manusia.
3. Toksin yang diproduksi oleh bakteri-bakteri (exo-toxin) yang ada dalam makanan misalnya *entero toxin dari staphylococcus*, *exo toxin dari clostridium botulinum*
4. Penggunaan tanaman atau bahan lain yang beracun sebagai bahan makanan, seperti jamur beracun, tempe bongkrek dan sebagainya. (Apriyadi, 2018)

Beberapa faktor yang baik langsung maupun tidak langsung berpengaruh terhadap makanan adalah :

a. Air

Erat sekali hubungannya dengan makanan, oleh karena itu, air diperlukan dalam semua prose pengolahan makanan. Dalam beberapa hal air sangat menentukan kualitas makanan.

b. Air kotor (sewage)

Berbagai macam bahan organik dan anorganik terlarut dalam air kotor Merupakan sumber dari kuman-kuman pathogen, terutama untuk kuman-kuman yang berasal dari saluran pencemaran. Berperan penting sebagai sumber pencemar bagi air dan makanan.

c. Tanah

Tanah yang mengandung mikroorganisme dapat mengkontaminasi makanan dengan cara :

- (1) Terbawa oleh alat-alat, masuk kedalam tempat makanan/penyimpanan makanan, akhirnya sampai ke makanan.
- (2) Terkait pada bagian tanaman-tanaman/sayuran dan sebagainya.
- (3) Melalui makanan yang dibungkus dengan bahan/kertas yang terkontaminasi oleh tanah yang mengandung mikroorganisme

d. Udara

Adanya mikroorganisme diudara karena terbawa oleh partikel-partikel debu, air atau titik-titik ludah yang sudah disebarkan oleh orang/hewan, batuk atau berbangkis. Tergantung dari lokasi, musim, pergerakan udara.

e. Manusia

Merupakan sumber paten dari kuman-kuman *Stahilococcus aurcus*, *Salmonelia*, *Clostridium perfringen*, *Enterrococcus* (Marpaung, Santi and Marsaulina, 2012).

## 3.5 Upaya Mengatasi Hygiene Dan Sanitasi Lingkungan

### 1. Upaya Mengatasi Sanitasi Lingkungan

Saat ini, 70% dari rumah di kota menggunakan septik tank pribadi, tetapi sebagian besar tidak berfungsi baik, sementara kurangnya investasi, minat dan aturan dari pemerintah setempat berakibat pada perencanaan yang kurang tepat bagi pelayanan sanitasi termasuk pembuangan kotoran.

Berikut upaya ESP untuk membantu mengatasi masalah ini:

#### a. Pemetaan Sanitasi

Langkah pertama untuk memperbaiki sanitasi di seluruh kota. Kegiatan ini melibatkan identifikasi situasi pelayanan air dan sanitasi sekarang, sumber polusi, serta pertimbangan teknis dan sosial lain. Hal ini akan membantu pengambil keputusan untuk menetapkan prioritas program sanitasi jangka pendek hingga menengah.

#### b. Sistem Air Limbah Terpusat

Sistem air limbah terpusat terdiri dari jaringan got dan instalasi pengolahan air limbah. Untuk meningkatkan operasi sistem-sistem ini, ESP mendorong sistem penagihan biaya yang tepat, meningkatnya efisiensi, meningkatnya pendapatan melalui basis pembayaran dan pelanggan yang lebih luas, dan perhatian lebih pada perbaikan dan pemeliharaan.

#### c. Sanitasi berbasis Masyarakat

Sistem kecil yang biasanya melibatkan hingga 100 keluarga dan dioperasikan oleh masyarakat atau LSM setempat atas nama masyarakat. Di wilayah yang rumah-rumahnya memiliki toilet, terdiri atas jaringan saluran pembuangan dari masing-masing rumah menuju fasilitas pengolahan bawah tanah. Untuk lingkungan perumahan yang tidak memiliki toilet, fasilitas sanitasi ini adalah Mandi, Cuci dan Kakus (MCK++), termasuk pasokan air dan fasilitas pengolahan air limbah bawah tanah.

#### d. Tinja

Setiap kota besar memiliki instalasi pengolahan tinja, tetapi sebagian besar instalasi tersebut tidak berfungsi. Sistem pengumpulan kotoran juga dioperasikan (oleh sektor pemerintah atau swasta), tetapi pengurasan septik tank tidak terjadi secara teratur.

#### e. Sampah padat

Memfokuskan pada sistem Pengelolaan Sampah Padat Berbasis Masyarakat (CBSWM), dengan mengurangi jumlah sampah padat melalui promosi penggunaan kembali, daur ulang, dan pembuatan kompos.

### 2. Upaya mengatasi Hygiene

Program Jamkesmas merupakan upaya pemerintah untuk memenuhi hak pelayanan kesehatan bagi masyarakat miskin sebagaimana diamanatkan Undang Undang Dasar 1945 (Veridiana, Sumolang and Chadijah, 2014).

Menurut penelitian Apriyadi (2018) menunjukkan bahwa demam tifoid berhubungan dengan perilaku hygiene perorangan menunjukkan bahwa ada hubungan yang bermakna antar demam tifoid dengan perilaku hygiene perorangan (Apriyadi, 2018).



## **Bab 4**

# **Pengelolaan Sumber Daya Air**

Air merupakan kebutuhan dasar hidup manusia yang dikaruniakan oleh Tuhan Yang Maha Esa bagi seluruh bangsa Indonesia. Air sebagai bagian dari sumber daya air merupakan cabang produksi penting dan menguasai hajat hidup orang banyak yang dikuasai oleh negara untuk dipergunakan bagi sebesar-besar kemakmuran rakyat sesuai dengan amanat Undang-Undang Dasar Negara Republik Indonesia. Sumber Daya Air adalah air, sumber air, dan daya air yang terkandung di dalamnya, yang berguna atau potensial bagi manusia. Kegunaan air meliputi penggunaan di bidang pertanian, industri, rumah tangga, rekreasi, dan aktivitas lingkungan (UU No.17, 2019).

Menurut World Health Organization (WHO), kesehatan lingkungan adalah suatu keseimbangan ekologi yang harus ada antara manusia dan lingkungan agar dapat menjamin keadaan sehat dari manusia. Menurut WHO terdapat 17 ruang lingkup kesehatan lingkungan, dua di antaranya berada pada urutan teratas yang berhubungan dengan sumber daya air, yaitu : a. Penyediaan air minum, khususnya yang menyangkut persediaan jumlah air b. Pengelolaan air buangan dan pengendalian pencemaran, termasuk masalah pengumpulan, pembersihan dan pembuangan (Purnama, 2018).

## 4.1 Sumber Daya Air

Untuk menghadapi ketidakseimbangan antara ketersediaan air yang cenderung menurun dan kebutuhan air yang semakin meningkat, sumber daya air perlu dikelola dengan memperhatikan fungsi sosial, lingkungan hidup, dan ekonomi secara selaras sehingga dapat menunjang kehidupan masyarakat dengan baik. Berdasarkan UU No 17/2019 tentang Sumber daya Air, bahwa pengelolaan sumber daya air adalah upaya merencanakan, melaksanakan, memantau, dan mengevaluasi penyelenggaraan konservasi sumber daya air, pendayagunaan sumber daya air, dan pengendalian daya rusak air.

### 4.1.1 Pemanfaatan Sumber Daya Air

Kebutuhan masyarakat terhadap air yang semakin meningkat mendorong lebih menguatnya nilai ekonomi air dibanding nilai dan fungsi sosialnya. Kondisi tersebut berpotensi menimbulkan konflik kepentingan antar sektor, antar wilayah dan berbagai pihak yang terkait dengan sumber daya air. Sementara pengelolaan sumber daya air yang lebih bersandar pada nilai ekonomi akan cenderung lebih memihak kepada pemilik modal serta dapat mengabaikan fungsi sosial.

Menurut Riyadi (2012) dewasa ini permasalahan yang dihadapi oleh pemerintah maupun masyarakat dalam kaitannya dengan pemanfaatan sumber daya air meliputi ; (1) penggunaan air yang berlebihan dan kurang efisien; (2) persaingan dan perebutan air antara daerah hulu dan hilir atau konflik antara berbagai sektor; (3) adanya kekeringan di musim kemarau dan banjir di musim hujan; (4) penyempitan dan pendangkalan sungai, danau karena desakan lahan untuk pemukiman dan industri; (5) pencemaran air permukaan dan air tanah ; (6) erosi sebagai akibat penggundulan hutan.

Berdasarkan Buku Tahunan Sumber Daya Air Kementerian Pekerjaan Umum tahun 2010–2011, cadangan air Indonesia terbesar ke-5 dunia yaitu sebesar 3.221 milyar meter kubik per tahun, dan baru 175,1 milyar meter kubik per tahun atau 25,33% dari kapasitas mantapnya yang sudah dimanfaatkan Data tersebut mencerminkan bahwa sebenarnya permasalahan air yang sedang dialami oleh masyarakat Indonesia bukan karena kekurangan air, melainkan karena kualitas air yang rendah, dan tata kelola air yang buruk (Liyana, 2014).

### 4.1.2 Kualitas Air

Untuk dapat memenuhi syarat hidup sehat konsumen, air harus cukup kuantitasnya, memenuhi syarat kualitasnya dan cukup tekanan airnya dalam saluran distribusi. Syarat tekanan air yang cukup yaitu minimum 1 atmosfer sampai pada konsumen, tentu hanya berlaku untuk air yang dialirkan melalui perpipaan. Hal ini untuk mencegah masuknya cemaran melalui sambungan pipa yang mungkin kurang rapat. Tekanan air sebesar 1 atmosfer secara sederhana dapat dilihat dari ketinggian semburan air bila pipa dilubangi pada dindingnya harus mencapai tinggi 10 m.

Kuantitas yang cukup tergantung taraf/gaya hidup seseorang, dapat berkisar antara 60-500 liter per orang per hari. Untuk Indonesia saat ini diperkirakan memerlukan rata-rata 60 liter per orang per hari bagi penduduk pedesaan dan rata-rata 150 liter per orang per hari bagi penduduk perkotaan (Soesanto dan Irianti, 2001).

Menurut Peraturan Menteri Kesehatan No. 416/Menkes/Per/IX/1990 tentang syarat-syarat dan Pengawasan Kualitas Air, yang dimaksud dengan air bersih ialah air yang dapat diminum setelah diolah terlebih dahulu, sedangkan air minum ialah air yang dapat diminum tanpa diolah terlebih dahulu. Air minum harus memenuhi syarat kualitas fisik, bakteriologik, kimiawi dan radioaktif seperti tercantum dalam Peraturan Menteri Kesehatan tersebut diatas.

## 4.2 Pengelolaan Sumber Daya Air

Menurut Soesanto dan Irianti (2001) sumber daya air meliputi jenis sumber air yang dapat didayagunakan oleh manusia, baik secara langsung maupun setelah melalui pengolahan. Sumber daya air di bumi meliputi : (1) Mata air (air tanah yang menyembul ke permukaan tanah), (2) Air tanah (air tanah tidak tertekan dan air tanah tertekan atau artesis), (3) Sungai, (4) Danau, (5) Air hujan, (6) Gunung es, (7) Air laut. Dalam keadaan normal, manusia akan memilih sumber air yang kuantitasnya cukup besar dan kualitasnya tidak memerlukan pengolahan yang canggih/mahal serta mudah terjangkau. Urutan sumber air tersebut diatas kurang lebih menunjukkan urutan pilihan yang akan diambil manusia untuk memenuhi kebutuhan domestiknya

Pengelolaan sumber daya air meliputi : (1) Pelestarian hutan/vegetasi penangkap air, (2) Perlindungan sumber air baku agar tidak didayagunakan secara berlebihan dan tidak tercemar, (3) Pengambilan air baku, (4) Penyaluran air baku ke konsumen langsung atau ke unit pengolahan, (5) Penyaluran air hasil olahan ke konsumen, (6) Perlindungan air yang siap pakai dari kontaminasi dan mencegah pemborosan air, (7) Pencegahan timbulnya tempat perindukan nyamuk dalam reservoir (tandon) air, (8) Daur ulang limbah cair, (9) Pengambilan air hujan ke dalam tanah baik melalui akar tanaman maupun cara lain.

### 4.3 Gangguan Kesehatan yang Berkaitan dengan Air

Menurut (Soesanto dan Irianti, 2001), penyakit yang berkaitan dengan air di negara yang sedang berkembang dikelompokkan dalam 4 kategori berdasarkan mekanisme penularannya,

- 1) *Water-borne disease* berkaitan dengan air yang tercemar kotoran manusia dan hewan, yang bila terminum, dapat menimbulkan kolera, tifus dan diare;
- 2) *Water-washed diseases* berkaitan dengan kekurangan air atau sulitnya menjangkau sumber air untuk memelihara kebersihan perorangan, yang dapat menyebabkan timbulnya diare, infeksi kulit, penyakit mata yang menular, water-borne diseases dan infestasi kutu atau tunggau yang juga dapat menjadi vektor demam semak (scrub thypus);
- 3) *Water-based diseases* terkait dengan parasit yang bagian dari daur hidupnya dalam air, seperti schistosomiasis.
- 4) *Water-related insect vector-borne diseases* terkait dengan serangga vektor penyakit yang habitatnya di air. Vektor ini berbeda menurut jenis habitat. Misalnya, nyamuk yang menularkan malaria ada yang berkembang biak di air payau, sedangkan yang menularkan filariasis berkembang biak di lubang jamban yang kebanjiran dan air tercemar.

Air yang mengandung bahan beracun dapat berdampak akut atau kronis, air yang mengandung logam berat seperti Pb (timah hitam) dan Hg (merkuri) biasanya tidak langsung menimbulkan keracunan, tetapi melalui organisme akuatik yang dikonsumsi manusia. Merkuri anorganik, dalam tubuh organisme akuatik diubah menjadi merkuri organik (methyl mercury) yang menumpuk dalam jaringan tubuh manusia dan dapat menimbulkan penyakit Minamata.

Sayuran yang disiram dengan air yang tercemar tinja dan logam berat akan terkontaminasi telur cacing, bakteri Coli tinja dan logam berat pada permukaannya. Logam berat juga dapat diserap oleh sayuran melalui akarnya. Tanaman padi juga dapat menyerap logam berat melalui akarnya dan masuk ke dalam beras yang dihasilkannya.

## 4.4 Konservasi Air

Konservasi sumber daya air sebagai salah satu upaya pengelolaan sumber daya air dimaksudkan untuk menjaga dan mempertahankan kelangsungan dan keberadaan sumber daya air, termasuk daya dukung, daya tampung, dan fungsinya. Konservasi sumber daya air dapat dilakukan melalui kegiatan perlindungan dan pelestarian sumber daya air, pengawetan air, pengelolaan kualitas air, serta pengendalian pencemaran air, dengan mengacu pada pola pengelolaan sumber daya air pada setiap wilayah sungai, dan dipakai sebagai acuan dalam perencanaan tata ruang. Konservasi sumber daya air dilaksanakan pada sungai, danau, waduk, rawa, cekung air tanah, sistem irigasi, daerah tangkapan air, kawasan suaka alam, kawasan pelestarian alam, kawasan hutan dan kawasan pantai.

### 4.4.1 Perlindungan dan Pelestarian Sumber Air

Perlindungan dan pelestarian sumber daya air dimaksudkan untuk melindungi dan melestarikan sumber air beserta lingkungannya terhadap kerusakan dan gangguan yang disebabkan oleh daya alam dan aktivitas manusia, dan dipakai sebagai dasar untuk penatagunaan lahan, agar sumber daya air dapat dimanfaatkan secara berkelanjutan. Pada dasarnya setiap orang dilarang melakukan kegiatan yang dapat menyebabkan rusaknya sumber air dan prasarannya, menurunnya potensi sumber air, serta mengakibatkan terjadinya pencemaran air dan sumber daya air.

Upaya pelestarian sumber air yang menjadi dasar dalam penatagunaan lahan, secara umum dapat dilakukan melalui (Arsyad, 2017) :

- 1) Pemeliharaan dan mempertahankan fungsi resapan air dan daerah tangkapan air
- 2) Pengendalian pemanfaatan sumber air, berupa perizinan yang ketat, atau pelarangan pemanfaatan sumber air:
- 3) Pengisian air pada sumber air, seperti pemindahan aliran air dari satu daerah aliran sungai ke daerah aliran sungai lainnya, dengan pekerjaan sudetan, interkoneksi, atau suplesi, serta melakukan imbuan air tanah
- 4) Pengaturan sarana dan prasarana sanitasi, seperti pengelolaan air limbah dan persampahan
- 5) Perlindungan sumber air, dalam kaitannya dengan kegiatan pembangunan dan pemanfaatan lahan di sekitar sumber air
- 6) Pengendalian pemanfaatan lahan di daerah hulu
- 7) Pengaturan daerah sempadan sumber air
- 8) Rehabilitasi hutan dan lahan pertanian
- 9) Pelestarian hutan lindung, kawasan suaka alam dan kawasan pelestarian alam

#### **4.4.2 Pengawetan Air**

##### **A. Pengelolaan Kuantitas Air Permukaan**

Pengelolaan kuantitas air permukaan dimaksudkan untuk mempertahankan dan meningkatkan potensi/kuantitas air permukaan yang tersedia, sebagai salah satu cara untuk melakukan konservasi sumber daya air, sebagai berikut:

- 1) Pengendalian Aliran Permukaan

Pengendalian air permukaan dilakukan dengan memperpanjang waktu air tertahan dipermukaan tanah dan meningkatkan air yang dapat masuk ke dalam tanah.

## 2) Pemanenan Air Hujan

Pemanenan air hujan dalam skala kecil dilakukan untuk memenuhi kebutuhan rumah tangga dan ternak, terutama menjelang dan selama musim kemarau panjang, dengan mengumpulkan air hujan yang mengucur dari atap rumah. Air hujan yang berkualitas baik dapat dikumpulkan dari atap rumah yang bersih dan terbuat dari bahan yang tahan korosi, demikian pula dengan bak penampungnya.

### B. Pengelolaan Kuantitas Air Tanah

Pengelolaan kuantitas air tanah dimaksudkan untuk mempertahankan dan meningkatkan potensi/kuantitas air tanah yang tersedia, sebagai salah satu cara untuk melakukan konservasi sumber daya air, sebagai berikut (Said dan Widayat, 2014) :

#### 1) Pengisian Air Tanah Secara Buatan

Meskipun bendungan telah dibangun di suatu sungai, sebagian air yang mengalir dimusim hujan masih akan terbuang keluar waduk, dan kelebihan air ini dapat dikonservasi melalui pengisian akuifer di dalam tanah secara buatan. Pengisian buatan akuifer tersebut merupakan upaya meningkatkan yield total dan merupakan salah satu sarana untuk manajemen sumber daya air.

Simpanan air dalam tanah ini merupakan sumber air yang dapat diandalkan untuk menambah potensi sumber daya air, dan kemampuan tanah untuk menyimpan air tergantung dari tinggi muka air tanah dan poripori tanah.

#### 2) Pengendalian Pengambilan Air Tanah

Arti dari konservasi air tanah adalah upaya menjaga kelestarian, kesinambungan ketersediaan, daya dukung, fungsi air tanah serta mempertahankan keberlanjutan pemanfaatan airtanah. Disebutkan juga bahwa konservasi air tanah dilaksanakan melalui: (a) penentuan zona konservasi air tanah, (b) perlindungan dan pelestarian airtanah, (c) pengawetan air tanah, (d) pengelolaan kualitas dan pengendalian pencemaran airtanah, (e) pengendalian penurunan kuantitas air tanah dan (f) pemulihan airtanah.

Pengambilan air tanah melalui sumur-sumur akan menyebabkan lengkung penurunan muka air tanah. Makin besar laju pengambilan air tanah akan semakin curam lengkung permukaan air tanah di sekitar sumur-sumur tersebut, sampai terjadi keseimbangan baru bila terjadi pengisian di daerah resapan.

## 4.5 Pengelolaan Kualitas dan Pengendalian Pencemaran

### 4.5.1 Pengelolaan Kualitas Air

Menurut Arsyad (2017), pengelolaan kualitas air dimaksudkan untuk mempertahankan dan memulihkan kualitas air yang masuk dan yang berada pada sumber air, dengan cara memperbaiki kualitas air pada sumber air dan prasarana sumber air. Kualitas air menyatakan tingkat kesesuaian air terhadap penggunaan tertentu dalam memenuhi kebutuhan manusia dan lingkungannya, kualitas air dapat dibedakan atas sifat dan karakteristiknya sebagai berikut :

- 1) Bahan-bahan padat, diukur dengan melakukan penyaringan, pengendapan dan penguapan, zat padat ini dapat memengaruhi kualitas air.
- 2) Kandungan sedimen, memengaruhi tingkat/proses pendangkalan saluran, sungai dan waduk, serta memengaruhi biaya pengolahan air bersih. Air tanah dan air waduk yang kurang mengandung sedimen, kurang baik untuk air irigasi.
- 3) Kekeruhan, karena adanya kandungan material yang kasat mata dalam air, seperti tanah liat, lempung, bahan organik dan non organik, tingkat kekeruhan air diukur dengan turbidimeter.
- 4) Warna, air murni tidak berwarna, dan warna air diakibatkan oleh adanya material yang larut atau koloid dalam suspensi atau mineral. Sinar matahari secara alamiah mempunyai sifat disinfeksi dan melintang terhadap bahan pewarna air, tapi sifatnya terbatas.
- 5) Bau dan rasa, rasa dalam air biasanya akibat adanya garam-garam terlarut. Bau dan rasa dalam air pada umumnya disebabkan keberadaan mikro-organisme, bahan organik, bahan mineral, dan gas terlarut. Untuk menghilangkan bau dan rasa yang tidak dikehendaki dapat dilakukan aerasi, pemakaian potasium permanganat, pemakaian karbon aktif, koagulasi, sedimentasi, dan filtrasi.
- 6) Temperatur, tergantung dari sumbernya, temperatur normal/alami di daerah tropis berkisar antara 20 - 30 0 C.

- 7) Kandungan zat kimia yang berpengaruh terhadap kesesuaian penggunaan air, antara lain : pH air, Alkalinitas dan Kesadahan.
- 8) Jenis organisme yang terdapat dalam kandungan air meliputi macroskopik, dan mikroskopik serta bakteri.

Air harus aman dan sehat, tidak berwarna, tidak berbau dan tidak berasa karena terlarutnya garam mineral atau bahan mineral lainnya. Persyaratan kualitas air baik parameter fisik, kimia anorganik, mikrobiologi dan radioaktivitas, dapat dilihat pada lampiran dari Peraturan Pemerintah No. 82 tahun 2001 tersebut di atas.

### 4.5.2 Pengendalian Pencemaran Air

Pengendalian pencemaran air dimaksudkan untuk mempertahankan dan memulihkan kualitas air yang masuk dan yang berada pada sumber air, dengan cara mencegah masuknya pencemaran air pada sumber dan prasarana sumber air.

#### A. Sumber Pencemar

Pencemaran lingkungan yang utama berasal dari kegiatan manusia seperti kegiatan rumah tangga dan perorangan, industri, pertanian dan transportasi. Pencemaran tersebut berlangsung terus menerus dan dampaknya juga terus dirasakan, bahkan beberapa di antaranya berdampak luas atau global. Faktor-faktor penyebab terjadinya pencemaran lingkungan sebagai hasil samping perbuatan manusia meliputi: faktor Industrialisasi, faktor urbanisasi, faktor, faktor cara hidup, kepadatan penduduk dan faktor perkembangan ekonomi. Faktor-faktor di atas saling memengaruhi secara kompleks (Setiawan, 2019)

Berbagai jenis limbah yang terjadi karena proses alam dan/atau aktivitas manusia, dan dapat mencemari air dan sumber air, antara lain :

- 1) Limbah Domestik, meliputi air buangan sanitari, dari toilet, dapur, restoran, hotel, rumah sakit, laundry dan sebagainya, yang dibuang ke saluran drainase atau sungai. Limbah ini terutama mengandung bahan organik yang dapat membusuk atau terdegradasi oleh mikro organisme, bakteri yang berbahaya, serta bahan detergen yang dapat mengganggu atau mematikan kehidupan organisme air dan merusak lingkungan.

- 2) Limbah Industri, sering mengandung bahan kimia seperti asam, alkali, minyak, phenol, dan mercury yang dapat masuk/diserap ke dalam rantai makanan tumbuhan, dan hewan air, dan bahkan sampai ke tubuh manusia.
- 3) Limbah Pertanian, karena penggunaan pupuk, pestisida dan herbisida yang berlebihan pada usaha pertanian. Limbah ini di dalam air sulit, atau memerlukan waktu yang lama untuk terdegradasi oleh mikro organisme. Limbah pertanian dapat pula berupa kotoran hewan, sisa makanan ternak dan poultry.
- 4) Sedimen/atau Lumpur, karena erosi tanah yang terbawa hanyut oleh aliran permukaan ke sistem saluran/sungai, dapat menyebabkan kekeruhan air yang dapat mengurangi penetrasi sinar matahari ke dalam air. Hal tersebut menyebabkan proses fotosintesis tumbuhan dalam air tidak dapat berlangsung dengan baik, kandungan oksigen dalam air akan menurun dan kandungan karbondioksida akan meningkat, dan dapat memengaruhi kehidupan hewan air. Pada dasarnya pencemaran air tersebut di atas dapat dikendalikan, dan teknologi yang ada dapat mengeluarkan cemar dan bakteri dari dalam air.

## B. Teknik Pengendalian

Pengendalian pencemaran air secara teknis dapat dilakukan dengan cara preventif maupun kuratif. Tindakan preventif ditujukan untuk menjaga sungai, dimana limbah buangan yang masuk kedalamnya sudah dalam kondisi yang baik.

Secara teknis pengendalian pencemaran air sesuai Peraturan Pemerintah Nomor 82 Tahun 2001. meliputi :

- 1) Menetapkan daya tampung beban pencemaran
- 2) Melakukan inventarisasi dan identifikasi sumber pencemar
- 3) Menetapkan persyaratan air limbah untuk aplikasi pada tanah
- 4) Menetapkan persyaratan pembuangan air limbah ke air atau sumber air
- 5) Memantau kualitas air pada sumber air

#### 6) Memantau faktor lain yang menyebabkan perubahan mutu air

Pengendalian pencemaran air secara kuratif merupakan kemampuan air untuk mengembalikan kualitasnya sendiri tergantung dari besarnya cemaran serta karakteristik kandung sumber airnya.

#### C. Cara Non-teknis

Selain cara teknis, hal lain yang tidak kalah penting adalah pelaksanaannya, serta menanamkan perilaku disiplin bagi semua pihak, dalam mencegah terjadinya pencemaran air. Semua pihak yang terkait dan masyarakat dituntut untuk berdisiplin, dan bertanggung jawab terhadap pelestarian lingkungan, dengan tidak membuang sampah atau limbah sembarangan, yang dapat menimbulkan pencemaran lingkungan.

## 4.6 Peringatan Hari Air Sedunia

Air merupakan sumber daya alam yang sangat penting bagi seluruh makhluk hidup. Setiap harinya dibutuhkan air bersih untuk dikonsumsi, minimnya air bersih menyebabkan sebagian penduduk dunia menggantungkan hidupnya pada air tidak layak konsumsi. Ratusan ribu orang sakit dan meregang nyawa akibat penggunaan air yang tercemar. Setiap hari mereka harus berjuang mempertahankan hidupnya dengan mati-matian.

Demikian penting dan bermasalahnya air diseluruh dunia sehingga Badan Dunia PBB menginisiasi peringatan Hari Air Sedunia yang diumumkan pertama kalinya pada Sidang Umum PBB ke-47 tanggal 22 Desember 1992 di Rio de Janeiro, Brazil. Hasil sidang PBB kemudian menyepakati bahwa Hari Air Sedunia mulai diperingati tahun 1994. Perayaan Hari Air Sedunia mengangkat tema khusus setiap tahunnya. Pada tahun 2019 tema yang diusung ialah Water for All, Leaving No One Behind. , yang bermakna mengajak siapapun agar tidak meninggalkan saudara-saudara yang masih kekurangan air bersih. WHO mengatakan 2 miliar penduduk di seluruh dunia masih mengonsumsi air terkontaminasi (Widuri, 2019).

Hari Air Sedunia dirayakan setiap tanggal 22 Maret. Peringatan ini bertujuan agar seluruh penduduk dunia menyadari betapa pentingnya air bersih dalam kehidupan. Supaya masyarakat didunia memberi dukungan dalam konservasi air dengan cara mengurangi penggunaan air yang berlebihan. Hari Air Sedunia

diperingati setiap tahun dengan harapan agar pemerintah dan masyarakat dunia sadar akan pentingnya air bersih bagi kehidupan, tetap menjaga kebersihan air dengan melakukan upaya sebagai berikut :

1) Melakukan daur ulang barang bekas

Daur ulang menjadi salah satu langkah efektif untuk menjaga lingkungan bebas sampah. Barang-barang tidak terpakai sering sekali dibuang begitu saja, penumpukan sampah itu bahkan bisa mencemari air sungai dan laut.

2) Buang sampah B3 pada tempatnya

Sampah B3 mengandung bahan kimia berbahaya seperti racun limbah B3 yang memiliki pengaruh kronis dan akut. Hal itu akan berakibat buruk jika sampah B3 mencemari sumber air pemukiman penduduk.

3) Meminimalisir penggunaan bahan kimia

Menekan penggunaan bahan kimia merupakan langkah solutif untuk melindungi perairan. Ketika larut ke dalam air, bahan kimia dapat menghancurkan ekosistem perairan.

4) Hemat air

Gunakan air secukupnya, penggunaan air berlebihan dalam jangka waktu lama akan menyebabkan kekeringan. Lakukan hal kecil seperti mematikan keran air jika tidak digunakan.

5) Lakukan penghijauan

Tumbuhan juga berfungsi sebagai penyaring, melakukan penanaman pohon di sepanjang sungai dapat menjaga saluran air tetap bersih. Tanaman hijau juga bermanfaat menangkal polusi udara, tanah dan air.

6) Melakukan sosialisasi

Lakukan sosialisasi air bersih kepada masyarakat. Dewasa ini banyak masyarakat belum sadar pentingnya melestarikan air.

Mengingat demikian vital peran dari air bersih bagi kehidupan, PBB sangat gencar mensosialisasikan Hari Air Sedunia ini dengan berbagai aksi nyata. Tema Peringatan Hari Air Sedunia tahun 2019 mengajak seluruh lapisan

masyarakat sebagai penduduk dunia untuk saling peduli terhadap sesama, terutama yang mengalami krisis air bersih. Bukan hanya pemerintah, masyarakat lain juga dihimbau untuk ikut menciptakan akses air bersih bagi penduduk di seluruh dunia melalui pengelolaan sumber daya air yang baik.



# Bab 5

## Pencemaran Udara

### 5.1 Pengertian Pencemaran Udara terhadap Lingkungan

Udara adalah campuran gas yang terdapat pada lapisan yang mengelilingi bumi. Komponen yang konsentrasinya paling bervariasi yaitu uap air dan CO<sub>2</sub>, kegiatan yang berpotensi menaikkan konsentrasi CO<sub>2</sub> seperti pembusukan sampah tanaman, pembakaran atau sekumpulan massa manusia di dalam ruang terbatas yaitu karena proses pernapasan (Agusnar, 2007). Namun pada era modern ini, sejalan dengan perkembangan pembangunan fisik kota dan pusat industri, serta berkembangnya transportasi, maka, kualitas udara pun mengalami perubahan yang disebabkan oleh terjadinya pencemaran udara, atau sebagai berubahnya salah satu komposisi udara dari keadaan yang normal; yaitu masuknya zat pencemar (berbentuk gas-gas dan partikel kecil/aerosol) ke dalam udara dalam jumlah tertentu untuk jangka waktu yang cukup lama, sehingga dapat mengganggu kehidupan manusia, hewan, dan tanaman (BPLH DKI Jakarta, 2013).

Pencemaran udara telah menjadi salah satu masalah lingkungan global yang menjadi perhatian dunia (Mulyadi, 2015). Survei yang dilakukan oleh World Health Organization - WHO (2002) di 1.600 kota yang tersebar di 91 negara di dunia menunjukkan bahwa hampir 90% orang-orang di pusat perkotaan

menghirup udara yang tidak sehat. WHO juga menyatakan bahwa sekitar setengah dari penduduk dunia terkena pencemaran setidaknya dua setengah kali lebih tinggi dari baku mutu kualitas udara yang ditetapkan. Fenomena tersebut terutama dirasakan di negara-negara berkembang seperti Indonesia sebagai dampak negatif dari pembangunan yang berorientasi pada pertumbuhan ekonomi (Basri, 2014).

Menurut Chambers dalam Mukono (2008), pengertian pencemaran udara adalah bertambahnya bahan atau substrat fisik atau kimia ke dalam lingkungan udara normal yang mencapai sejumlah tertentu, sehingga dapat dideteksi oleh manusia atau yang dapat dihitung dan diukur, serta dapat memberikan efek pada manusia, binatang, vegetasi dan material.

Dari beberapa pengertian pencemaran udara di atas, bahwa pencemaran udara adanya perubahan komposisi udara dari keadaan normal yang berasal dari bahan-bahan atau zat-zat asing di dalam udara. Hadirnya bahan – bahan atau zat asing di dalam udara dalam jumlah tertentu serta berada di udara dalam waktu yang cukup lama, akan dapat mengganggu kehidupan manusia. Bila keadaan ini terjadi begitu lama maka dapat dikatakan udara telah tercemar.

## 5.2 Sumber Pencemar Udara

Sumber pencemaran dapat merupakan kegiatan yang bersifat alami dan kegiatan antropogenik. Contoh sumber alami adalah akibat letusan gunung berapi, kebakaran hutan, dekomposisi biotik, debu, spora tumbuhan dan lain sebagainya. Pencemaran akibat kegiatan manusia secara kuantitatif sering lebih besar, misalnya sumber pencemar akibat aktivitas transportasi, industri, persampahan baik akibat proses dekomposisi ataupun pembakaran dan rumah tangga (Ratnani, R.D., 2008). Terdapat dua jenis sumber pencemar yaitu sebagai berikut:

Menurut Soedomo (2001), jenis sumber-sumber pencemar dibedakan berdasarkan perilakunya di atmosfer dalam dua kelompok yaitu:

1. Pencemar udara primer, komposisinya tidak akan mengalami perubahan di atmosfer baik secara kimia maupun fisis dalam jangka waktu yang relatif lama (harian sampai tahunan dan akan tetap seperti komposisinya seperti waktu diemisikan oleh sumber). Pencemar

sebagai contoh adalah CO, CO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>O, TSP, SO<sub>2</sub>, metana, senyawa halogen, partikel logam dan lain-lain. Pencemar ini memiliki waktu tinggal yang lama di atmosfer karena sifatnya yang stabil terhadap rekasi-reaksi kimia fisik atmosfer.

2. Pencemar udara sekunder, terbentuk di atmosfer sebagai hasil rekasi-rekasi atmosfer seperti hidrolisis, oksidasi dan reaksi fotokimia.

Sumber pencemar primer di udara dapat digolongkan menjadi 2 yaitu sumber yang bersifat alamiah (natural) dan kegiatan manusia (antropogenik). Contoh Pencemaran Sumber alami adalah akibat letusan gunung berapi, kebakaran hutan, dekomposisi biotik, debu, spora tumbuhan, dan lain-lain. Serta pencemaran pada antropogenik banyak diperoleh dari kegiatan transportasi, industri, merokok, ataupun pembakaran, dan rumah tangga. Berdasarkan jenisnya, sumber pencemar dapat dikategorikan menjadi:

1. Sumber Alamiah (Natural)
  - a. Akibat Letusan Gunung Berapi

Kegiatan alam yang bisa menyebabkan pencemaran udara di antaranya adalah kegiatan gunung berapi. Salah satu gas pencemar yang dihasilkan oleh gunung berapi adalah Sox.

- b. Akibat Kebakaran Hutan

Beberapa bahan pencemar dari kebakaran hutan yang dapat mencemari udara, di antaranya adalah hidrokarbon, karbon dioksida, senyawa sulfur oksida, senyawa nitrogen oksida dan nitrogen dioksida. Adapun bahan pencemar berbentuk partikel adalah asap berupa partikel karbon yang sangat halus bercampur dengan debu hasil dari proses pemecahan suatu bahan.

2. Sumber Kegiatan Manusia (Antropogenik)

Sumber antropogenik di antaranya berhubungan dengan proses pembakaran berbagai jenis bahan bakar, di antaranya:

- a. Sumber tidak bergerak (stationary source) pembakaran bahan bakar di rumah tangga, TPA, kebakaran hutan (sumber alamiah), konstruksi pembangunan, jalan tidak beraspal.

- b. Sumber bergerak (mobile source) contoh : kendaraan bermotor, pesawat, dan/atau kapal laut
- c. Debu zat kimia maupun partikel-partikel sebagai hasil dari industri pertanian dan perkebunan
- d. Asap menggunakan cat, hair spray, dan jenis pelarut lainnya
- e. Gas yang dihasilkan dari proses pembuangan akhir di TPA, yang umumnya adalah gas metan.
- f. Peralatan militer contoh: senjata nuklir, gas beracun, senjata biologis, maupun roket.

**Tabel 5.1:** Karakteristik dan Sumber Pencemar (Flagon, R.C. and Seinfeld, J. H, 1988)

Pencemar	Karakteristik Fisik	Tingkat Konsentrasi	Sumber Antropogenik	Sumber Alamiah
SO <sub>2</sub>	Gas yang tidak berwarna dengan iritasi, bau menyengat; dapat dideteksi oleh rasa pada konsentrasi 0,3 sampai 1 ppm; sangat larut dalam air (10,5 g/100cm <sup>3</sup> pada 293 K)	Tingkat konsentrasi latar belakang ( <i>background</i> ) dalam rentang 0,04 sampai 6 ppb; konsentrasi rata-rata maksimum per jam di area perkotaan kadang melebihi 1 ppm	Pembakaran bahan bakar sumber tidak bergerak; emisi proses industri; penyulingan logam dan minyak	Oksidasi atmosfer dari organik sulfida
NO	Tidak berwarna, tidak berbau; tidak mudah terbakar dan sedikit larut dalam air, toksik.	Tingkat konsentrasi background dari 10 sampai dengan 100 ppt; tingkat di perkotaan yang telah diteliti lebih besar dari 500 ppb	Pembakaran	Aktivitas bakteri; proses pembakaran alamiah; petir
NO <sub>2</sub>	Berwarna coklat kemerahan, bau menyengat, sangat korosif; menyerap cahaya lebih banyak dari spektrum yang terlihat	Tingkat konsentrasi background dari 10 sampai dengan 500 ppt; konsentrasi di perkotaan telah mencapai nilai melebihi 500 ppb	Pembakaran	
CO	Tidak berwarna, tidak berbau, mudah terbakar, gas toksik, sedikit larut dalam air	Rata-rata konsentrasi background di 0,09 ppm; konsentrasi dibelahan bumi utara dua kali lebih besar dibanding bumi bagian	Pembakaran bahan bakar fosil	Oksidasi atmosfer dari metan dan hidrokarbon biogenik

		selatan; tingkat perkotaan disekitar jalan raya dapat melebihi 100 ppm		lainnya
O3	Tidak berwarna, toksik, sedikit larut dalam air.	Rentang konsentrasi background berkisar 20-60 ppb; tingkat polusi di perkotaan berkisar 100-500 ppb	Bukan sumber primer: terbentuk sebagai polutan sekunder dari reaksi atmosfer yang melibatkan hidrokarbon dan oksida atau nitrogen	Kimia troposfer alami; bergerak dari stratosfer ke troposfer

## 5.3 Jenis Bahan Pencemar Udara

### 1. Partikulat (PM)

Manusia terpajan pencemaran udara melalui kontak mata dan saluran pernafasan (inhalasi) yang dapat berdampak pada kesehatan baik secara langsung maupun tidak langsung. Gangguan kesehatan yang terjadi secara langsung setelah terpajan antara lain iritasi mata, hidung dan tenggorokan, sakit kepala, mual, nyeri otot, asma, dan flu. Dampak yang muncul setelah beberapa tahun terpajan, antara lain penurunan fungsi paru, jantung dan kanker paru yang sulit diobati dan berakibat fatal (WHO, 2001).

Ditinjau dari sifatnya, secara umum zat pencemar atau polutan di udara berupa gas ( $\text{SO}_2$ ,  $\text{NO}_x$ ,  $\text{CO}$ , volatile organic compounds) ataupun partikulat. Polutan berupa partikulat tersuspensi, disebut juga particulate matter (PM) atau debu partikulat yang merupakan salah satu komponen penting yang berpengaruh terhadap kesehatan. Debu partikulat dapat diklasifikasikan menjadi 3 jenis yaitu jenis pertama coarse PM berukuran  $2,5\text{-}10\ \mu\text{m}$  (PM kasar atau  $\text{PM}_{2,5-10}$ ) yang berasal dari abrasi tanah, debu jalan (debu dari ban atau kampas rem), dan agregasi partikel sisa pembakaran. Partikel seukuran ini dapat masuk dan terdeposit di saluran pernafasan utama paru (trakheobronkial). Jenis kedua adalah fine PM ( $< 2,5\ \mu\text{m}$ ) dan jenis ketiga ultrafine ( $< 0,1\ \mu\text{m}$ ) berasal dari pembakaran fosil dan dapat dengan mudah terdeposit dalam unit terkecil

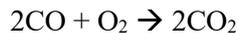
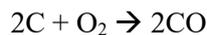
saluran napas (alveoli) bahkan dapat masuk ke sirkulasi darah sistemik (US Environmental Protect Agency, 2013).

Efek yang ditimbulkan oleh polutan ini tergantung dari besarnya pajanan (kadar / dosis di udara dan lama/waktu pajanan) dan faktor kerentanan individu. Efek buruk lebih mudah terjadi pada anak, individu dengan penyakit jantung, saluran pernapasan, dan diabetes mellitus. Selain itu, ukuran polutan juga menentukan lokasi anatomis terjadinya deposit polutan dan efeknya terhadap jaringan sekitar (Azkar dan Mudifa, 2016).

## 2. Karbon Monoksida (CO)

Menurut Wardhana (2004) Karbon Monoksida adalah suatu gas yang tak berwarna, tidak berbau dan juga tidak berasa. Gas CO dapat berbentuk cairan pada suhu di bawah  $-192^{\circ}\text{C}$ . Gas karbon monoksida yang berasal dari pembakaran bahan bakar fosil dengan udara, berupa gas buangan. Jika dibandingkan kota besar yang padat lalu lintasnya relatif tinggi menghasilkan gas CO dibandingkan dengan daerah pedesaan. Secara alamiah gas CO juga dapat terbentuk, walaupun jumlahnya relatif sedikit, seperti gas hasil kegiatan gunung berapi, proses biologi dan lainnya.

Secara sederhana pembakaran karbon dalam minyak bakar terjadi melalui beberapa tahap sebagai berikut :



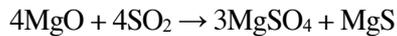
Reaksi pertama berlangsung sepuluh kali lebih cepat daripada reaksi kedua, oleh karena itu CO merupakan intermediat pada reaksi pembakaran tersebut dan dapat merupakan produk akhir jika jumlah  $\text{O}_2$  tidak cukup untuk melangsungkan reaksi kedua. CO juga dapat merupakan produk akhir meskipun jumlah oksigen di dalam campuran pembakaran cukup, tetapi antara minyak bakar dan udara tidak tercampur rata. Pencampuran yang tidak rata antara minyak bakar dengan udara menghasilkan beberapa tempat yang kekurangan oksigen. Semakin rendah perbandingan antara udara dengan minyak bakar, semakin tinggi jumlah karbon monoksida yang dihasilkan.

## 3. Sulfur Oksida ( $\text{SO}_x$ )

Gas sulfur dioksida adalah gas polutan yang banyak dihasilkan dari pembakaran bahan bakar fosil yang mengandung unsur belerang seperti

minyak, gas, batubara, maupun kokas. Selain  $\text{SO}_2$ , pembakaran bahan bakar fosil juga menghasilkan gas  $\text{SO}_3$ . Kedua gas tersebut dikenal sebagai gas  $\text{SO}_x$  atau sulfur oksida (Wiharja, 2002). Pembakaran bahan bakar fosil akan menghasilkan kira – kira 30 bagian sulfur dioksida untuk setiap bagian sulfur trioksida. Oksida – oksida sulfur biasanya terdiri dari sulfur dioksida, sulfur trioksida, asam sulfat, asam sulfit. Sulfur dioksida merupakan bagian yang paling dominan sehingga oksida – oksida sulfur biasanya diukur sebagai sulfur dioksida (Soedomo, 2001).

Gas  $\text{SO}_2$  juga dapat membentuk garam sulfat apabila bertemu dengan oksida logam, yaitu melalui proses kimiawi berikut ini:



Udara yang mengandung uap air akan bereaksi dengan gas  $\text{SO}_2$  sehingga membentuk asam sulfit:



Udara yang mengandung uap air akan bereaksi dengan gas  $\text{SO}_3$  membentuk asam sulfat:



Dibeberapa negara Eropa barat dan Amerika beberapa kegiatan industri menggunakan batubara sebagai bahan bakar, menyebabkan kadar gas  $\text{SO}_x$  dengan uap air yang terdapat di udara akan membentuk asam sulfit maupun asam sulfat. Apabila asam sulfit dan asam sulfat turun ke bumi bersama-sama dengan jatuhnya hujan, terjadilah apa yang dikenal dengan Acid Rain atau hujan asam. Hujan asam sangat merugikan dan tidak menguntungkan karena dapat merusak kesuburan tanah dan tanaman. Pada beberapa negara industri, hujan asam sudah menjadi persoalan yang sangat serius karena sifatnya yang merusak. Hutan yang gundul akibat jatuhnya hujan asam akan mengakibatkan lingkungan menjadi semakin parah (Wardhana, 1995).

#### 4. Nitrogen Oksida ( $\text{NO}_x$ )

Sumber pencemaran udara dapat berasal dari proses industri, kendaraan bermotor, dan bencana alam, seperti erupsi gunung juga kebakaran hutan. Bahan pencemar udara yang dihasilkan dari sumber-sumber di atas terdiri dari gas  $\text{SO}_2$  (Sulfur Dioksida),  $\text{CO}$  (Karbon Monoksida),  $\text{NO}_2$  (Nitrogen Dioksida), hidrokarbon dan partikulat atau debu. Oksida-Oksida nitrogen

(NO<sub>x</sub>) merupakan salah satu polutan yang banyak dihasilkan dari kendaraan bermotor dan proses industri. *EPA's National Ambient Air Quality Standard* (NAAQS) menerangkan bahwa kendaraan bermotor merupakan penyumbang emisi gas NO<sub>x</sub> terbesar (Annual Book of ASTM Standards, 1991). Nilai baku mutu gas NO<sub>x</sub> yang masih diperbolehkan pada udara emisi menurut Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup adalah pada kisaran konsentrasi 1000 mg/m<sup>3</sup> - 1700 mg/m<sup>3</sup>. Sedangkan baku mutu udara ambient sebesar 150 µg/m<sup>3</sup>. Oksida-oksida nitrogen terdiri dari nitrogen monoksida (NO) dan nitrogen dioksida (NO<sub>2</sub>), yang berasal dari pembakaran bahan bakar fosil. Kedua jenis oksida-oksida nitrogen ini memiliki pengaruh yang cukup besar terhadap kondisi udara dan termasuk kelompok gas rumah kaca (Akiyama dan Haruo, 2003).

Dalam pembentukan smog yang utama adalah pengaruh NO terhadap lingkungan. Gas NO dan NO<sub>2</sub> juga dapat memudahkan warna dari serat-serat rayon dan menyebabkan warna bahan putih menjadi kekuning-kuningan. Kadar NO<sub>2</sub> sebesar 25 ppm yang pada umumnya dihasilkan dari emisi industri kimia, dapat menyebabkan kerusakan pada banyak jenis tanaman. Kerusakan daun sebanyak 5 % dari luasnya dapat terjadi pada paparan (exposure) dengan kadar 4 - 8 ppms selama 1 jam. Kadar NO<sub>2</sub> sebesar 0,22 ppm dengan jangka waktu pemajanan 8 bulan secara terus menerus, dapat menyebabkan rontoknya daun pada berbagai jenis tanaman. (Tugaswati., dkk, 1995).

## 5.4 Dampak Pencemaran Udara Terhadap Lingkungan

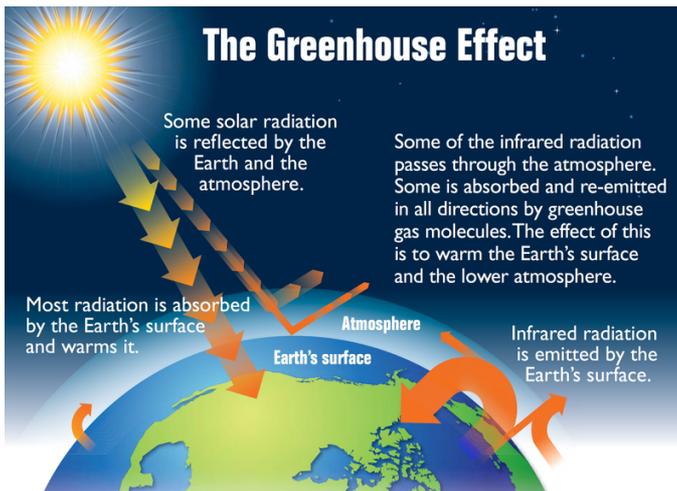
Pada topik ini akan dijelaskan tentang dampak pencemaran udara terhadap lingkungan.

### 1. Pemanasan Global

Aktivitas manusia dan aktivitas alam dapat memengaruhi terjadinya pemanasan global terjadinya pemanasan global. Aktivitas manusia yang diperkirakan berkontribusi pada kenaikan suhu bumi antara lain adalah terjadinya penipisan lapisan ozon dan aktivitas yang meningkatkan konsentrasi gas rumah kaca (GRK). Menurut Bayong Tjasyono (1987) dan Bratasida

(2002) Beberapa aktivitas yang ditengarai menghasilkan GRK ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{CH}_4$ , dan  $\text{N}_2\text{O}$ ) adalah :

- Aktivitas yang menghasilkan gas  $\text{CO}_2$  (karbon dioksida) seperti kegiatan penggunaan bahan bakar kayu (biomass), minyak bumi, gas alam dan batubara oleh industri, kendaraan bermotor, dan rumah tangga serta pembakaran hutan ;
- Kegiatan yang menghasilkan gas  $\text{CH}_4$  (Methane) seperti kegiatan proses produksi dan pengangkutan batubara, minyak bumi, dan gas alam; kegiatan industri yang menghasilkan bahan baku (ekstraktif industri); kegiatan pembakaran biomas yang tidak sempurna; serta kegiatan penguraian oleh bakteri di tempat pembuangan akhir (TPA), ladang padi dan peternakan;
- Kegiatan yang menghasilkan gas  $\text{N}_2\text{O}$  (Nitrous Oksida) hasil dari pemakaian pupuk nitrogen yang berlebihan di dalam usaha penanaman padi, aktivitas industri dengan menggunakan limbah padat sebagai bahan bakar alternatif dan penggunaan bahan bakar minyak bumi.



**Gambar 5.1:** Proses kejadian efek rumah kaca pada skala global (Wikimedia, 2020)

## 2. Kerusakan Ekosistem

### a. Dampak Flora Terhadap Kesehatan

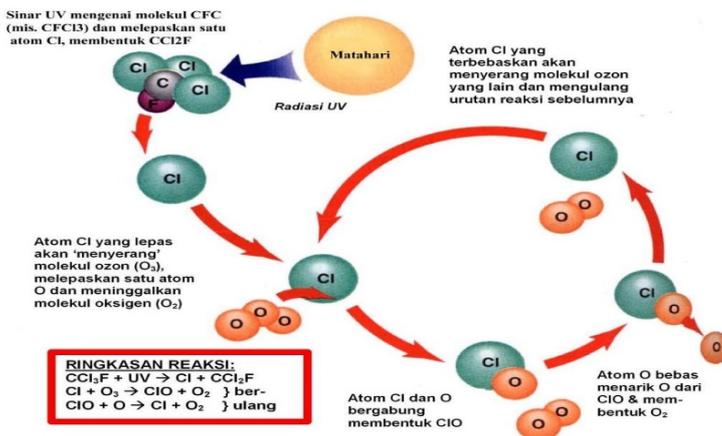
Ekosistem adalah suatu sistem ekologi yang terbentuk akibat hubungan timbal balik yang tidak dapat dipisahkan antara makhluk hidup dengan lingkungannya. Tumbuh-tumbuhan memiliki reaksi yang besar dalam menerima pengaruh perubahan atau gangguan akibat polusi udara dan perubahan lingkungan. Hal ini terjadi karena banyak faktor yang berpengaruh, di antaranya spesies tanaman, umur, keseimbangan nutrisi, kondisi tanaman, temperatur, kelembaban dan penyinaran.

### b. Dampak Fauna Terhadap Kesehatan

Dampak negatif zat-zat pencemar udara terhadap fauna (hewan) tidak berbeda jauh dengan dampak-dampak lain seperti terhadap manusia dan tumbuhan. Dampak terhadap hewan dapat terjadi secara langsung dan tidak langsung, secara langsung terjadi bila ada interaksi melalui sistem pernafasan sebagaimana terjadi pada manusia. dampak tidak langsung terjadi melalui suatu perantara, baik tumbuhan atau perairan yang berfungsi sebagai bahan makanan hewan. Ketika terjadinya emisi zat - zat pencemar ke atmosfer seperti partikulat, NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub>, HF dan lain-lain yang kemudian berinteraksi dengan tanaman dan perairan melalui proses pengendapan atau pun penempelan, akan memengaruhi terhadap vegetasi dan biota perairan sehingga dapat menjalar pada hewan-hewan melalui rantai makanan yang telah terkontaminasi zat pencemar tersebut. Pengaruh Oksida Nitrogen (NO<sub>x</sub>) pada dosis tinggi terhadap hewan berupa terjadinya gejala paralisis sistem syaraf dan konvulsi, dari hasil penelitian ditunjukkan bahwa pemaparan NO dengan dosis 2500 ppm terhadap tikus akan berpengaruh kehilangan kesadaran 6 - 7 menit, bila pemaparan ini terjadi selama 12 menit, maka tikus tersebut akan mati. Begitu pula pengaruh NO<sub>2</sub> terhadap hewan, NO<sub>2</sub> yang bersifat racun, pada konsentrasi lebih dari 100 ppm akan bersifat letal terhadap kebanyakan hewan dan 90 % kematian tersebut disebabkan oleh gejala edema pulmonari. NO<sub>2</sub> pada konsentrasi 800 ppm akan berakibat kematian 100 % Konsentrasi SO<sub>2</sub> 400 - 800 ppm pada Nitrogen dioksida akan berpengaruh langsung dan sangat berbahaya, meskipun hanya terjadi kontak secara singkat (Budiyono, A. 2001).

### 3. Penipisan Lapisan Ozon

United Nations Environment Programme memperkirakan jika lapisan ozon berkurang 10 persen, angka kejadian penyakit kanker kulit di seluruh dunia akan meningkat 26 persen. Untuk di Amerika Serikat saja, diperkirakan selama 50 tahun mendatang ada tambahan korban penyakit kanker kulit sebanyak 200.000 orang, demikian prediksi para ahli epidemiologi pada Environmental Protection Agency (EPA, Biro Perlindungan Lingkungan Hidup) Amerika Serikat. Selain itu juga akan meningkatkan jumlah penderita katarak, menurunkan tingkat kekebalan dan membuka peluang terjadinya perubahan genetik. Selain di bidang kesehatan, paparan radiasi ultraviolet yang berlebihan juga akan memengaruhi bidang pertanian. Walaupun belum diketahui dengan tepat tambahan radiasi ultraviolet yang mencapai permukaan tanah selama fase-fase rawan dari pertumbuhan tanaman (karena hanya sedikit stasiun pemantau yang mengukur radiasi ultraviolet pada permukaan tanah), namun hasil penelitian dari Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization di Australia serta hasil penelitian International Rice Research Institute di Filipina menunjukkan radiasi ultraviolet dapat mengganggu pertumbuhan (Cahyono, W.E., 2005)

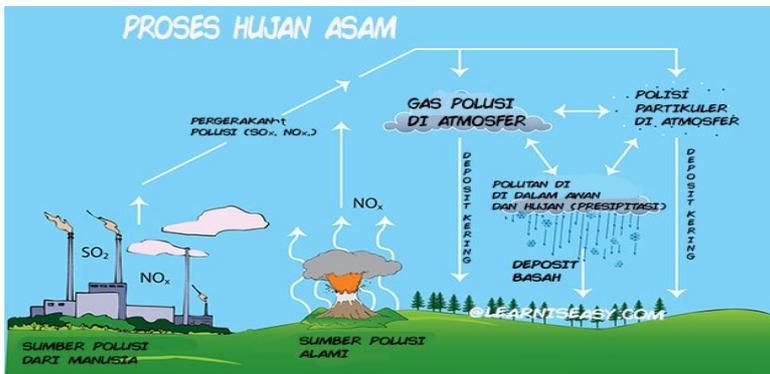


**Gambar 5.2:** Proses Perusakan ozon di lapisan stratosfer (Qurniasih, 2020)

### 4. Hujan Asam

Hujan asam memengaruhi kesehatan melalui tiga cara, yaitu pertama efek jangka pendek karena menghirup udara yang tercemar berat; efek jangka

panjang karena menghirup udara yang tercemar sedang atau ringan; efek tidak langsung karena terexposed pada logam berat seperti alumunium dan logam berat lain yang terbebaskan dari zarah tanah pada pH yang rendah, akumulasi logam berat melalui rantai makanan dan terlarutnya logam berat dari pipa air yang terbuat dari timbal atau tembaga. Dampak terhadap hutan dan pertanian sebagian karena pH tanah turun. Penurunan derajat keasaman tanah dan air danau dipengaruhi kemampuan tanah dan air untuk menetralsisir asam tersebut. Daya netralisasi asam itu ditentukan oleh adanya zat yang dapat menetralsisir asam, misalnya, kalsium karbonat ( $\text{CaCO}_3$ ) dan humus. Jika ada kalsium karbonat ion Hidrogen ( $\text{H}^+$ ) bereaksi dengan zat itu dan diubah menjadi air, karbonat dan  $\text{CO}_2$ . Kerusakan hutan oleh hujan asam gejalanya berbeda dengan gejala kerusakan oleh kekeringan dan serangan hama atau penyakit. Forest Dieback atau Waldsterben adalah Kerusakan dan kematian hutan. Kematian hutan mengakibatkan naiknya risiko terjadinya tanah longsor dan juga kelonggaran salju pada musim dingin, yang sangat berbahaya bagi penduduk dan wisatawan (Yatum, E.M. 2007).



**Gambar 5.3:** Proses terjadinya Hujan Asam Akibat Pencemaran Udara (Nur, 2019)

## **Bab 6**

# **Limbah Padat, Cair Dan Bahan Berbahaya Beracun**

### **6.1 Pendahuluan**

Permasalahan limbah adalah hal yang sangat menjadi perhatian serius dari masyarakat saat ini dan khususnya pemerintah, dalam tiga dekade terakhir ini terutama akibat penggunaan barang-barang dari hasil produksi ataupun dari industri adalah yang selalu dianggap sebagai sumber dari limbah yang ada. Bahkan untuk menghindari dampak dari limbah ini dibuatlah peraturan dari tingkat Undang-undang, Peraturan Pemerintah, bahkan sampai ke tingkat Peraturan Daerah. Sementara itu undang-undang Nomor 32 Tahun 2009 tentang Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup sebagai pengganti Undang-undang Nomor 23 Tahun 1997 tentang Pengelolaan Lingkungan Hidup yang menggantikan Undang-undang Nomor 4 tahun 1982, menempatkan masalah limbah ini sebagai salah satu perhatian utamanya, dampaknya terhadap lingkungan dan juga manusia apabila limbah ini tidak dikelola dengan baik. Penanganan limbah merupakan suatu hal yang wajib dan mutlak untuk terjaganya kesehatan manusia dan terciptanya lingkungan yang sehat. Suatu bahan baik yang secara langsung maupun tidak langsung dapat membahayakan lingkungan, kesehatan, manusia dan makhluk hidup yang lain berasal dari sisa suatu kegiatan dan atau usaha yang mengandung bahan

berbahaya dan beracun yang karena sifatnya, konsentrasi, dan jumlahnya telah berada diatas ambang batas yang seharusnya terdapat di lingkungan baik itu air, tanah dan udara. Bahan yang sering ditemukan dalam limbah antara lain senyawa organik yang dapat terbiodegradasi, senyawa organik yang mudah menguap, senyawa organik yang sulit terurai, logam berat yang bersifat racun, padatan tersuspensi, nutrien, mikrobia pathogen, dan parasit.

## 6.2 Pengertian Dan Contoh Limbah Padat, Cair Dan Bahan Berbahaya Beracun

Limbah adalah bahan buangan tidak terpakai yang berdampak negatif terhadap masyarakat jika tidak dikelola dengan baik. Limbah adalah sisa produksi baik dari alam maupun hasil dari kegiatan manusia. Beberapa pengertian tentang limbah:

1. Berdasarkan keputusan Menperindag RI No. 231/MPP/Kep/7/1997 Pasal I tentang prosedur impor limbah, menyatakan bahwa Limbah adalah bahan/barang sisa atau bekas dari suatu kegiatan atau proses produksi yang fungsinya sudah berubah dari aslinya.
2. Berdasarkan Peraturan Pemerintah No. 18/1999 Jo.PP 85/1999 Limbah didefinisikan sebagai sisa atau buangan dari suatu usaha dan/atau kegiatan manusia.

Limbah padat Limbah padat adalah limbah yang memiliki wujud padat yang bersifat kering dan tidak dapat berpindah kecuali dipindahkan. Limbah padat ini biasanya berasal dari sisa makanan, sayuran, potongan kayu, ampas hasil industri, dan lain-lain. Limbah cair merupakan gabungan atau campuran dari air dan bahan-bahan pencemar yang terbawa oleh air, baik dalam keadaan terlarut maupun tersuspensi yang terbuang dari sumber domestik (perkantoran, perumahan, dan perdagangan), sumber industri, dan pada saat tertentu tercampur dengan air tanah, air permukaan, ataupun air hujan (Soeparman dan Suparmin, 2002) (NIngrum, 2013).

Limbah cair Limbah cair adalah limbah yang memiliki wujud cair. Limbah cair ini selalu larut dalam air dan selalu berpindah (kecuali ditempatkan pada wadah/bak). Contoh dari limbah cair ini adalah air bekas cuci pakaian dan piring, limbah cair dari industri, dan lain-lain. Menurut Peraturan Pemerintah No. 82 tahun 2001 menyebutkan limbah cair adalah dari suatu hasil usaha atau kegiatan yang berwujud cair. Segala jenis limbah yang terwujud cairan, berupa air beserta buangan yang tercampur (tersuspensi) maupun terlarut dalam air. Sedangkan limbah gas merupakan pencemaran udara yang masuk atau dimasukkannya makhluk hidup, zat, energi dan atau komponen lain ke dalam udara dan atau berubahnya tatanan (komposisi) udara oleh kegiatan manusia atau proses alam, sehingga kualitas udara menjadi kurang atau tidak dapat berfungsi lagi sesuai dengan peruntukannya (Ichtiakhiri and Sudarmaji, 2015).

Limbah bahan berbahaya dan beracun, disingkat limbah B3, adalah sisa suatu usaha dan/atau kegiatan yang mengandung bahan berbahaya dan/atau beracun yang karena sifat dan/atau konsentrasinya dan/atau jumlahnya, baik secara langsung maupun tidak langsung, dapat mencemarkan dan/atau merusakkan lingkungan hidup, dan/atau dapat membahayakan lingkungan hidup, kesehatan, kelangsungan hidup manusia serta makhluk hidup lain. Untuk menghilangkan atau mengurangi risiko yang dapat ditimbulkan dari limbah B3 yang dihasilkan maka limbah B3 yang telah dihasilkan perlu dikelola secara khusus. Pengelolaan limbah B3 merupakan suatu rangkaian kegiatan yang mencakup penyimpanan, pengumpulan, pemanfaatan, pengangkutan, dan pengolahan limbah B3 termasuk penimbunan hasil pengolahan tersebut. Dalam rangkaian kegiatan tersebut terkait beberapa pihak yang masing-masing merupakan mata rantai dalam pengelolaan limbah B3, yaitu: penghasil Limbah B3, pengumpul Limbah B3, pengangkut Limbah B3, pemanfaatan Limbah B3; pengolah Limbah B3, penimbun Limbah B3 (3) (Sidik and Damanhuri, 2016).

## 6.3 Sumber Limbah Padat, Cair Dan Bahan Berbahaya Beracun

Menurut Chandra (2005), air limbah yang tidak menjalani pengolahan yang benar tentunya dapat menimbulkan dampak yang tidak diinginkan. Dampak tersebut antara lain : 1. Kontaminasi dan pencemaran pada air permukaan dan

badan-badan air yang digunakan oleh manusia. 2. Mengganggu kehidupan dalam air, mematikan hewan dan tumbuhan air. 3. Menimbulkan bau (sebagai hasil dekomposisi zat anaerobik dan zat anorganik). 4. Menghasilkan lumpur yang dapat mengakibatkan pendangkalan air sehingga terjadi penyumbatan yang dapat menyebabkan banjir.

Menurut Suharto (2011), pengelompokan limbah berdasarkan bentuk atau wujudnya dapat dibagi menjadi empat di antaranya yaitu: limbah cair, limbah padat, limbah gas dan limbah suara. Limbah cair diklasifikasikan dalam empat kelompok di antaranya yaitu: 1. Limbah cair domestik (*domestic wastewater*), yaitu limbah cair hasil buangan dari perumahan (rumah tangga), bangunan, perdagangan dan perkantoran. Contohnya yaitu: air sabun, air detergen sisa cucian, dan air tinja. 2. Limbah cair industri (*industrial wastewater*), yaitu limbah cair hasil buangan industri. Contohnya yaitu: sisa pewarnaan kain/bahan dari industri tekstil, air dari industri pengolahan makanan, sisa cucian daging, buah, atau sayur. Rembesan dan luapan (*infiltration and inflow*), yaitu limbah cair yang berasal dari berbagai sumber yang memasuki saluran pembuangan limbah cair melalui rembesan ke dalam tanah atau melalui luapan dari permukaan. Air limbah dapat merembes ke dalam saluran pembuangan melalui pipa yang pecah, rusak, atau bocor sedangkan luapan dapat melalui bagian saluran yang membuka atau yang terhubung ke permukaan. Contohnya yaitu: air buangan dari talang atap, pendingin ruangan (AC), bangunan perdagangan dan industri, serta pertanian atau perkebunan. 4. Air hujan (*storm water*), yaitu limbah cair yang berasal dari aliran air hujan di atas permukaan tanah. Aliran air hujan di permukaan tanah dapat melewati dan membawa partikel-partikel buangan padat atau cair sehingga dapat disebut limbah cair.

## 6.4 Aspek Pengelolaan Limbah Padat, Cair Dan Bahan Berbahaya Beracun

Limbah yang ada di masyarakat saat ini banyak yang mengandung bahan kimia baik bentuk senyawa organik ataupun berbentuk senyawa anorganik hal ini tentu akan memberikan berdampak negatif pada aktivitas dan kesehatan manusia. Bahaya ini juga dapat meningkatkan risiko terhadap timbulnya beberapa penyakit akibat limbah seperti keracunan. Untuk itu, perlu proses

pengolahan limbah atau hasil pembuangan dari setiap aktivitas kehidupan manusia sehari-hari agar meminimalisir kemungkinan timbulnya gangguan kesehatan akibat limbah yang ada.

Beberapa hal yang wajib diperhatikan dalam mengatasi pengelolaan limbah, di antaranya volume limbah, kandungan bahan pencemar, dan frekuensi pembuangan limbah. Berangkat dari hal-hal tersebut, maka pengelolaan limbah dibagi menjadi dua jenis, yaitu pengelolaan menurut tingkatan perlakuan dan pengelolaan menurut karakteristik limbah.

Berikut ini beberapa aspek dari pengelolaan limbah :

#### 1. Aspek Pengelolaan Limbah Padat

##### a. Penimbunan Terbuka

Terdapat dua cara penimbunan sampah yang umum dikenal, yaitu metode penimbunan terbuka (open dumping) dan metode sanitary landfill. Pada metode penimbunan terbuka. Di lahan penimbunan terbuka, berbagai hama dan kuman penyebab penyakit dapat berkembang biak. Gas metan yang dihasilkan oleh pembusukan sampah organik dapat menyebar ke udara sekitar dan menimbulkan bau busuk serta mudah terbakar. Cairan yang tercampur dengan sampah dapat merembes ke tanah dan mencemari tanah serta air.

##### b. Sanitary Landfill

Pada metode sanitary landfill, sampah ditimbun dalam lubang yang dialasi lapisan lempung dan lembaran plastik untuk mencegah perembesan limbah ke tanah. Pada landfill yang lebih modern lagi, biasanya dibuat sistem lapisan ganda (plastik – lempung – plastik – lempung) dan pipa-pipa saluran untuk mengumpulkan cairan serta gas metan yang terbentuk dari proses pembusukan sampah. Gas tersebut kemudian dapat digunakan untuk menghasilkan listrik.

##### c. Insinerasi

Insinerasi adalah pembakaran sampah/limbah padat menggunakan suatu alat yang disebut insinerator. Kelebihan dari proses insinerasi adalah volume sampah berkurang sangat banyak (bisa mencapai 90 %). Selain itu, proses insinerasi menghasilkan panas yang dapat dimanfaatkan untuk menghasilkan listrik atau untuk pemanas ruangan.

#### d. Pembuatan kompos padat dan cair

Metode ini adalah dengan mengolah sampah organik seperti sayuran, daun-daun kering, kotoran hewan melalui proses penguraian oleh mikroorganisme tertentu. Pembuatan kompos adalah salah satu cara terbaik dalam penanganan sampah organik. Berdasarkan bentuknya kompos ada yang berbentuk padat dan cair. Pembuatannya dapat dilakukan dengan menggunakan kultur mikroorganisme, yakni menggunakan kompos yang sudah jadi dan bisa didapatkan di pasaran seperti EMA efektif microorganism 4.EMA merupakan kultur campuran mikroorganisme yang dapat meningkatkan degradasi limbah atau sampah organik.

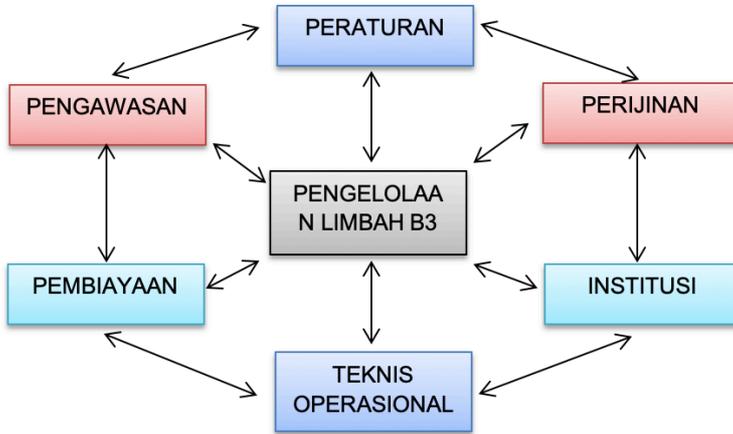
#### e. Daur Ulang

Daur ulang adalah proses untuk menjadikan suatu bahan bekas menjadi bahan baru dengan tujuan mencegah adanya sampah yang sebenarnya dapat menjadi sesuatu yang berguna, mengurangi penggunaan bahan baku yang baru, mengurangi penggunaan energi, mengurangi polusi, kerusakan lahan, dan emisi gas rumah kaca jika dibandingkan dengan proses pembuatan barang baru. Daur ulang adalah salah satu strategi pengelolaan sampah padat yang terdiri atas kegiatan pemilahan, pengumpulan, pemrosesan, pendistribusian dan pembuatan produk / material bekas pakai, dan komponen utama dalam manajemen sampah modern dan bagian ketiga dalam proses hierarki sampah 3R (Reuse, Reduce, and Recycle).

### 2. Aspek Pengelolaan Limbah Cair

Tujuan utama pengolahan air limbah ialah untuk mengurai kandungan bahan pencemar di dalam air terutama senyawa organik, padatan tersuspensi, mikroba patogen, dan senyawa organik yang tidak dapat diuraikan oleh mikroorganisme yang terdapat di alam. Berdasarkan cara pengolahannya maka sistem pengolahan limbah dibagi menjadi pengolahan limbah secara fisika, kimia dan biologi. Dilihat dari bahan baku dan proses produksinya, tentunya limbah cair yang dihasilkan mengandung zat organik tinggi namun beracun, logam berat dan partikel yang tidak mudah mengendap sehingga pengolahan limbah yang cocok adalah secara fisik-kimia. Pada pengolahan limbah secara kimia, prinsipnya berlangsung melalui perubahan sifat bahan-bahan tersebut, yaitu dari tak dapat diendapkan menjadi mudah diendapkan (flokulasi-koagulasi), baik dengan atau tanpa reaksi oksidasi - reduksi, dan juga berlangsung sebagai hasil reaksi oksidasi (Yuliatuti and Cahyono, 2017).

### 3. Aspek Pengelolaan Limbah B3



**Gambar 6.1:** Aspek Pengelolaan Limbah B3

Dari gambar diatas maka dapat dijelaskan sebagai berikut :

- Pengaturan (Legal) : Peraturan yang mengatur tentang prosedur pengelolaan limbah B3 secara benar sehingga tidak menimbulkan perusakan lingkungan hidup yang dapat membahayakan kehidupan manusia dan makhluk lainnya.
- Institusi, Perizinan dan Pengawasan : Pihak-pihak yang terkait dengan proses pengelolaan limbah B3 tersebut (Badan Institusi kontrol, penghasil, pengumpul, pengangkut, pendaur, pengolah, pemusnah, dan pemerintah).
- Teknis Operasional : Cara pengelolaan limbah B3 secara benar dilapangan agar tidak membahayakan bagi lingkungan sekitar. Aspek yang terkait dengan teknik operasional ialah : Identifikasi (Identification) limbah B3; Penyimpanan (Storage) limbah B3; Pengumpulan (Collect) limbah B3; Pengangkutan (Transport) limbah B3; Pengolahan (treatment) limbah B3; Pelabelan limbah B3; Pemusnahan (Dispose) limbah B3
- Pembiayaan : Faktor yang sangat berpengaruh pada proses pengelolaan limbah B3 di Indonesia karena biaya untuk

melaksanakan prosedur pengelolaan secara benar masih cukup mahal sehingga mengakibatkan masih banyak industri yang tidak mampu melaksanakan prosedur tersebut.

Pengolahan Limbah B3 menyebutkan bahwa pengolahan limbah B3 adalah proses untuk mengubah karakteristik dan komposisi limbah B3 untuk menghilangkan dan atau mengurangi sifat bahaya dan/atau sifat racun. Proses perubahan karakteristik dan komposisi limbah B3 dilakukan agar limbah tersebut tidak berbahaya dan beracun (Syarifudin, 2012).

# Bab 7

## Vektor Penyakit

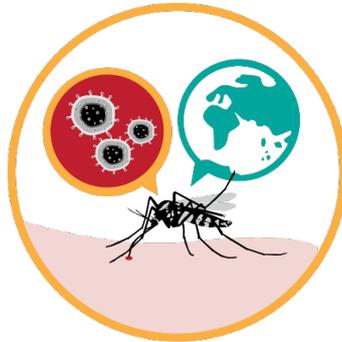
### 7.1 Lingkungan dan Kesehatan Manusia

Perubahan lingkungan global merupakan konsekuensi dari aktivitas manusia dan pertumbuhan populasi. Perubahan tersebut mengubah planet kita yang berdampak bagi kesehatan manusia. Perubahan global, termasuk perubahan iklim, polusi laut, lapisan ozon penipisan, degradasi tanah, dan urbanisasi. Risiko kesehatan dari suatu perubahan iklim akan menjadi semakin mendesak karena perubahan iklim memengaruhi kuantitas dan kualitas makanan dan air, meningkatkan pencemaran udara, mengubah distribusi vektor atau patogen dan dinamika penularan penyakit terhadap cuaca ekstrem dan kejadian iklim. Sistem kesehatan sangat dibutuhkan ditingkatkan untuk secara efektif mengatasi dampak yang ditimbulkan. Bab ini memberikan gambaran tentang kesehatan konsekuensi perubahan iklim, dan membahas bagaimana risiko kesehatan dapat diminimalkan dan dihindari melalui mitigasi dan jalur adaptasi.

Lingkungan juga dapat berpengaruh negatif terhadap kesehatan manusia. Hal tersebut disebabkan oleh perubahan lingkungan yang menimbulkan elemen merugikan seperti mikroba patogen, hewan dan tanaman beracun, vektor penyakit dan reservoir penyebab dan penyebar penyakit. Salah satu dampak elemen tersebut adalah penularan penyakit. Penularan penyakit terjadi ketika ada pembawa yang menyebabkan penyakit dapat berpindah. Pembawa

tersebut adalah vektor. Perubahan dan kerusakan lingkungan menyebabkan vektor semakin berkembang dan bertambah kuat. Oleh karena itu, vektor penyakit perlu diketahui dan dipelajari agar kita dapat melakukan pencegahan dan pengendalian.

Kondisi iklim sekarang dan masa depan, serta aspek meteorologi, lingkungan dan demografi merupakan faktor risiko untuk distribusi vektor penyakit. Kemudian mengidentifikasi faktor-faktor yang berpotensi memengaruhi masuknya (kembali) atau penyebaran vektor. Fokus pada faktor lingkungan dan iklim, termasuk pengaruh iklim perubahan. Fokus pada penyakit yang ditularkan oleh nyamuk meningkat dalam beberapa tahun terakhir. Variabel iklim dan lingkungan merupakan faktor kunci penyebaran nyamuk dan untuk menunjukkan risiko munculnya dan/atau penyebaran penyakit yang ditimbulkan. Kejadian penyakit merupakan hasil interaksi antara: manusia, lingkungan, penyebab penyakit (host, environment, dan agent).



**Gambar 7.1:** Nyamuk pembawa penyakit di seluruh dunia (Punyod, 2020b)

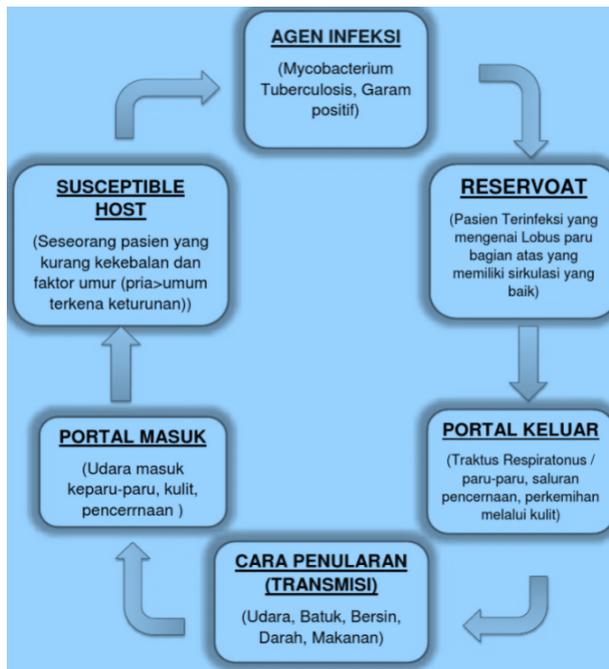
Nyamuk mengambil dan membawa virus dari manusia yang telah terinfeksi virus. Melalui gigitannya, nyamuk menyebarkan virus kembali kepada manusia yang belum terinfeksi. Penyebaran virus oleh nyamuk mudah sekali terjadi di negara beriklim tropis, seperti Indonesia, terutama saat memasuki musim hujan. Hal ini karena curah hujan yang tinggi membuat kondisi lingkungan sangat mendukung bagi nyamuk untuk berkembang biak.

Sampah yang tidak dikelola dengan baik akan menjadi tempat perindukan vektor penyakit dan binatang pengganggu, seperti nyamuk, lalat, kecoak atau lipas, dan tikus. Pemecahan masalah penyakit yang ditularkan oleh vektor dimulai dari melakukan survei vektor sampai mengidentifikasi penyakit apa

saja yang ditularkan (Boccolini et al., 2012; Semenza dan Suk, 2018; Tong dan Ebi, 2019; Gopal et al., 2020).

## 7.2 Rantai Penularan Penyakit

Mata rantai penularan penyakit terdiri atas faktor: Penyebab penyakit (agent), Reservoir dan sumber infeksi (source of infection), Pintu keluar (place of exit), Cara penularan (mode of transmission) baik melalui vektor maupun udara, Pintu masuk (port of entry), dan Kerentanan/ketahanan (susceptibility).



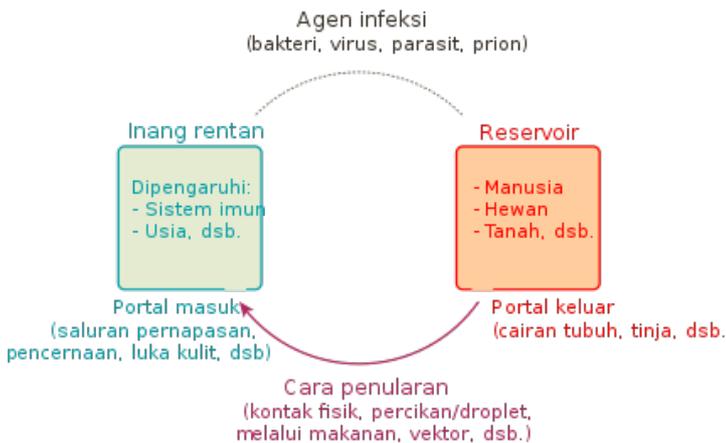
**Gambar 7.2:** Rantai penularan penyakit (Amanah, 2020)

Vektor merupakan organisme hidup dari salah satu mata rantai dari rantai penularan penyakit. Vektor memindahkan infectious agents baik secara mekanis maupun secara biologis kepada pejamu (host) atau manusia. Secara umum, vektor mempunyai peranan sebagai pengganggu dan penular penyakit. Vektor terbagi menjadi 2 phylum, yaitu Phylum Arthropoda dan Phylum

Chordata. Penularan penyakit pada manusia melalui vektor penyakit berupa serangga dikenal sebagai arthropod-borne diseases atau sering juga disebut sebagai vector-borne diseases. Penyakit tersebut bersifat endemis maupun epidemi. Kemudian reservoir merupakan hewan, tumbuhan, tanah, zat organik (seperti tinja dan makanan) yang menjadi tempat tumbuh dan berkembang biaknya agen untuk arthropoda disease reservoir hidup bersama dengan patogen. Contohnya binatang pengerat dan kuda merupakan reservoir virus ensefalitis.

**Tabel 7.1:** Faktor epidemiologi penularan suatu penyakit

Faktor	Keterangan
Cuaca	Iklm dan musim merupakan faktor utama yang memengaruhi terjadinya penyakit infeksi. Iklm dan variasi musim dapat memengaruhi kehidupan agens penyakit, reservoir dan vektor.
Vektor	Vektor penting dalam penularan penyakit parasit dan virus yang spesifik.
Reservoir	Penyimpanan patogen sementara dan tidak terkena penyakit.
Geografis	Insidensi penyakit yg ditularkan arthropoda berhubungan langsung dengan geografis tempat reservoir dan vektor berada. Bertahannya agens penyakit bergantung pada iklim dan fauna lokal.
Perilaku manusia	Interaksi antar manusia, kebiasaan manusia untuk membuang sampah sembarangan, kebersihan individu dan lingkungan dapat menjadi penyebab penularan penyakit bawaan arthropoda.



**Gambar 7.3:** Agen infeksi dan penularan (Gaudillière dan Löwy, 2015)

Vektor juga disebut agen perantara penularan penyakit. Vektor tidak menyebabkan penyakit tetapi menyebarkan patogen yang dibawa atau pathogen yang berada di dalam tubuhnya. Berbagai jenis nyamuk, sebagai contoh, berperan sebagai vektor penyakit malaria yang mematikan. Pada terapi gen, virus juga dapat dianggap sebagai vektor jika telah direkayasa ulang dan digunakan untuk mengirimkan suatu gen ke sel targetnya. Istilah "Vektor" dalam hal ini berfungsi sebagai kendaraan untuk menyampaikan materi genetik seperti DNA ke suatu sel.

Vektor merupakan binatang pembawa patogen berupa bakteri, riketsia, virus, protozoa, dan cacing. Vektor dapat berupa vektor mekanis dan biologis, dan juga berupa vektor primer dan sekunder. Vektor mekanis yaitu hewan yang menularkan penyakit tanpa agen tersebut mengalami perubahan, vektor mekanis ini sangat penting bagi penyebaran penyakit karena dalam tubuh vektor mekanis biasanya parasit telah mencapai stadium infeksi. Daya tahan tubuh parasit di dalam tubuh vektor mekanis terbatas, maka dari itu vektor mekanis berfungsi sebagai pemindah. Sedangkan vektor biologis, parasit mengalami tumbuh dan berkembang dalam tubuh vektor, contohnya seperti nyamuk *Aedes aegypti* yang bertindak sebagai vektor demam berdarah. Vektor biologis juga mempunyai peran sebagai tuan rumah, dalam penyebaran parasit oleh vektor biologis, arthropoda sebagai inang sangat diperlukan dalam siklus hidup parasit. Vektor primer merupakan penyebab utama terjadinya penularan penyakit, baik pada orang maupun hewan yang secara klinis telah terbukti sakit, sedangkan vektor sekunder adalah vektor yang dianggap tidak penting sebagai penyebaran penularan penyakit, dalam keadaan wabah, karena situasinya menyebabkan lebih dekatnya hubungan vektor sekunder dengan inang, maka vektor sekunder dianggap sebagai vektor penting (Boccolini et al., 2012; Semenza dan Suk, 2018; Tong dan Ebi, 2019; Gopal et al., 2020).

## 7.3 Penyakit akibat Vektor Penyakit

Setiap tahun, tingkat penular penyakit oleh nyamuk masih banyak menyebarkan virus dan parasit. Nyamuk banyak sekali menimbulkan masalah kesehatan global. Nyamuk menempati urutan pertama sebagai hewan yang paling banyak menyebabkan kematian di dunia. Meskipun nyamuk berukuran kecil, namun melalui gigitan dapat menyebabkan beragam penyakit dan masalah kesehatan bisa menyerang. Nyamuk yang sering menggigit manusia

adalah nyamuk betina karena untuk mendapatkan protein dan zat besi yang terkandung di dalam darah untuk memproduksi telurnya. Sedangkan nyamuk jantan hanya makan sari tumbuhan saja. Siklus hidup nyamuk juga lebih pendek.

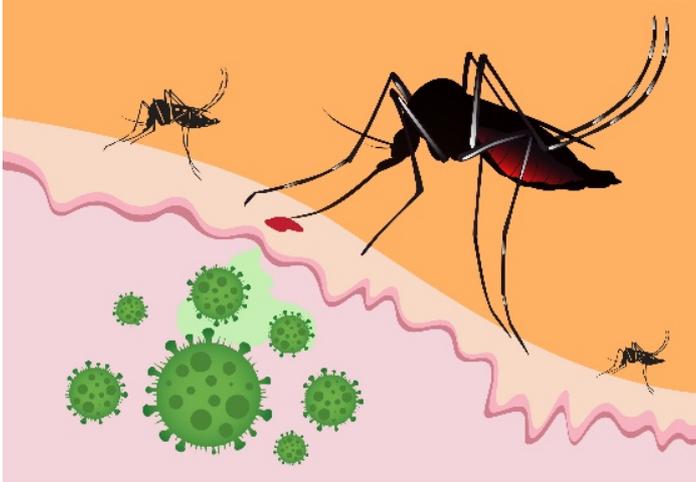


**Gambar 7.4:** Vektor penyakit (Punyod, 2020a)

Hewan lain yang mungkin saja berkeliaran di rumah dan bisa menyebabkan sederet penyakit adalah lalat, tikus, dan kecoa. Di Indonesia, setidaknya ada tiga jenis tikus yang biasanya berkeliaran di sekitar rumah, yaitu: tikus got (*Rattus norvegicus*), tikus rumah atau tikus atap (*Rattus rattus*), dan mencit rumah (*Mus musculus*). Sementara kecoa tidak menggigit tetapi keberadaannya menyebabkan penyakit (Caminade et al., 2012; Tong dan Ebi, 2019).

### 7.3.1 Nyamuk Anopheles

Malaria adalah sebagai penyakit berbahaya yang disebabkan oleh parasit dari nyamuk *Anopheles* sp. yang terinfeksi parasit *Plasmodium*. Infeksi gigitan nyamuk ini kemudian menyebabkan tubuh terus menggigil dan muncul demam yang umumnya berlangsung selama 2-3 hari. Jika berkembang parah tanpa diobati, malaria dapat menyebabkan koma (Harijanto, 2000; Boccolini et al., 2012).



**Gambar 7.5:** Nyamuk menularkan virus dengan cara menggigit (Alberm, 2020)

### 7.3.2 Nyamuk Aedes

Demam berdarah dengue (DBD) disebabkan oleh virus Dengue yang masuk ke tubuh melalui gigitan nyamuk *Aedes* sp. yaitu *Aedes aegypti* atau *Aedes albopictus*. Ciri-ciri nyamuk *Aedes* sp. pembawa virus Dengue dapat dibedakan dari bentuk dan corak warnanya. Nyamuk *Aedes* sp. betina yang menyebarkan virus tersebut, sedangkan nyamuk jantan tidak.

Chikungunya merupakan penyakit yang ditularkan lewat gigitan nyamuk *Aedes* sp. yaitu *Aedes aegypti* atau *Aedes albopictus*. Gejala chikungunya mirip dengan gejala DBD, mulai dari demam, menggigil, sakit kepala, dan bintik kemerahan yang menyebar di kulit. Perbedaan Chikungunya dengan DBD yaitu ada rasa nyeri di persendian tubuh. Orang yang sakit chikungunya lebih rentan mengalami nyeri sendi di bagian lutut dan siku. Chikungunya ditandai dengan serangan demam dan nyeri sendi secara mendadak. Virus chikungunya dapat menyerang siapa saja. Namun, risiko terserang penyakit ini lebih tinggi pada bayi yang baru lahir, lansia 65 tahun ke atas, dan individu dengan kondisi medis lain. Kondisi medis lain yaitu: hipertensi, diabetes, dan penyakit jantung.

Penyakit Yellow fever atau biasa dikenal sebagai demam kuning. Penyakit ini biasanya dibawa dan ditularkan oleh nyamuk *Aedes* sp. atau *Haemagogus* sp..

Gejala umum orang yang terkena demam kuning yaitu demam, sakit kepala, dan nyeri otot. Setelah digigit nyamuk, beberapa waktu akan terjadi perubahan warna kulit menjadi warna kuning dan beberapa organ tubuh gagal berfungsi. Penyakit ini bisa dicegah dengan cara vaksin di rumah sakit ataupun di lembaga kesehatan pemerintah.

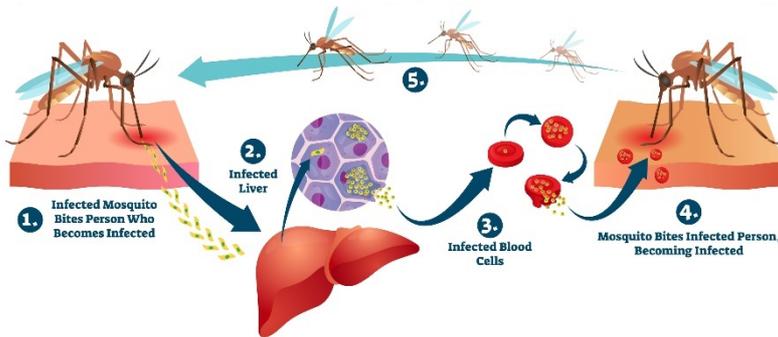
Penyakit Zika (Zika disease) atau demam Zika (Zika fever) disebabkan oleh virus zika yang dibawa oleh nyamuk *Aedes aegypti*. Virus ini pertama kali ditemukan di Nigeria pada 1953. Hanya 1 dari 5 orang yang terinfeksi Zika menunjukkan gejala demam, kulit berbintik merah, sakit kepala, nyeri sendi, nyeri otot, sakit kepala, kelemahan, dan peradangan konjungtiva. Pada beberapa kasus zika dilaporkan terjadi gangguan saraf dan komplikasi autoimun. Beberapa laporan kasus menyatakan virus zika bisa ditularkan dari ibu ke janin dalam kandungan, atau lewat hubungan seksual. Zika dapat menyebabkan cacat lahir pada janin, seperti mikrosepalus (kepala bayi lebih kecil daripada ukuran tubuh akibat kelainan saraf) (Gandahusada et al., 1998; Soegijanto, 2003; Caminade et al., 2012; Kraemer et al., 2015; Ebi dan Nealon, 2016; Jia et al., 2016).

### 7.3.3 Nyamuk *Culex*

Penyakit radang otak atau Japanese encephalitis disebabkan oleh virus golongan flavivirus yang dibawa oleh nyamuk *Culex*, terutama *Culex tritaeniorhynchus*. Kejadian penyakit Japanese encephalitis pada manusia biasanya meningkat pada musim penghujan. Pada umumnya, penderita Japanese encephalitis hanya menunjukkan gejala yang ringan atau bahkan tidak bergejala sama sekali. Gejala dapat muncul 5 hingga 15 hari setelah gigitan nyamuk *Culex* yang terinfeksi virus tersebut. Gejala awal yang muncul dapat berupa demam, menggigil, sakit kepala, lemah, mual, dan muntah. Infeksi Japanese encephalitis pada anak, umumnya menyebabkan kejang. Jika tidak cepat-cepat ditangani, infeksi gigitan nyamuk ini dapat menyebabkan kematian.

Penyakit kaki gajah atau filariasis adalah penyakit yang disebabkan oleh tiga spesies cacing filaria seperti *Wuchereria bancrofti*, *Brugia malayi*, dan *Brugia timori*. *Wuchereria bancrofti* merupakan parasit yang paling sering menyerang manusia. Kira-kira 9 dari 10 pengidap kaki gajah disebabkan oleh parasit ini. Parasit filaria tersebut dapat masuk ke tubuh manusia melalui gigitan semua jenis nyamuk seperti *Culex*, *Anopheles*, *Mansonia*, dan *Aedes* yang sudah terinfeksi. Parasit tersebut akan tumbuh dewasa dan berbentuk cacing. Cacing

ini bisa bertahan hidup selama 6–8 tahun, dan terus berkembang biak dalam jaringan limfa manusia. Oleh karena itu, penyakit kaki gajah bisa berlangsung dalam waktu yang lama, bahkan hingga bertahun-tahun. Jika tidak segera diobati, infeksi gigitan nyamuk ini dapat menyebabkan demam, pembengkakan kelenjar getah bening, hingga tungkai kaki, lengan, buah dada, dan buah zakar yang ikut membengkak dan terlihat agak kemerahan serta terasa panas (Entomology, 2007; Brugueras et al., 2020).



**Gambar 7.6:** Transfer penyakit melalui gigitan nyamuk (Mine, 2020)

### 7.3.4 Kecoa

Penyebaran penyakit akibat kecoa ini bisa terjadi karena tidak sengaja maupun disengaja. Pertama, kecoa membawa banyak mikroba di dalam tubuh mereka dan di bagian usus serta saluran pencernaannya. Selanjutnya, kecoa mengeluarkan kotoran yang membawa mikroba tersebut. Beberapa jenis mikroba pada kecoa mungkin tidak berbahaya, tetapi ada pula yang bersifat patogen. Kecoa dikatakan membawa *Salmonella* dan virus polio.

Kecoa sering muncul di area dapur dan kamar mandi karena mereka membutuhkan air dan makanan. Kecoa bisa membuang feses dan mikroba untuk selanjutnya pergi ke dapur dan menginjak makanan atau peralatan makan. Saat kecoa terkena sesuatu seperti MRSA atau bakteri yang rentan terhadap berbagai obat, ini bisa menjadi masalah besar. Jika ditransmisikan ke makanan dan makanan tersebut dimakan oleh manusia, dampak yang ditimbulkan bisa sangat berbahaya. Kecoa juga menghasilkan banyak allergen yang berdampak negatif pada manusia. Kondisi ini bisa membahayakan karena apabila seseorang pernah terpapar allergen ini sebelumnya, paparan berikutnya bisa memicu terjadinya asma. Bahkan, dampaknya bisa parah dan

mengakibatkan syok anafilaksis (Semenza dan Suk, 2018; Tong dan Ebi, 2019).

### 7.3.5 Lalat

Lalat merupakan vektor dari penyakit tipus dan demam paratipus, disentri, kolera, gastro-enteritis, amoebiasis, penyakit lumpuh, conjunctivitis. Lalat pasir merupakan vektor penyakit leishmaniasis, demam papataci dan bartonellosis, *Leishmania donovani*. Lalat hitam merupakan vektor penyakit *Onchocerciasis*. Lalat rumah (*Musca domestica*, domestic fly) vektor penyakit perut dan diare. Lalat Tse-tse vektor penyakit sleeping sickness (tidur abadi). Lalat kuda (*Tomoxys calcitrans*) vektor penyakit antraks (Tong dan Ebi, 2019).

### 7.3.6 Tikus

Kerugian kesehatan karena tikus merupakan host untuk beberapa agent penyakit menular (Rodent borne diseases) antara lain: Pes yang juga biasa disebut dengan plague atau sampar merupakan infeksi yang disebabkan oleh bakteri *Yersinia pestis*. Bakteri ini bisa disebarkan melalui perantara kutu dan menumpang hidup sebagai parasit di hewan sekitar kita, salah satunya tikus. Penyakit ini bisa terjadi dalam 3 bentuk yaitu: pes yang menyerang kulit dan kelenjar getah bening (bubonic plague), pes pada paru-paru (pneumonic plague), dan pes yang menyerang darah (septicemic plague). Penyakit yang disebabkan oleh bakteri *Yersinia pestis* juga disebut dengan Black Death. di Indonesia, pada tahun 2007 penyakit ini pernah menjadi Kejadian Luar Biasa (KLB). Pada saat itu, terdapat 82 kasus dengan tingkat kematian sekitar 80% akibat penyakit yang ditularkan dari tikus ini. Untungnya, kasus pes kini telah menurun hingga 5.000 orang per tahun di seluruh dunia berkat antibiotik modern dan penanganan yang dini. Bakteri penyebab pes memang terdapat pada hewan, tetapi penyakit plague ini bisa menular ke manusia. Caranya penularannya melalui gigitan kutu tikus atau kontak langsung dengan jaringan atau cairan tubuh hewan yang terinfeksi penyakit tersebut. Selain tikus, hewan lain seperti kucing, kelinci, domba, marmut, dan rusa juga bisa berperan sebagai perantara. Namun, perantara wabah yang paling sering adalah kutu pada tikus. Bakteri tersebut tumbuh dan berkembang di kerongkongan kutu. Bakteri akan keluar dari kerongkongan kutu dan masuk ke kulit, ketika kutu tersebut menggigit hewan atau manusia dan menghisap darah dari tubuh inang. Pada tahap berikutnya, penyakit yang ditularkan dari tikus ini akan menyerang

kelenjar getah bening, hingga menyebabkan peradangan. Dari sini, penyakit plague bisa menyebar ke berbagai organ tubuh lain.

Hemorrhagic fever with renal syndrome (HFRS) merupakan kondisi demam yang muncul bersamaan perdarahan (hemoragik) dan diiringi dengan sindrom ginjal (HFRS). Seseorang yang mengidap kondisi ini akan mengalami gejala, seperti demam, menggigil, nyeri kepala, nyeri perut, nyeri punggung, mual, hingga penglihatan kabur.

Penyakit Leptospirosis disebabkan oleh bakteri *Leptospira interrogans* yang disebarkan melalui urine atau darah tikus yang terinfeksi. Bakteri ini bisa berpindah ke manusia ketika seseorang terpapar air atau tanah yang telah terkontaminasi urine hewan pembawa bakteri *Leptospira*. Penyakit infeksi bakteri ini banyak terjadi di daerah yang terkena banjir. Leptospirosis juga rentan menyerang orang-orang yang biasa kontak dengan hewan tersebut. Leptospirosis banyak ditemui di area tropis dan subtropis, di mana udaranya panas dan lembap yang membuat bakteri ini dapat bertahan hidup lebih lama.

Penyakit tularemia sering disebabkan oleh hewan pengerat, seperti kelinci dan tikus. Seseorang yang terjangkit penyakit ini biasanya akan merasakan gejalanya dalam waktu 3 hingga 5 hari setelah terpapar bakteri dari tikus, namun ada juga yang bisa memakan waktu lebih lama. Efek yang bisa terjadi antara lain adalah borok pada kulit, demam, batuk, menggigil, kelelahan, sakit kepala, diare, muntah, atau sakit tenggorokan.

Penyakit lainnya yang disebabkan tikus adalah murine typhus. Gangguan ini dapat ditularkan ke manusia melalui kutu yang terdapat pada badan tikus. Tikus yang terinfeksi penyakit ini umumnya berada di lingkungan tropis yang lembap. Seseorang yang hidup di rumah yang banyak tikus dapat meningkatkan risiko terhadap gangguan ini. *Rat-bite fever* (RBF) merupakan salah satu penyakit yang juga disebabkan tikus. Penyakit yang disebabkan oleh bakteri *Streptobacillus moniliformis* ini dapat terjadi ketika digigit atau dicakar oleh tikus. Selain itu, juga dapat melalui makanan atau air yang terkontaminasi.

Penyakit eosinofilik meningitis disebabkan oleh tikus. Gangguan ini menyebabkan infeksi pada otak yang terjadi karena peningkatan jumlah infeksi cacing yang menembus ke dalam tubuh. Organisme yang paling sering menyebabkan penyakit ini adalah cacing paru-paru tikus yang disebut dengan *Angiostrongylus cantonensis* (Lee, 1982; Little, 2011; Schneider et al., 2013).

## 7.4 Pencegahan dan Pengendalian Vektor Penyakit

Pencegahan vektor dapat dilakukan dengan menghindari vektor penyakit. Kemudian pengendalian vektor dapat dilakukan dengan mengurangi dan menurunkan populasi kesatu tingkat populasi yang tidak membahayakan kesehatan manusia. Pengendalian tidak dapat dilakukan dengan pembasmian sampai tuntas.

**Tabel 7.2:** Pencegahan vektor penyakit (DepKesRI, 2007; Scholte et al., 2010)

Pencegahan gigitan nyamuk	Uraian kegiatan
Pemberantasan Sarang Nyamuk (PSN)	<p>3M: Menutup rapat tempat penyimpanan air, Menguras tempat penampungan air, dan Mengubur barang bekas yang bisa menampung air.</p> <p>Hindari dan jauhkan segala bentuk genangan berair yang bisa menjadi sarang nyamuk untuk berkembang biak.</p> <p>Tindakan Plus (tambahan): Menaburkan bubuk abate pada tempat penampungan air, Memasang kawat anti-nyamuk di ventilasi rumah, Menggunakan kelambu saat tidur, Menanam tumbuhan pengusir nyamuk, dan Menghentikan kebiasaan menggantung pakaian.</p>
Jaga kebersihan	<p>Bersihkan tumpukan sampah yang berbau dan jaga lingkungan bersih.</p> <p>Buang benda bekas yang memungkinkan air tergenang, seperti pot bunga, ember, atau ban yang sudah tidak terpakai.</p>
Pengetahuan wilayah persebaran nyamuk (endemik)	<p>Saat berada atau akan berkunjung ke wilayah endemik, gunakan lotion pengusir nyamuk setiap saat. Menggunakan krim anti nyamuk yang mengandung bahan aktif DEET sebanyak 10–30% dan pakaian panjang serta kaus kaki.</p> <p>Konsultasi kesehatan lebih dahulu dengan dokter kurang lebih 4-6 minggu sebelum mengunjungi wilayah endemik.</p> <p>Ketahui di mana fasilitas kesehatan yang tersedia.</p>
Penggunaan pendingin ruangan (kipas atau AC)	Nyamuk akan sulit terbang ketika ada angin yang berhembus

<i>Fogging</i> di lingkungan rumah oleh Dinas Kesehatan setempat
<b>Pencegahan dari kecoa</b>
Mengusir kecoa dengan semprotan juga bisa berdampak pada kondisi kesehatan. Solusi terbaik untuk mengusir kecoa adalah menggunakan umpan insektisida. Oleskan umpan dan letakkan pada area berpotensi kecoa bersembunyi.
<b>Pencegahan dari tikus</b>
Hindari tikus liar karena paling banyak membawa bakteri leptospira. Bersihkan dan tutup luka dengan penutup tahan air agar tidak terpapar air yang terkontaminasi bakteri. Mandi segera setelah berolahraga di dalam air.
Rutin membersihkan seluruh rumah terutama bagian dapur. Bersihkan tempat cuci piring. Tutup rapat lemari makanan dan tempat sampah. Tutup lubang-lubang yang dapat dilalui oleh tikus. Rapikan tumpukan buku, majalah, dan koran

### 7.4.1 Pengendalian alami

Pengendalian vektor menyangkut hidup bersih dan kesehatan lingkungan. Kesehatan lingkungan akan mengurangi populasi vektor dan memutus siklus hidup vektor sehingga vektor tersebut tidak dapat berkembang. Setiap jenis vektor mempunyai habitat dan siklus hidup yang berbeda. Faktor ekologi yang bukan buatan manusia. Topografi lautan, danau, gunung, dan sungai. Ketinggian (altitude): iklim (musim, curah hujan, dan angin), musuh alami (predator atau pemangsa), dan penyakit serangga. Semakin tinggi suhu udara, semakin pendek siklus hidup parasit di dalam tubuh nyamuk. Semakin rendah kelembaban udara, semakin pendek umur nyamuk.

### 7.4.2 Pengendalian buatan

Lingkungan (environmental management) dengan modifikasi lingkungan (environmental modification). Prinsip cara ini tidak merusak keseimbangan alam (lingkungan) dan tidak mencemari lingkungan. Cara ini harus dilakukan secara berkelanjutan, yaitu: pengaturan sistem irigasi, penimbunan tempat penampungan air dan sampah, pengaliran air yang tergenang menjadi kering, pengubahan rawa menjadi sawah, dan penanaman padi serentak.

Memanipulasi lingkungan (environmental manipulation), yaitu: pembersihan dan pemeliharaan sarana fisik tempat istirahat serangga, membersihkan ganggang dan lumut yang mengapung dipermukaan air (breeding place *An. sondaicus*), mengatur kadar garam di “lagoon” dengan menekan populasi *An. subpictus* dan *An. sondaicus*, melestarikan tanaman bakau dengan membatasi

perindukan *An. sudaicus*, membuang tumbuhan air yg tumbuh di kolam atau rawa dan menekan populasi *Mansonia* sp. Melancarkan aliran got. Penanaman dan rehabilitasi kawasan hutan mangrove atau bakau di daerah pantai (*An. sudaicus*, *An. subpictus*). Pengeringan berkala tanaman padi di daerah persawahan (*An. aconitus*). Penggelontoran sungai secara berkala (*An. maculatus*)

Pengendalian kimiawi dilakukan menggunakan senyawa atau bahan kimia pembunuh nyamuk (insektisida) maupun jentiknya (larvasida), mengusir atau menghalau nyamuk (repellent). Senyawa kimia nabati yaitu insektisida nabati merupakan pestisida yang bahan aktifnya berasal dari tumbuh-tumbuhan yang bersifat racun bagi organisme pengganggu. Insektisida nabati mengandung kelompok metabolit sekunder yang mengandung berbagai senyawa bioaktif seperti alkaloid, terpenoid dan fenolik. Insektisida nabati hanya menimbulkan sedikit meninggalkan residu pada komponen lingkungan sehingga lebih aman daripada insektisida sintesis atau buatan serta cepat terurai di alam sehingga tidak menimbulkan resistensi pada sasaran. Penggunaan insektisida nabati seperti nikotin yang terkandung dalam bubuk tembakau (*tobacco dust*) telah digunakan sebagai insektisida. Nikotin merupakan racun saraf yang bekerja sebagai antagonis dari reseptor nikotin asetil kolin. Nikotin juga merupakan insektisida non sistemik dan bekerja sebagai racun inhalasi dengan sedikit efek sebagai racun perut dan racun kontak.

Senyawa kimia non nabati berupa derivat-derivat minyak bumi seperti minyak tanah dan minyak pelumas yang mempunyai daya insektisida. Penggunaannya dengan cara minyak dituang diatas permukaan air sehingga terjadi suatu lapisan tipis yang dapat menghambat pernapasan larva nyamuk. Debu higroskopis misalnya tanah diatom (*diatomaceous earth*) juga dapat dimanfaatkan sebagai insektisida. Tanah ini diperoleh dari penambangan timbunan fosil yang terdiri atas cangkang sejenis ganggang bersel tunggal (*Bacillariophyceae*). Tanah ini dimanfaatkan sebagai insektisida karena mampu menyerap cairan dari tubuh serangga sehingga serangga mati karena mengalami dehidrasi.

Pengendalian biologi dilakukan dengan menggunakan organisme hidup, baik dari mikroorganisme, hewan invertebrata atau hewan vertebrata. Pengendalian ini dapat berperan sebagai patogen, parasit, atau pemangsa dari vektor penyakit. Beberapa golongan virus, bakteri, fungi atau protozoa dapat berperan sebagai patogen dengan cara mengembangkannya sebagai pengendali biologi larva nyamuk di tempat perindukannya. *Bacillus thuringiensis* (Bt) merupakan

species bakteri yang dikembangkan sebagai insektisida racun perut. Saat sporulasi, bakteri menghasilkan kristal protein yang mengandung senyawa insektisida  $\alpha$ -endotoksin yang bekerja merusak sistem pencernaan serangga. Pemeliharaan spesies ikan (pengendalian larva nyamuk), seperti ikan kepala timah (*Panchax panchax*), *Gambusia affinis*, *Lebistus reticularis*, dan ikan cere. Badan Kesehatan Dunia (WHO) dan Centers for Disease Control and Prevention (CDC) pun merekomendasikan ikan cere sebagai pengendali biologis (biokontrol) populasi nyamuk. Kemudian beberapa jenis tanaman yang dapat digunakan sebagai tanaman pengusir nyamuk seperti: Geranium, Rosemary, Selasih, Zodia, Citrosa Mosquito Fighter, Mintrosa of lady Diana, Citrosa Queen of Lemon, Tembelekan (*Lantana camara* L.) dan Tai Kotok atau Marigold (*Tagetes patula* L.). Tanaman tersebut mengeluarkan bau menyengat yang tidak disukai serangga.

Pengendalian Genetik memiliki beberapa teknik yang dapat digunakan, di antaranya steril technique, cytoplasmic incompatibility, dan chorosomal translocation (Semenza dan Suk, 2018; Liu-Helmersson et al., 2019; Brugueras et al., 2020). Kemajuan ilmu dan teknologi serta pertumbuhan industri disegala bidang akan memengaruhi perubahan kualitas lingkungan hidup. Perubahan kualitas lingkungan akan selalu terjadi atau dinamis. Perubahan kualitas lingkungan tersebut menjadi tantangan bagi manusia untuk menjaga fungsi lingkungan hidup agar tetap seimbang. Lingkungan hidup yang seimbang akan menjamin kelangsungan hidup di bumi ini tetap lestari dan menjamin kualitas kesehatan masyarakat.



# **Bab 8**

## **Epidemiologi Kesehatan Lingkungan**

### **8.1 Pengertian Epidemiologi**

Epidemiologi berasal dari bahasa Yunani, yaitu epi atau upon yang berarti pada atau tentang. Demos atau people berarti penduduk dan logia atau knowledge berarti ilmu. Sehingga epidemiologi dapat diartikan sebagai ilmu yang mempelajari kejadian atau kasus yang terjadi pada penduduk. Wabah Covid-19 menjadi salah satu konsentrasi kesehatan seluruh dunia. Terlebih World Health Organization (WHO) menetapkan Covid-19 sebagai pandemi. Hal ini masuk dalam konsep epidemiologi.

Dalam buku *Foundations of Epidemiology* (1994) karya David E Lilienfeld, definisi epidemiologi adalah ilmu yang mempelajari tentang sifat, penyebab, pengendalian, dan faktor yang memengaruhi frekuensi dan distribusi penyakit, kecacatan dan kematian dalam populasi manusia.

Berdasarkan pengertian tersebut terdapat tiga komponen penting dalam Epidemiologi :

### 1. Frekuensi

Merupakan kuantifikasi status kesehatan (kondisi status kesehatan yang terekam dalam data time series) analisa data sekunder, sebagai awal pengamatan pola penyakit di dalam masyarakat (populasi).

### 2. Distribusi

Terkait dengan pola penyebaran penyakit dan merumuskan hipotesa tentang kemungkinan faktor penyebab orang, tempat dan waktu.

### 3. Determinan

Faktor penyebab dari suatu masalah kesehatan baik yang menerangkan frekuensi, penyebaran (distribusi) dan penyebab timbulnya masalah kesehatan. Epidemiologi juga meliputi pemberian ciri pada distribusi status kesehatan, penyakit, atau masalah kesehatan masyarakat lainnya berdasarkan usia, jenis kelamin, ras, geografi, agama, pendidikan, pekerjaan, perilaku, dan sebagainya. Karakteristik ini dilakukan untuk menjelaskan distribusi suatu penyakit atau masalah yang terkait dengan kesehatan jika dihubungkan dengan faktor penyebab.

Epidemiologi berguna untuk mengkaji dan menjelaskan dampak dari tindakan pengendalian kesehatan masyarakat, program pencegahan, intervensi klinis, dan pelayanan kesehatan terhadap penyakit.

## 8.2 Tujuan epidemiologi

Terdapat tiga tujuan umum studi epidemiologi, yaitu:

### 1. Menjelaskan etiologi

Etiologi adalah studi tentang penyebab penyakit. Dengan epidemiologi bisa menjelaskan etiologi satu penyakit atau sekelompok penyakit. Bagaimana kondisi, gangguan, efek, ketidakmampuan, atau kematian melalui analisis

terhadap data medis dan epidemiologi dengan menggunakan manajemen informasi yang berasal dari setiap bidang.

## 2. Menentukan data

Apakah data epidemiologi yang ada, konsisten dengan hipotesis yang diajukan dan dengan ilmu pengetahuan, ilmu perilaku, dan ilmu biomedis yang terbaru.

## 3. Menentukan pengendalian

Untuk memberikan dasar bagi pengembangan langkah pengendalian dan prosedur pencegahan bagi kelompok yang berisiko. Selain itu sebagai langkah kesehatan masyarakat untuk mengevaluasi keberhasilan langkah, kegiatan, dan program intervensi.

Epidemiologi digunakan: untuk menentukan kebutuhan akan program pengendalian penyakit. Selain itu untuk mengembangkan program pencegahan dan kegiatan perencanaan kesehatan.

# 8.3 Epidemiologi juga digunakan untuk menetapkan pola penyakit, yaitu:

## 1. Endemi

Endemi adalah berlangsungnya suatu penyakit pada tingkatan yang sama. Bisa dikatakan juga arti endemi, keberadaan suatu penyakit yang terus-menerus di dalam populasi atau wilayah tertentu. Prevalensi suatu penyakit yang biasa berlangsung di satu wilayah atau kelompok tertentu.

## 2. Hiperendemi.

Hiperendemi adalah menunjukkan keberadaan penyakit menular dengan tingkat insidensi yang tinggi dan melebihi angka prevalensi normal dalam populasi. Selain itu penyakit yang menyebar merata pada semua usia dan kelompok.

### 3. Holoendemi

Istilah holoendemi, menggambarkan suatu penyakit dalam populasi sangat banyak dan umumnya didapat di awal kehidupan sebagian anak-anak. Prevalensi penyakit menurun sejalan dengan penambahan usia, sehingga penyakit lebih sedikit muncul pada orang dewasa dibandingkan anak-anak.

### 4. Epidemii

Epidemi adalah wabah atau munculnya penyakit tertentu yang berasal dari satu sumber tunggal dalam satu kelompok, populasi masyarakat atau wilayah yang melebihi tingkat kebiasaan yang diperkirakan. Epidemii terjadi jika kasus baru melebihi prevalensi suatu penyakit. Kejadian Luar Biasa (KLB) akut biasanya juga disebut sebagai epidemii. Pandemi Pandemi adalah epidemii yang menyebar luas melintasi negara, benua atau populasi yang besar, kemungkinan ke seluruh dunia.

## 8.4 Manfaat epidemiologi

Bidang kesehatan masyarakat membuktikan bahwa epidemiologi sangat membantu dalam melindungi kesehatan populasi maupun kelompok masyarakat.

Berikut manfaat epidemiologi:

1. Mempelajari riwayat penyakit. Epidemiologi mempelajari tren penyakit untuk memprediksi tren penyakit yang mungkin akan terjadi.
2. Hasil penelitiannya dapat digunakan dalam perencanaan pelayanan kesehatan masyarakat.
3. Diagnosis penyakit, gangguan, cedera dan lainnya, yang menyebabkan kesakitan, masalah kesehatan, atau kematian dalam suatu wilayah.
4. Epidemiologi dibutuhkan untuk mengkaji risiko yang ada pada setiap individu karena mereka dapat memengaruhi kelompok maupun populasi.
5. Pengkajian, evaluasi, dan penelitian ketersediaan layanan kesehatan. Menentukan penyebab dan sumber penyakit dari temuan

epidemiologi, sehingga bisa dilakukan pengendalian, pencegahan, dan pemusnahan. Baca berikutnya.

## 8.5 Konsep Epidemiologi Kesehatan Lingkungan

Epidemiologi Kesehatan Lingkungan atau Epidemiologi Lingkungan adalah studi atau cabang keilmuan yang mempelajari faktor-faktor lingkungan yang memengaruhi timbulnya (kejadian) suatu penyakit, dengan cara mempelajari dan mengukur dinamika hubungan interaktif antara penduduk dengan lingkungan yang memiliki potensi bahaya pada suatu waktu dan kawasan tertentu, untuk upaya promotif lainnya (Achmadi, 1991). Batasan atau definisi Epidemiologi Lingkungan dari sebuah buku (Cordis, 1994) juga dapat dikutipkan di sini. “Environmental Epidemiology may be defined as the study of environmental that influence the distribution and determinants of diseases in human population” Kedua definisi di atas, baik definisi “domestik” (Achmadi, 1991) yang dikemukakan pada tahun 1991 maupun definisi baru yang dikemukakan Cordis (1994) dapat diperoleh makna bahwa faktor “lingkungan” lebih ditonjolkan, diutamakan untuk dipelajari, bukan penyakitnya. Epidemiologi Lingkungan pada prinsipnya juga tidak berbeda dengan epidemiologi dalam pengertian umum. Tetap menggunakan variabel penting dalam setiap kejadian penyakit, seperti orang, waktu, dan kawasan/tempat.

## 8.6. Tujuan Dan Level Epidemiologi Kesehatan Lingkungan

### 8.6.1 Tujuan Epidemiologi Kesehatan Lingkungan.

Tujuan Epid kesehatan lingkungan, yaitu :

- a. Mengumpulkan fakta dan data tentang berbagai masalah kesehatan yang ada dalam masyarakat EPIDKESLING berkaitan dengan pengaruh (perubahan) kondisi lingkungan.
- b. Menjelaskan sifat dan penyebab masalah kesehatan berdasarkan fakta dan data yang diperoleh setelah dilakukan analisa.
- c. Menemukan atau merencanakan pemecahan masalah serta mengevaluasi pelaksanaannya

### 8.6.2 Level Penerapan Epidemiologi Kesehatan Lingkungan

- a. Level Pemahaman dimulai dari pengamatan yang dilakukan secara ilmiah sampai pada penarikan kesimpulan yang mengarah pada akumulasi pengetahuan kejadian penyakit.
- b. Level Intervensi mengumpulkan informasi empiris yang dapat digunakan untuk pengambilan keputusan kesehatan masyarakat.

## 8.7 Ruang lingkup Epidemiologi kesehatan lingkungan

1. Kondisi Lingkungan perubahan kualitas lingkungan berpengaruh terhadap agent (penyebab penyakit), host (manusia).
2. Variabel Epidemiologi orang, waktu dan tempat
3. Penyakit :
  - a. Penyakit Infeksi/menular akibat kondisi sanitasi yang buruk.
  - b. Penyakit menahun atau tidak menular akibat menurunnya (perubahan) kualitas lingkungan yang timbul sebagai dampak negatif dari aktivitas pembangunan misalnya pencemaran yang terjadi pada air, tanah dan udara akibat limbah industri, pertanian, pertambangan/energi, transportasi, domestik dan sebagainya.
4. Ilmu sosial dan perilaku manusia (higiene perorangan) dan hubungannya dengan timbulnya kejadian penyakit.

5. Metoda (Design) sebagai dasar yang digunakan dalam melakukan kajian (analisa) untuk menarik kesimpulan baik level pemahaman maupun level intervensi, misal penggunaan Metode-metode Statistik (kajian Ilmiah) dan penggunaan konsep simpul kesehatan lingkungan

## 8.8 Variabel Epidemiologi Kesehatan Lingkungan

Variabel Epidemiologi dikelompokkan menurut :

### 1. Orang (Person)

Perbedaan Sifat/karakteristik individu secara tidak langsung memberikan perbedaan sifat/keterpaparan, dipengaruhi oleh:

- a. Faktor Genetik bersifat tetap, seperti : jenis kelamin, ras, data kelahiran, dsb.
- b. Faktor biologik berhubungan dengan kehidupan biologik, seperti : umur, status gizi, kehamilan, dsb.
- c. Faktor Perilaku berpengaruh secara individu, seperti: adat istiadat, mobilitas, dsb.
- d. Faktor Sosial Ekonomi seperti pekerjaan, status perkawinan, pendidikan, daerah tempat tinggal.

### 2. Tempat (Place)

Pengetahuan distribusi geografis suatu penyakit berguna untuk perencanaan pelayanan kesehatan dan dapat memberikan penjelasan etologi penyakit.

Keterangan tempat dapat bersifat :

- a. Keadaan geografis, misal: daerah pegunungan, pantai, dataran rendah, dsb.
- b. Batas administratif (misal: batas negara, propinsi, kabupaten/kota, kecamatan/kelurahan), batas ekologis (batas penyebaran dampak).

Menganalisa hubungan penyakit dengan tempat harus dipikirkan hal-hal sbb :

1. Keadaan penduduk setempat dan sifat karakteristiknya.
2. Apakah penyakit berhubungan langsung dengan tempat, seperti:
  - a. Angka kesakitan tinggi pada semua golongan umur.
  - b. Penyakit tidak dijumpai/kurang ditempat lain.
  - c. Penduduk yang pindah ke tempat tersebut akan terserang penyakit.
  - d. Penduduk yang keluar dari tempat ybs akan sembuh atau penyakitnya tidak bertambah.
  - e. Adanya gejala penyakit yang sama pada hewan.
3. Faktor lingkungan biologis dan sosial ekonomi setempat harus diperhitungkan.
4. Waktu

Perubahan-perubahan penyakit menurut waktu menunjukkan adanya perubahan faktor-faktor etiologis, yaitu dengan adanya :

- a. faktor penyebab penyakit pada waktu tertentu
- b. perubahan komposisi dan jumlah penduduk menurut waktu
- c. perubahan komposisi lingkungan menurut waktu (lingk. fisik, biologi dan sosial ekonomi).
- d. perubahan kriteria dan alat diagnosa dari waktu ke waktu
- e. perubahan pola penyakit karena usaha pencegahan dan penanggulangan serta perubahan lainnya dari waktu ke waktu.

## 8.9 Perubahan Penyakit Menurut Waktu

1. Perubahan dalam waktu singkat :
  - a. Epidemio jumlah penderita melampaui keadaan normal, umumnya terjadi pada penyakit menular, namun tidak menutup kemungkinan karena akibat bahan kimia/akibat fisik serta kelainan perilaku, misal penyakit menular DBD.

- b. Common sources/Point epidemic timbul wabah mendadak dengan terfokus pada limit waktu sesuai dengan masa inkubasi terpanjang pada penyakit, misal keracunan makanan.
  - c. Epidemik berkepanjangan epidemi yang terus menerus berlangsung, terutama penyakit dengan kontak person (umpama AIDS) maupun oleh vektor penyakit, misal malaria.
2. Perubahan secara periodik :

Pengaruh musim :

- Hubungan penyakit dengan musim tertentu terutama penyakit menular, juga dijumpai pada penyakit kronik, seperti asmatik.
- Perbedaan waktu erat hubungannya dengan keadaan cuaca yang dapat memengaruhi sifat penyebab, pejamu serta lingkungan.
- Perubahan tahunan secara epidemiologi karena sifat penyakit.
- Perubahan periodik yang bersifat siklus :
- Perubahan insidensi penyakit secara reguler antara beberapa bulan tertentu secara teratur.

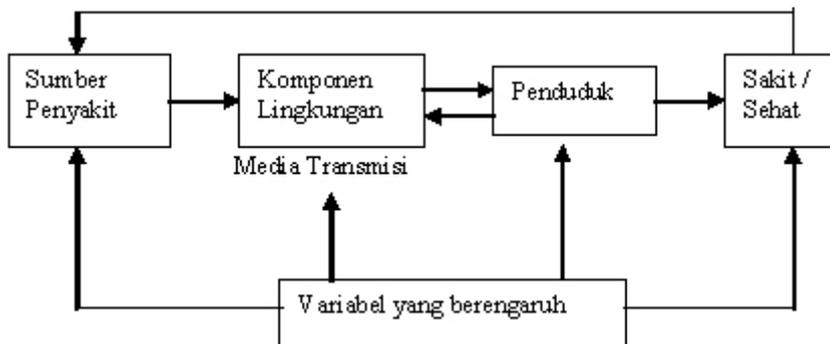
3. Perubahan secara sekuler :

Perubahan yang terjadi setelah sekian tahun (5-10 tahun atau lebih) yang menampakkan perubahan keadaan penyakit/kematian yang cukup berarti dalam hubungan interaksi antara pejamu/manusia (H), penyebab (A) dan lingkungan (E).

## 8.10 Paradigma (Konsep/Model) Kesehatan Lingkungan (Dan Atau Kesehatan Kerja)

Paradigma kesehatan lingkungan adalah menggambarkan hubungan interaktif antara berbagai komponen lingkungan dengan dinamika perilaku penduduk.

Model hubungan berbagai variabel hubungan dengan penduduk dengan out come penyakit ini, merupakan dasar bagi analisis kejadian sehat sakit dalam suatu kawasan. Model yang digambarkan di sini adalah model dasar yang dapat dikembangkan ke dalam model-model yang lebih kompleks dan memperhitungkan semua variabel yang diperoleh dari tinjauan kepustakaan (kerangka teori). Untuk menggambarkan model terlebih dahulu perlu dikemukakan definisi atau batasan apa itu kesehatan lingkungan. Ilmu Kesehatan Lingkungan mempelajari berbagai masalah kesehatan sebagai akibat dari hubungan interaktif antara berbagai bahan, kekuatan, kehidupan zat, yang memiliki potensi penyebab sakit yang timbul akibat adanya perubahan-perubahan lingkungan dengan masyarakat, serta menerapkan upaya pencegahan gangguan kesehatan yang ditimbulkannya. Berbagai bahan, kekuatan, zat ataupun komponen kehidupan yang memiliki potensi penyebab sakit selalu dalam keadaan berubah dari waktu ke waktu, serta dari tempat satu ke tempat lainnya, akibat adanya sumber-sumber perubahan yang secara aktif selalu menimbulkan perubahan. Sumber perubahan dapat berupa kegiatan manusia, seperti pabrik ataupun transportasi, pemukiman dan lain-lain ataupun peristiwa alamiah, seperti gunung berapi dan berbagai reaksi kimia alamiah yang terjadi. Berikut ini adalah model sederhana atau lazim kita kenal sebagai model/paradigma kesehatan lingkungan.



**Gambar 8.1:** Paradigma Kesehatan Lingkungan Ahmadi (2005)

Dengan melihat skema diatas, maka patogenesis penyakit dapat diuraikan menjadi 4 (empat) simpul, yakni :

### **Simpul 1: Sumber Penyakit**

Sumber penyakit adalah sesuatu yang secara konstan mengeluarkan agent penyakit. Agent penyakit merupakan komponen lingkungan yang dapat

menimbulkan gangguan penyakit baik melalui kontak secara langsung maupun melalui perantara.

Beberapa contoh agent penyakit:

- Agent Biologis: Bakteri, Virus, Jamur, Protozoa, Amoeba, dll
- Agent Kimia : Logam berat (Pb, Hg), air pollutants (Irritant: O<sub>3</sub>, N<sub>2</sub>O, SO<sub>2</sub>, Asphyxiant: CH<sub>4</sub>, CO), Debu dan serat (Asbestos, silicon), Pestisida, dll
- Agent Fisika : Radiasi, Suhu, Kebisingan, Pencahayaan, dll

### **Simpul 2: Komponen Lingkungan Sebagai Media Transmisi,**

Komponen lingkungan berperan dalam patogenesis penyakit, karna dapat memindahkan agent penyakit. Komponen lingkungan yang lazim dikena sebagai media transmisi adalah:

- Udara
- Air
- Makanan
- Binatang
- Manusia / secara langsung

### **Simpul 3: Penduduk**

Komponen penduduk yang berperan dalam patogenesis penyakit antara lain:

- Perilaku
- Status gizi
- Pengetahuan
- Dll



# **Bab 9**

## **Perubahan Iklim dan Kesehatan Lingkungan**

### **9.1 Pendahuluan**

Udara merupakan komponen yang sangat dibutuhkan oleh makhluk hidup untuk dapat hidup di bumi. Udara merupakan hal yang sangat vital bagi kelangsungan hidup makhluk hidup, tanpa adanya udara, makhluk hidup tidak akan bisa bertahan hidup. Udara merupakan campuran gas yang terdapat pada permukaan bumi dengan sifat fisik antara lain : tampak mata, tidak berbau, dan tidak ada rasanya. Udara terdiri dari 3 unsur utama, yaitu udara kering, uap air, dan aerosol. Kandungan udara kering terdiri dari nitrogen (78,09%), oksigen (20,95%), argon (0,93%), karbondioksida (0,04%), dan gas-gas lain yang terdiri dari neon, helium, metana, kripton, hidrogen, xenon, ozon, radon. Komposisi ini sebagai udara normal yang dapat mendukung kehidupan manusia, namun kondisi udara tersebut tidak pernah ditemukan dalam keadaan bersih, melainkan sudah tercampur dengan gas-gas lain serta partikulat-partikulat lain yang merupakan bahan atau zat pencemaran udara yang berasal dari aktivitas alam serta aktivitas manusia yang berlangsung menerus, masuk ke dalam udara dan mencemari udara pada lapisan atmosfer.

Pencemaran udara dapat ditimbulkan oleh sumber alami (gunung berapi dan kebakaran hutan) dan nitrifikasi serta denitrifikasi biologi yang dapat menyebabkan terjadinya fenomena alam yakni perubahan iklim.

Iklim dunia saat ini secara menyeluruh sedang mengalami kerusakan sebagai konsekuensi dari aktivitas manusia. Hal ini disebabkan adanya peningkatan konsentrasi gas-gas yang menghalangi pantulan energi sinar matahari dari bumi yang menyebabkan peningkatan efek rumah kaca dan mengakibatkan bumi, menjadi lebih panas.

Hubungan antara perubahan iklim dengan kesehatan lingkungan adalah sangat kompleks. Terdapat dampak langsung seperti penyakit atau kematian yang berhubungan dengan suhu yang ekstrem dan efek pencemaran udara oleh spora dan jamur. Selengkapnya adalah dampak yang tidak langsung yang mengakibatkan penyakit yang ditularkan melalui air atau makanan, penyakit yang ditularkan melalui vector dan rodent, atau penyakit karena kekurangan air dan makanan (Keman, 2007). Perubahan iklim akan mengancam akan mengancam stabilitas ekosistem dan keragaman makhluk hidup. Kerusakan sistem fisik dan ekologi dibuktikan adanya penipisan lapisan ozon di stratosfer, penurunan keanekaragaman makhluk hidup, degradasi tanah dan perubahan sistem atau siklus air.

## 9.2 Perubahan Iklim

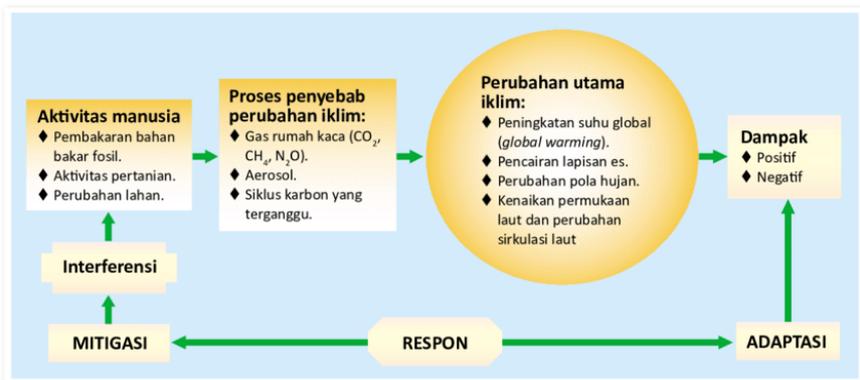
Perubahan iklim didefinisikan sebagai perubahan signifikan dari iklim maupun variabilitas iklim yang menetap dalam jangka waktu yang lama (satu dekade) atau seterusnya. (IPCC, 2001) Menurut UU No. 31 Tahun 2009, perubahan iklim adalah berubahnya iklim yang diakibatkan, langsung atau tidak langsung, oleh aktivitas manusia yang menyebabkan perubahan komposisi atmosfer secara global serta perubahan variabilitas iklim alamiah yang teramati pada kurun waktu yang dapat dibandingkan. Perubahan iklim adalah berubahnya pola dan intensitas unsur iklim pada periode waktu yang dapat dibandingkan (biasanya terhadap rata-rata 30 tahun). Perubahan iklim dapat merupakan suatu perubahan dalam kondisi cuaca rata-rata atau perubahan dalam distribusi kejadian cuaca terhadap kondisi rata-ratanya.

Perubahan iklim dapat disebabkan oleh proses perubahan alamiah internal (misalnya badai El Nino) maupun eksternal (seperti perubahan persisten yang

diinduksi oleh aktivitas manusia, berupa perubahan komposisi udara dan perubahan peruntukan tanah).

Peristiwa ekstrem menyebabkan berubahnya besaran statistik rata-rata iklim yang pada akhirnya menggeser atau mengubah iklim pada umumnya. Dengan demikian, pemantauan perubahan iklim dapat dilakukan dengan memantau kondisi iklim ekstrem. Sebagai contoh pola peningkatan suhu Bumi ditandai dengan berbagai rekor baru suhu maksimum secara terus-menerus, sedangkan pola musim berubah dengan adanya pergeseran awal musim.

Istilah perubahan iklim, khususnya untuk perubahan iklim yang disebabkan oleh manusia (antropogenik), baik secara langsung maupun tidak langsung sehingga mengubah komposisi atmosfer global yang diamati pada periode waktu hampir sama - kadang-kadang digunakan untuk menjelaskan adanya pemanasan global. Dengan demikian, perubahan iklim seolah-olah menjadi sinonim (kata lain) dari pemanasan global (global warming).



**Gambar 9.1:** Skema Perubahan Iklim (Aldrian, Karmini and Budiman, 2011)

Perubahan iklim seperti di sajikan pada Gambar 9.1. merupakan perubahan pada komponen iklim, yaitu suhu, curah hujan, kelembaban, evaporasi, arah dan kecepatan angin, serta awan. Dengan demikian perubahan iklim merupakan dampak dari peristiwa pemanasan global.

*Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC), sebuah wadah komunikasi internasional menyatakan bahwa sumber terbesar perubahan iklim akibat meningkatnya suhu permukaan bumi (global warming). Global warming terjadi karena meningkatnya konsentrasi gas rumah kaca di atmosfer. Gas rumah kaca (GRK) secara alami didapatkan dari sumber penguapan dan

erupsi, dalam konsentrasi yang normal dibutuhkan untuk menghangatkan bumi, hanya saja IPCC di tahun 2007 mengeluarkan pernyataan bahwa penyebab terbesar meningkatnya global warming adalah hasil kegiatan manusia yang membentuk gas rumah kaca. Gas rumah kaca akan memantulkan radiasi matahari kembali ke bumi sehingga suhu bumi meningkat. Gas rumah kaca dihasilkan hampir semua sektor kegiatan yang menggunakan bahan bakar fosil, limbah organik, bahan pendingin di alat elektronik. GRK yang berdampak terbesar: Karbon dioksida (CO<sub>2</sub>), Nitro Oksida (NO<sub>x</sub>), Sulfur Oksida (SO<sub>x</sub>), Metana (CH<sub>4</sub>), Chlorofluorocarbon (CFC), Hydrofluorocarbon (HFC) (Lestari, 2020).

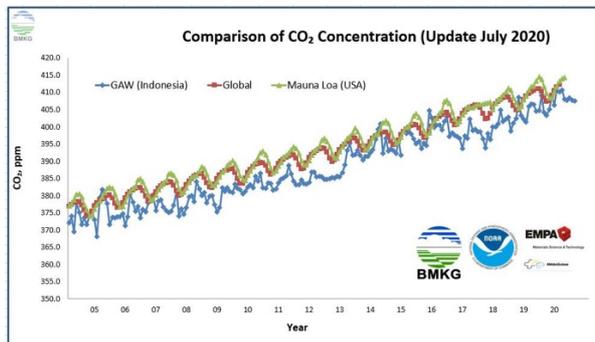
Laporan terakhir IPCC menyatakan bahwa pengetahuan ilmiah saat ini tentang bagaimana iklim akan berubah memberikan gambaran emisi gas rumah kaca dimasa mendatang. Dalam laporan di estimasi perubahan temperatur global antara 1,40C dan 5,80C pada akhir tahun 2100. Pembuat kebijaksanaan internasional bertujuan menjaga peningkatan temperatur global pada kisaran dibawah 20C. Penemuan IPCC selanjutnya menyarankan bahwa efek pemanasan global akan menyebabkan peningkatan permukaan air laut, dan peningkatan dalam kejadian cuaca ekstrem. Dalam laporan tersebut juga termuat bahwa pemanasan (ekspansi thermal) dari lautan, bersamaan dengan pelelehan gletser dan es di daratan, akan menyebabkan peningkatan permukaan air laut seluruh dunia, yang berarti permukaan air laut diproyeksikan naik 0,09 sampai 0,88 meter antara tahun 1990 sampai tahun 2010, hal ini akan berlangsung terus bahkan setelah konsentrasi gas rumah kaca di atmosfer menjadi stabil. Kejadian cuaca ekstrem seperti gelombang panas, kekeringan, dan banjir diprediksi akan terus meningkat, demikian juga temperatur minimal yang lebih tinggi dan semakin sedikit hari-hari yang dingin serta gletser dan puncak es yang meleleh diproyeksikan akan terus semakin meluas selama abad XXI, dengan ancaman gletser tropis dan subtropics (IPCC, 2001).

Pemanasan global telah terjadi dalam skala luas, termasuk di Indonesia yang ditandai dengan berbagai indikator. Terdapat empat Indikator utama terjadinya pemanasan global, yakni peningkatan konsentrasi gas rumah kaca (GRK), peningkatan suhu muka bumi, peningkatan paras muka laut, dan berkurangnya tutupan salju di daratan. Keempat indikator tersebut bisa ditemukan di Indonesia. Konsentrasi GRK meningkat pada kurun waktu satu setengah abad (150 tahun) belakangan ini terutama dikarenakan oleh berbagai aktivitas manusia, khususnya sejak revolusi industri. Peningkatan konsentrasi tersebut

disebabkan pemakaian bahan bakar minyak dan sejenisnya serta konsumsi manusia yang meningkat selaras dengan pertumbuhan populasinya. Konsekuensi dari semua itu adalah bahan bakar minyak (BBM) yang ada di perut bumi dieksploitasi secara intensif. BBM itu lalu dibakar untuk memenuhi kebutuhan industri dan domestik (rumah tangga). Hasil pembakaran tersebut menimbulkan polutan gas CO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>O, dan lain-lain yang terus menumpuk di lapisan atmosfer. Gas-gas tersebut tak mudah hilang karena selama di atmosfer bumi ia memang memiliki usia (life time) yang sangat lama, puluhan hingga puluhan ribu tahun. (Aldrian, Karmini and Budiman, 2011).

Meskipun peningkatan temperatur selama 100 tahun terakhir sebagai hal yang tidak dapat dipertanyakan sebagai akibat aktivitas manusia, peningkatan yang luar biasa dari potensial pemanasan oleh gas rumah kaca akan berdampak pada perubahan ekologis. Peningkatan konsentrasi GRK berbanding lurus dengan percepatan proses pemanasan global. Semakin tinggi GRK yang menumpuk maka energy yang terserap di atmosfer bertambah dan meningkatkan suhu muka Bumi yang merupakan dasar dari terjadinya pemanasan global. Dari enam jenis GRK antropogenik yang ditetapkan oleh IPCC, Indonesia telah dan sedang memonitor empat jenis GRK, yakni CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O, dan SF<sub>6</sub>.

Di Indonesia, pemantauan GRK dilakukan di Stasiun Pemantau Atmosfer Global atau Global Atmosphere Watch (GAW) di Bukit Kototabang, Sumatera Barat, salah satu dari 28 Stasiun GAW di dunia. Misi stasiun ini adalah untuk mengukur secara sistematis komposisi kimia dan parameter fisik atmosfer selektif yang penting untuk mengetahui sinyal perubahan iklim.



**Gambar 9.2:** Rata-rata Konsentrasi CO<sub>2</sub> Stasiun GAW Kototabang, Mauna Loa, AS serta rata-rata dari 27 stasiun GAW yang tersebar di seluruh dunia. (BMKG, 2020)

Sajian Gambar 9.2 menunjukkan hasil pengukuran rata-rata konsentrasi CO<sub>2</sub> dan kecenderungannya (tren) di atmosfer Indonesia sejak tahun 2004 hingga Juli 2020. Berdasarkan gambar tersebut terlihat bahwa konsentrasi CO<sub>2</sub> cenderung mengalami kenaikan sejak tahun 2004 sampai 2020. Adanya peningkatan aktivitas manusia yang menggunakan bahan bakar fosil yang dipakai dalam transportasi (baik darat, laut, maupun udara), pemanasan dan pendinginan ruangan di rumah dan kantor, serta pabrik-pabrik mengakibatkan meningkatnya CO<sub>2</sub>. Meningkatnya konsentrasi CO<sub>2</sub> ini juga dapat disebabkan oleh pembakaran hutan serta proses alam seperti pembusukan tanaman.

Gambar 9.2 tersebut juga memaparkan perbandingan konsentrasi CO<sub>2</sub> di stasiun Bukit Kototabang dengan stasiun Mauna Loa, Hawaii, Amerika Serikat (AS) sebagai stasiun referensi dunia. Selain itu, nilai konsentrasi GRK dari hasil rata-rata global di 27 stasiun GAW yang tersebar di seluruh dunia juga dipaparkan dalam gambar tersebut. Data yang ditampilkan merupakan hasil pemantauan di stasiun Bukit Kototabang yang diukur di pusat pengukuran GRK dunia di Boulder Colorado, AS oleh National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA).

Peningkatan suhu muka Bumi ditandai dengan suhu muka laut, yang di Indonesia didapatkan melalui data satelit pengindraan jarak jauh di mana suhu muka laut lebih memberikan gambaran regional dan global dibandingkan suhu daratan yang terpengaruh oleh kondisi lokal dari berbagai faktor non iklim lainnya. Berdasarkan data satelit, di wilayah Indonesia selama 100 tahun terakhir ini terjadi peningkatan suhu muka laut sebesar 0,760C. Angka tersebut sedikit di atas angka rata-rata global berdasarkan laporan IPCC, yakni sebesar 0,720C dalam 100 tahun. (Aldrian, Karmini and Budiman, 2011).

Peningkatan suhu muka laut di berbagai wilayah bervariasi, tergantung pada pola aliran arus laut di sekitarnya. Peningkatan suhu muka laut ini disebabkan penambahan energi di muka Bumi sebagai akibat pemanasan global dan efek rumah kaca. Akibat dari peningkatan suhu muka laut secara nyata mengakibatkan naiknya paras muka laut dan melelehnya lapisan salju di daratan.

Kenaikan suhu muka Bumi membawa konsekuensi pada naiknya paras muka air laut. Kenaikan muka air laut dipicu oleh dua sebab utama :

- a. Memuainya molekul air di laut akibat suhu yang lebih tinggi di permukaan.

- b. Penambahan air dari lelehan salju di daratan. Sebaliknya, lelehan es di lautan tidak akan memberikan kontribusi terhadap tambahan paras muka laut.

Penyebab kedua adalah yang paling dikhawatirkan banyak pihak karena volume cadangan es di daratan sangat besar. Seperti diketahui, di Bumi ini banyak terdapat tutupan salju abadi dan yang paling besar adalah di daratan Pulau Greenland dan Benua Kutub Selatan. Dapat dibayangkan kalau lapisan es di dua daratan tersebut mencair dalam jumlah besar. Praktis, volume air di laut bakal naik dan dapat menyebabkan pulau-pulau kecil tenggelam. Negara kepulauan seperti Maladewa (Maldives) misalnya, tidak tertutup kemungkinan bakal tenggelam karena semua wilayahnya terdiri dari pulau-pulau kecil.

Pantauan dari kenaikan paras muka laut saat ini juga dapat diperoleh dari data satelit penginderaan jauh dengan tingkat keakuratan masih belum memadai. Hal ini dikarenakan naiknya paras muka laut sangat lambat dan dengan skala yang sangat kecil. Selain itu, ketinggian paras muka laut di muka Bumi tidak sama antara laut dangkal dan laut dalam (deep sea). Kombinasi antara kenaikan suhu muka Bumi dan penurunan muka tanah akan menambah kecepatan (laju) kenaikan paras muka laut relatif. Pada kondisi ini, kenaikan paras muka laut akibat penurunan muka tanah lebih besar daripada kenaikan paras laut akibat kenaikan suhu muka Bumi. Penurunan muka tanah seringkali disebabkan oleh faktor pemompaan air tanah secara berlebihan, baik untuk konsumsi rumah tangga maupun industri.

Tutupan salju di muka Bumi memiliki efek khusus bagi iklim dan pemanasan global. Lapisan salju yang memiliki warna putih dan permukaan halus ini memiliki nilai albedo (pantulan) yang maksimal dibandingkan dengan tutupan lahan lainnya seperti air, hutan, sawah, dan perkebunan. Akibatnya, lapisan salju memantulkan secara maksimal radiasi Matahari ke angkasa luar.

Ketika tutupan salju tersebut berkurang karena meleleh maka kemampuan Bumi untuk memantulkan panas radiasi Matahari menjadi berkurang. Konsekuensinya, ia akan menambah kuat laju pemanasan global. Berkurangnya tutupan salju di daratan membawa dampak pada aliran permukaan (run off) di mana beberapa aliran sungai sangat tergantung kepadanya dan pada akhirnya memberikan dampak pada peningkatan paras muka air laut.

Tutupan salju di muka Bumi bisa disebut sebagai alat pengukur ('termometer') alamiah Bumi terhadap pemanasan global. 'Termometer' ini juga dapat dipakai untuk mendeteksi di daerah tropis yang bersalju. Ada tiga kumpulan salju abadi di daerah tropis, yaitu di Gunung Kilimanjaro di Tanzania, Pegunungan Andes di Peru, dan Pegunungan Jaya Wijaya di Indonesia. Efek perubahan iklim akan tidak sama di semua tempat, misalnya tidak semua populasi penduduk mengalami risiko banjir di daerah pantai. Banjir karena serangan badai telah mengancam 50 juta penduduk setiap tahun. Apabila permukaan air laut naik setinggi setengah meter, maka angka ini dapat meningkat dua kalinya.

Keman, (2007) menyatakan bahwa penelitian para ahli menunjukkan bahwa gletser di Greenland telah mencair dalam waktu yang lebih singkat dibandingkan dengan tahun-tahun sebelumnya. Hal ini akan membahayakan bagi masyarakat yang tinggal di daerah pantai yang rendah. Sebagai contoh jika permukaan air laut naik setinggi 1 meter, hal ini berdampak 1% tanah di Mesir; 6% tanah di Netherland; dan 17,5% tanah di Bangladesh akan tertutup air, serta hanya 20% tanah di Pulau Marshall yang terletak di atas permukaan air. Efek lain terhadap kesehatan manusia tidak didistribusikan secara merata. Efek pemanasan global terhadap lingkungan dan kesehatan tidak hanya karena distribusi yang tidak merata, melainkan juga tergantung dari kemampuan masing-masing negara yang terkena dampak untuk menangani perubahan tersebut.

## 9.3 Kesehatan Lingkungan

Peristiwa di Inggris sekitar abad ke 19 tentang mewabahnya kolera yang disebabkan tercemarnya sungai Thames oleh sekreta manusia yang mengakibatkan kuman mencemari sumber-sumber air bersih mengakibatkan banyak korban jiwa. Kejadian tersebut menggerakkan salah seorang dokter John Snow melakukan penelitian serta membuktikan bahwa lingkungan yang tidak baiklah yang menyebabkan wabah kolera dimaksud. (Purnama, 2017) Sejak saat itu konsep pemikiran mengenai faktor-faktor eksternal lingkungan yang berpengaruh mulai dipelajari dan berkembang menjadi disiplin ilmu kesehatan lingkungan.

Kesehatan lingkungan merupakan ilmu dan seni yang mempelajari dinamika hubungan interaktif antara kelompok penduduk atau masyarakat dan segala

macam perubahan komponen lingkungan hidup, seperti berbagai spesies kehidupan, bahan, zat atau kekuatan di sekitar manusia yang menimbulkan ancaman atau berpotensi mengganggu kesehatan masyarakat serta mencari upaya pencegahannya. Kesehatan lingkungan merupakan upaya atau kegiatan pengelolaan faktor lingkungan sebagai determinan yang ditujukan untuk pencapaian derajat kesehatan masyarakat yang optimal dan berkelanjutan. (Siswanto, 2003)

Menurut WHO, kesehatan lingkungan adalah suatu keseimbangan ekologi yang harus ada antara manusia dan lingkungan agar dapat menjamin keadaan sehat dari manusia. Sedangkan Himpunan Ahli Kesehatan Lingkungan Indonesia menyatakan bahwa kesehatan lingkungan adalah suatu kondisi lingkungan yang mampu menopang keseimbangan ekologi yang dinamis antara manusia dan lingkungannya untuk mendukung tercapainya kualitas hidup manusia yang sehat dan bahagia.



**Gambar 9.3:** Ilustrasi Kesehatan Lingkungan (Teks.Co.Id, 2020)

Kesehatan lingkungan merupakan kesehatan yang sangat penting bagi kelancaran kehidupan di bumi, karena lingkungan adalah tempat di mana manusia tinggal. Lingkungan dapat dikatakan sehat apabila sudah memenuhi syarat-syarat lingkungan yang sehat. Kesehatan lingkungan yaitu bagian

integral ilmu kesehatan masyarakat yang khusus menangani dan mempelajari hubungan manusia dengan lingkungan dalam keseimbangan ekologi. Jadi kesehatan lingkungan merupakan bagian dari ilmu kesehatan masyarakat. (Purnama, 2017)

Menurut WHO, terdapat 17 ruang lingkup kesehatan lingkungan di antaranya :

1. Penyediaan air minum, khususnya yang menyangkut persediaan jumlah air
2. Pengelolaan air buangan dan pengendalian pencemaran, termasuk masalah pengumpulan, pembersihan dan pembuangan
3. Pembuangan sampah padat
4. Pengendalian vektor, termasuk anthropoda, binatang pengerat
5. Pencegahan/pengendalian pencemaran tanah oleh perbuatan manusia
6. Higiene makanan, termasuk hygiene susu
7. Pengendalian pencemaran udara
8. Pengendalian radiasi
9. Kesehatan Kerja, terutama pengaruh buruk dari faktor fisik, kimia dan biologis
10. Pengendalian kebisingan
11. Perumahan dan pemukiman
12. Aspek kesehatan lingkungan dan transportasi udara
13. Perencanaan daerah dan perkotaan
14. Pencegahan kecelakaan
15. Rekreasi umum dan pariwisata
16. Tindakan-tindakan sanitasi yang berhubungan dengan keadaan epidemik/wabah, bencana alam dan perpindahan penduduk
17. Tindakan pencegahan yang diperlukan untuk menjamin lingkungan

Terciptanya keadaan yang serasi sempurna dari semua faktor yang ada di lingkungan fisik manusia, sehingga perkembangan fisik manusia dapat diuntungkan, kesehatan dan kelangsungan hidup manusia dapat dipelihara dan ditingkatkan merupakan tujuan dari kesehatan lingkungan. Tujuan ini dapat diperinci dengan melakukan koreksi, yakni memperkecil atas modifikasi terjadinya bahaya dari lingkungan terhadap kesehatan dan kesejahteraan hidup manusia. Melakukan pencegahan dalam arti mengefisienkan pengaturan

sumber-sumber lingkungan untuk meningkatkan kesehatan dan kesejahteraan hidup manusia serta menghindarkannya dari bahaya.

Kesehatan lingkungan merupakan faktor penting dalam kehidupan sosial kemasyarakatan, bahkan salah satu unsur penentu atau determinan dalam kesejahteraan penduduk. Di mana lingkungan yang sehat sangat dibutuhkan bukan hanya untuk meningkatkan derajat kesehatan masyarakat, tetapi juga untuk kenyamanan hidup dan meningkatkan efisiensi kerja dan belajar. Peran lingkungan dalam menimbulkan penyakit ditunjukkan sebagai faktor predisposisi (faktor kecenderungan), sebagai penyebab penyakit (penyebab langsung penyakit), sebagai media transmisi penyakit (perantara penularan penyakit), sebagai faktor memengaruhi perjalanan suatu penyakit (faktor penunjang).

Purnama (2017), menyebutkan bahwa kesehatan lingkungan dapat dilihat dari berbagai segi, tergantung dari mata angin yang ingin memulai. Kesehatan lingkungan dari “frame-work” melalui konsep pendekatan ekologis yaitu dikenal dengan “the nature of man environment relationship”, namun bagi pendekatan tersebut kesehatan lingkungan dilihat sebagai kumpulan program maupun kegiatan kesehatan dalam rangka upaya manusia melalui teknologinya menciptakan suatu kondisi kesehatan. Dengan semakin majunya ilmu pengetahuan dibidang lingkungan kita lebih menekankan sistem tersebut pada arti interaksi antar elemen di dalamnya.

Bertitik tolak dari model timbangan Gordon, kemudian dimodifikasikan pada suatu model lanjutannya dijelaskan oleh empat faktor, yaitu: (Sumampouw, 2019):

1. Faktor penentu kehidupan atau *life support*
2. Aktivitas manusia atau *man's activities*
3. Bahan buangan dan residu karena kehadiran dan aktivitas manusia (residues and wastes)
4. Gangguan lingkungan (environmental hazards)

Di dalam kaitan ini, kesehatan lingkungan menempatkan dan menggantungkan diri pada keseimbangan ekologi, oleh karena itu manusia berusaha menjalin suatu keseimbangan interaksi manusia dengan lingkungannya pada tarap optimal dan batas-batas tertentu untuk menjamin kehidupan yang tetap sehat. Perubahan yang sesungguhnya ditimbulkan oleh manusia sendiri pada umumnya, dan dipengaruhi oleh :

1. Pertumbuhan penduduk yang sangat cepat, yang sering dikenal dengan istilah “peledakan penduduk” dengan segala implikasi kaitannya lebih lanjut.
2. Urbanisasi, yang dapat menimbulkan perubahan-perubahan yang terjadi pada kota-desa, di mana dampaknya tidak saja dirasakan bagi sistem kehidupan kota melainkan juga ikut merugikan kehidupan sistem pedesaan sendiri.
3. Industrialisasi, yang menimbulkan berbagai mata rantai implikasi serta sebagai akses secara luas.
4. Perkembangan teknologi yang sangat cepat, khususnya bagi negara-negara yang sedang berkembang yang belum dapat menyiapkan diri dalam sistem sosialnya (infra structural).
5. Kebutuhan yang “meningkat” dari masyarakat untuk memaksakan meningkatkan standar kehidupan, pada hal syarat-syarat untuk mendukung ini juga belum disiapkan.

Walaupun demikian ada tiga pokok yang dapat dilakukan dalam mengembangkan upaya-upaya kesehatan lingkungan yaitu :

1. Di mana dimungkinkan gangguan-gangguan yang dapat berakibat terhadap kesehatan lingkungan perlu di cegah.
2. Apabila gangguan tersebut telah ada, langkah berikutnya adalah mengusahakan mengurangi atau meniadakan efeknya terhadap kecenderungan timbulnya penyakit di dalam masyarakat.
3. Mengembangkan lingkungan yang sehat, khususnya pada daerah-daerah padat melalui sistem perencanaan dan pengendalian yang mudah terhadap pemukiman, perumahan dan fasilitas rekreasi yang sesungguhnya bisa menjadi pusat kunjungan manusia dan sumber penularan.

Dengan demikian pendekatan ekologis yang dapat dipertimbangkan sebagai masukan dalam suatu definisi kesehatan lingkungan. Kesehatan lingkungan yang mempunyai dimensi yang luas dan berbeda berdasarkan faktor kemampuan pelaksanaannya dimasing-masing negara.

## 9.4 Dampak Perubahan Iklim terhadap Kesehatan Lingkungan

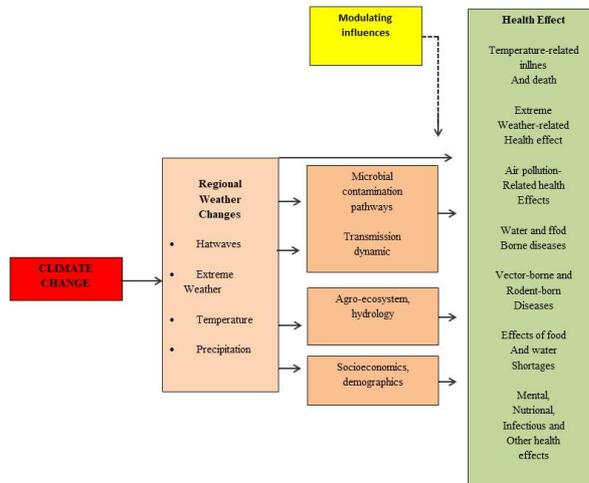
Gas rumah kaca yang menumpuk di atmosfer berlaku seperti tirai yang memerangkap pancaran radiasi panas bumi. Seperti kaca, ia mudah ditembus oleh sinar tampak, tapi mengurung gelombang panjang. Dalam konteks rumah kaca secara harfiah, radiasi gelombang panjang yang terpancar itu tak bisa keluar, karena tak mampu menembus atap dan dinding kaca. Ia berputar-putar di dalam dan sebagian terserap molekul oleh gas-gas rumah kaca. ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{N}_2\text{O}$  dll) dan membuat suhu udara lebih panas. Dalam konteks pemanasan global (global warming), kehadiran gas-gas pencemar di atmosfer itu berperan seperti atap atau dinding kaca. Mereka menghalangi pancaran radiasi gelombang panjang oleh permukaan bumi, laut dan benda-benda di atasnya, baik itu makhluk hidup maupun benda mati. Trihusoda (2007) dalam (Duarsa, 2008).

Di antara gas-gas rumah kaca yang kini diketahui lebih dari 30 jenis. Gas rumah kaca yang penting adalah karbondioksida ( $\text{CO}_2$ ), methane ( $\text{CH}_4$ ), nitrous oxide ( $\text{N}_2\text{O}$ ), Chloroflourcarbon (CFC) yang terdiri dari Haloflourocarbon (HFC) dan Perflourocarbon (PFC) serta Sulfur Hexafluoride ( $\text{SF}_6$ ). Sumbangan terjadinya pemanasan global yang terbesar adalah  $\text{CO}_2$  sebesar 61%,  $\text{CH}_4$  sebesar 15%, CFC sebesar 12%,  $\text{N}_2\text{O}$  sebesar 4% dan sumber lain sebesar 8%.

Duarsa (2008), menyatakan bahwa perubahan suhu global akan berdampak pada perubahan iklim dan akan menambah daftar risiko kesehatan lingkungan bagi manusia. Paparan terhadap perubahan-perubahan lingkungan di atas dapat menimbulkan berbagai problem kesehatan, seperti penyakit-penyakit terkait suhu dan cuaca ekstrem, penyakit yang menular lewat makanan, air dan vektor serta penyakit akibat pencemaran udara. Perubahan iklim akan memengaruhi suhu lingkungan dan juga kesehatan, seperti diperlihatkan pada gambar 9.3.

Banyak orang yang mungkin tidak tahu bahwa perubahan iklim juga memiliki potensi yang berpengaruh terhadap kesehatan manusia. Meskipun pemanasan global telah memberikan manfaat lokal yang artinya berdampak positif seperti adanya pengurangan jumlah kematian musim dingin di daerah beriklim sedang dan terdapat peningkatan produksi pangan di daerah-daerah tertentu, namun dampak perubahan iklim terhadap kesehatan secara keseluruhan cenderung sangat negatif.

Perubahan iklim pada dasarnya dapat berpengaruh pada kesehatan manusia baik secara langsung ataupun tidak langsung. Pengaruh secara langsung dapat terjadi karena paparan langsung dari perubahan pola cuaca, baik disebabkan perubahan temperatur, curah hujan, kenaikan permukaan air laut, dan peningkatan frekuensi cuaca ekstrim. Ancaman terhadap kesehatan manusia bahkan kematian akibat terjadinya cuaca ekstrim ini sudah tampak di beberapa daerah. Sedangkan pengaruh secara tidak langsung dapat terjadi akibat perubahan iklim yang memengaruhi faktor lingkungan seperti perubahan kualitas lingkungan (baik air, udara, dan makanan), penipisan lapisan ozon, penurunan sumber daya air, kehilangan fungsi ekosistem, degradasi lahan, dan tempat berlindung yang aman. Perubahan faktor-faktor tersebut pada akhirnya akan memengaruhi kesehatan manusia. (Avia, 2014)



**Gambar 9.4:** Pengaruh Perubahan Iklim, Suhu, Lingkungan dan Kesehatan (IPCC, 2007)

Walaupun efek perubahan iklim dan konsekuensi pemanasan global tidak dimengerti secara pasti, beberapa efek langsung terhadap pajanan peningkatan temperatur dapat diukur, seperti peningkatan kejadian penyakit yang berhubungan dengan kenaikan temperatur, peningkatan angka kematian karena gelombang udara panas seperti yang terjadi di Perancis tahun 2003. Kondisi iklim yang tidak stabil dapat juga menyebabkan peningkatan kejadian bencana alam, seperti badai, angin siklon puting beliung, kekeringan, dan

kebakaran hutan, yang berdampak terhadap kesehatan fisik dan mental masyarakat yang terserang (Keman, 2007).

Pola iklim yang terganggu juga menyebabkan efek tidak langsung terhadap kesehatan manusia. Efek terhadap pola hujan yang meningkatkan bencana banjir dapat menyebabkan peningkatan kejadian penyakit perut karena efeknya pada sumber air dan penyediaan air bersih, penyakit malaria, demam berdarah dengue, chikungunya dan penyakit lainnya yang ditularkan melalui rodent seperti leptospirosis. Efek tidak secara langsung ini menjadi sangat serius pada daerah di dunia dengan penduduk miskin.

Terdapat sejumlah penyakit yang diprediksi prevalensinya akan meningkat sebagai akibat perubahan iklim. WHO (2004), telah mengidentifikasi beberapa penyakit yang sangat besar kemungkinan karena perubahan iklim telah menyebabkan terjadinya wabah. Telah direkomendasikan memasang sistem peringatan dini untuk memonitor perubahan distribusi penyakit.

Beberapa penyakit yang bukan wabah juga berhubungan dengan perubahan iklim. Penggunaan teknologi dan penginderaan jarak jauh atau Geographical Information System (GIS) telah memungkinkan peningkatan pemetaan risiko beberapa penyakit, misalnya penyakit cacing perut. Terdapat sedikit variasi musim terhadap kejadian penyakit infeksi cacing, tetapi terdapat beberapa bukti bahwa kelembaban tanah adalah sangat penting dan sangat dipengaruhi oleh perubahan iklim dan presipitasi air hujan. (WHO, 2004)



**Gambar 9.5:** Dampak Perubahan Iklim pada Kesehatan (Erikania, 2020)

Pemetaan risiko secara geografis (geographical risk mapping) kecacingan seperti schistizomiasis dan filariasis telah ditangani dengan penggunaan data temperatur, presipitasi dan vegetasi.

Keman (2007), menyatakan bahwa penyakit diare merupakan penyebab signifikan kesakitan dan kematian secara global. Dua juta anak-anak meninggal setiap tahunnya di negara dengan penduduk berpenghasilan menengah ke bawah walaupun sudah ada peningkatan penggunaan oralit untuk terapinya. Kesakitan dan kematian tersebut berhubungan dengan pemakaian air yang tidak memenuhi syarat kesehatan serta hygiene dan sanitasi lingkungan yang tidak memadai. Walaupun demikian, diare juga masih menjadi masalah di negara dengan penduduk berpenghasilan menengah ke atas, karena diare tidak hanya berhubungan dengan higiene dan sanitasi lingkungan, tetapi juga berhubungan dengan praktek higiene dan keamanan pangan.

Terdapat variasi musiman dalam penyakit diare, di mana pada peningkatan temperatur berhubungan dengan peningkatan jumlah penderita diare yang masuk rumah sakit di semua bagian belahan bumi ini. Studi yang dilakukan di Peru menunjukkan bahwa penderita diare yang masuk rumah sakit meningkat sebanyak 4% untuk setiap peningkatan temperatur 10C di musim kemarau, dan meningkat 12% untuk setiap peningkatan temperatur 10C di musim penghujan. Di Fiji studi pada hal yang sama menunjukkan adanya peningkatan kasus bulanan 3% untuk setiap peningkatan temperatur per 10C. (Singh et al., 2001)

Perubahan iklim diprediksi berdampak terhadap penyakit diare seperti kolera, karena perubahan curah hujan menyebabkan banjir di musim penghujan yang berakibat epidemi dan sebaliknya terjadi kekeringan di musim kemarau. Perubahan ini juga berdampak terhadap penyediaan air bersih dan sanitasi yang adekuat, serta juga tersedianya makanan yang higienis dan kemampuan menerapkan praktek higiene yang baik pada tempatnya.

Di negara maju dilaporkan adanya kasus keracunan makanan di bulan-bulan musim panas. Salmonella adalah penyebab kedua terbanyak pada kasus keracunan makanan di England dan Wales dengan jumlah 30.000-40.000 kasus yang telah dikonfirmasi dengan pemeriksaan laboratorium per tahun, yang dengan demikian masih banyak kasus yang tidak terekam. Bakteri Salmonella tumbuh pada makanan pada suhu kamar dan menunjukkan hubungan linier sampai temperatur di atas 7-8oC. Penyimpanan makanan yang

sempurna meliputi pendinginan yang adekuat akan memperlambat dan bahkan menghentikan pertumbuhan bakteri. Penyakit juga menyebar dari satu orang ke orang lain dikarenakan praktek perilaku higiene yang tidak baik. Wabah Salmonella sering berhubungan dengan dengan praktek penanganan makanan yang kurang higienis dan kegagalan di industri makanan. Terdapat bukti yang kurang kuat untuk menghubungkan perubahan iklim dengan peningkatan penyakit diare yang disebabkan oleh Salmonella atau bakteri lainnya seperti Campylobacter, kecuali semakin tinggi temperatur pada musim panas akan semakin meningkat kemungkinan perilaku yang berisiko seperti piknik, sebagai penyebaran penyakit karena berhubungan praktek penjamahan makanan yang kurang higienis. (Patz and Frumkin, 2016)

Menurut Patz dan Frumkin (2016), pemanasan global yang terjadi menyebabkan perubahan iklim dan cuaca di seluruh dunia. Sebagian belahan dunia menjadi lebih kering, dan sebagian lagi menjadi lebih basah. Sebagian dunia ada yang menjadi lebih panas dan sebagian lagi menjadi lebih dingin. Semua itu memengaruhi spesies yang hidup di dalamnya, khususnya nyamuk yang sangat peka terhadap perubahan cuaca yang terjadi secara cepat. Perubahan iklim secara tidak langsung memengaruhi distribusi, populasi, serta kemampuan nyamuk dalam menyesuaikan diri.

Nyamuk *Aedes* sebagai vektor penyakit demam berdarah dengue (DBD) hanya berkembang biak pada daerah tropis yang temperaturnya lebih dari 16°C dan pada ketinggian kurang dari 1.000 meter di atas permukaan air laut. Namun sekarang nyamuk tersebut telah banyak ditemukan pada daerah dengan ketinggian 1.000–2.195 meter di atas permukaan air laut. Pemanasan global menyebabkan suhu beberapa wilayah cocok untuk berbiaknya nyamuk *Aedes*, di mana nyamuk ini dapat hidup optimal pada suhu antara 24–28°C. Karena itu mudah dipahami bahwa perubahan iklim karena pemanasan global memperluas ruang gerak nyamuk *Aedes* sehingga persebaran daerahnya menjadi lebih luas. Perluasan persebaran daerah ini akan meningkatkan risiko terjangkitnya penyakit DBD di suatu daerah yang sebelumnya belum pernah terjangkit. Secara umum dapat dikatakan bahwa perubahan iklim meningkatkan curah hujan yang berdampak pada meningkatnya habitat larva nyamuk sehingga meningkatkan kepadatan populasi nyamuk. Peningkatan kelembapan juga meningkatkan agresivitas dan kemampuan nyamuk menghisap darah dan berkembang biak lebih cepat (Keman, 2007).

Penelitian laboratoris menyebutkan bahwa tingkat replikasi virus Dengue berhubungan dengan kenaikan temperatur. Dalam penelitian ini ditunjukkan

dengan model pengaruh perubahan temperatur secara relatif akan memberikan kesempatan pada virus untuk memasuki populasi manusia yang rentan terhadap risiko terjangkit. Kenaikan suhu mempendek masa inkubasi virus dalam tubuh vektor (Patz and Frumkin, 2016).

Nyamuk *Anopheles* betina sebagai vektor penyakit malaria menyebarkan parasit plasmodium dari satu orang ke orang lainnya menyebabkan demam akut yang dapat berulang. Terdapat 1,1 juta kematian karena malaria setiap tahun terutama pada anak-anak. Malaria juga bertanggung jawab terhadap 40 juta kecacatan (disabilityadjusted life years atau DALYs) setiap tahunnya. Telah terdapat munculnya kembali malaria di sejumlah area karena resistensi terhadap obat dan insektisida (Keman, 2007).

Duarsa (2008), dalam penelitiannya menyimpulkan bahwa perubahan iklim dapat berpengaruh terhadap penyebaran penyakit malaria dengan cara: (1) peningkatan distribusi penyakit malaria, di mana saat ini epidemi malaria dibatasi oleh temperatur, sekarang mungkin terjadi di area yang baru; (2) atau sebaliknya menurunkan distribusi karena daerah ini menjadi terlalu kering untuk nyamuk untuk secara cukup jumlahnya menularkan penyakit; (3) peningkatan atau penurunan bulan-bulan penularan; (4) meningkatkan risiko wabah lokal di daerah di mana penyakit malaria diberantas tetapi vektor masih terdapat, seperti di Inggris atau Amerika Serikat.

Kondisi dampak tersebut seperti yang telah diuraikan ternyata telah mendapat respons yang positif oleh para pemangku kepentingan. Tahun 2009, WHO telah mengesahkan rencana kerja terkait perubahan iklim dan kesehatan yang meliputi : (Avia, 2014)

### 1. Advokasi

Kegiatan advokasi bertujuan untuk meningkatkan kesadaran bahwa perubahan iklim merupakan ancaman mendasar bagi kesehatan manusia.

### 2. Kemitraan

Program ini untuk berkoordinasi dengan lembaga-lembaga mitra dalam Perserikatan Bangsa-Bangsa (PBB) dan memastikan bahwa kesehatan benar-benar terwakili dalam agenda perubahan iklim.

### 3. Sains dan Bukti

Untuk mengoordinasikan review dari bukti ilmiah tentang hubungan antara perubahan iklim dan kesehatan, dan mengembangkan agenda penelitian global.

### 4. Penguatan Sistem Kesehatan

Untuk membantu negara-negara dalam menilai kerentanan kesehatan mereka dan membangun kapasitas untuk mengurangi kerentanan kesehatan terhadap perubahan iklim.

Sebagai makhluk hidup yang diberikan akal dan pemikiran serta sebagai masyarakat ilmiah, ada beberapa yang dapat kita lakukan untuk memperlambat perubahan iklim atau beradaptasi dengan perubahan yang sudah terjadi. Dengan cara ini, kita dapat mengurangi potensi dampak negatif perubahan iklim terhadap kesehatan manusia di antaranya :

1. Meningkatkan kesadaran bahwa perubahan iklim merupakan ancaman mendasar bagi kesehatan manusia, hal tersebut dapat dilakukan dengan memberikan informasi pada masyarakat tentang dampak perubahan iklim terhadap kesehatan melalui diskusi, poster dan brosur.
2. Mengurangi emisi gas rumah kaca yang bermanfaat untuk kesehatan, dengan cara melakukan promosi penggunaan moda transportasi umum yang aman dan gerakan aktif seperti bersepeda atau berjalan kaki. Penanaman pohon di daerah perkotaan yang dapat mengurangi tingkat ozon permukaan, partikulat, dan pencemaran lainnya.
3. Mengurangi penggunaan jumlah energi yang akan membantu memperlambat pemanasan global, dengan cara penggunaan peralatan energi yang efisien.
4. Menyediakan teknologi yang dirancang untuk menghilangkan kontaminan dari pasokan air di mana teknologi tersebut dapat membantu mengurangi risiko terkontaminasi, terutama di daerah di mana pasokan air terbatas dan masyarakat tergantung pada sumber air berkualitas buruk.

5. Meningkatkan penelitian terkait dampak perubahan iklim terhadap kesehatan dan kajian kerentanannya serta mensosialisasikan hasil penelitian tersebut kepada masyarakat.
6. Membangun kapasitas sistem kesehatan yang memadai untuk mengurangi kerentanan kesehatan terhadap perubahan iklim.

# **Bab 10**

## **Upaya Penanganan Pencemaran Lingkungan**

### **10.1 Pendahuluan**

Untuk memenuhi kebutuhan akan makanan maka berbagai aktivitas dilakukan manusia untuk mengelola sumber daya alam baik itu secara pribadi maupun, kelompok. Tentu dalam upaya untuk memenuhi kebutuhan tersebut maka manusia merubah lingkungan dengan tujuan untuk mendapatkan barang dan jasa. Pada awalnya manusia merubah lingkungan dengan cara cara yang sederhana. Namun seiring perkembangan jaman maka berbagai upaya dilakukan dengan menggunakan teknologi yang lebih maju sehingga hasilnya juga berbeda atau dapat dikatakan hasilnya semakin produktif dengan konsekuensi terjadilah namanya penggalian (ekplorasi) pemanfaatan (manipulasi) dan penggunaan eksploitasi terhadap lingkungan baik itu hayati maupun non hayati. Usaha pemanfaatan teknologi ini mulai dirasakan sejak revolusi industri di mana manusia berlomba lomba untuk menciptakan mesin mesin baru dengan harapan supaya produk-produk yang dihasilkan dapat segera dinikmati dalam waktu yang singkat. Hal ini dilakukan bukan hanya saja dalam industrialisasi namun juga dibidang pertanian ataupun perkebunan dengan cara membuka dan memperluas lahan secara pembakaran pembakaran. Nah tentu semua ini dilakukan untuk meningkatkan kualitas hidup manusia.

Dengan upaya upaya tersebut tentu bukan hanya dampak positif yang dihasilkan namun juga menghasilkan dampak negatif yaitu munculnya permasalahan permasalahan lingkungan. Permasalahan lingkungan muncul karena tidak adanya kesetimbangan ekologis antara lingkungan dan manusia atau sebaliknya atau kemampuan daya dukung lingkungan sudah berkurang, misalnya banyak industri membuang limbah cairnya ke badan air sehingga biota biota air terganggu. Banyak lagi permasalahan lingkungan lainnya seperti adanya pencemaran udara karena banyaknya aktivitas transportasi juga kebakaran. Permasalahan lingkungan itu sendiri dirasakan lebih berat sejak munculnya masalah penyakit yang berbau lingkungan akibat industrialisasi seperti penyakit mental yaitu penyakit minamata yang mengganggu syaraf maka masalah pencemaran lingkungan terangkat kepermukaan bumi.

Di Indonesia sendiri permasalahan lingkungan semakin hari semakin kompleks, apalagi akhir akhir ini di mana-mana sudah terjadi pencemaran contohnya sungai-sungai penuh dengan sampah sehingga dapat mengakibatkan banjir contohnya sungai Ciliwung di Jakarta, kabut asap yang tebal sehingga mengganggu transportasi udara, laut dan darat karena pembakaran lahan seperti baru baru ini di Riau dan masih banyak permasalahan lingkungan lainnya. Secara sadar atau tidak kita sadari bahwa permasalahan lingkungan ini sudah menjadi salah satu ancaman yang sangat berbahaya bagi kita apabila kita tidak berperan menjaga lingkungan atau bumi pertiwi kita.

## 10.2 Definisi dan Ruang Lingkup Pencemaran Lingkungan

Pencemaran lingkungan merupakan suatu hal yang tidak kita inginkan, namun setiap hari pencemaran ini semakin bertambah buruk sehingga membuat manusia semakin cemas akan dampaknya. Pencemaran lingkungan merupakan suatu pertanda bahwa lingkungan tersebut sudah berubah atau tidak sama dengan awalnya misalnya dengan banyaknya sampah sampah di halaman rumah kita atau terjadinya perubahan warna air menjadi kuning dan masih banyak contoh lain yang kita rasakan pencemaran dikehidupan kita sehari-hari tanpa kita sadari. Pencemaran lingkungan adalah apabila ada zat atau bahan lain yang masuk ke dalam lingkungan baik itu secara langsung ataupun tidak

langsung oleh kegiatan manusia ataupun aktivitas alam sehingga dapat menjadikan lingkungan berubah fungsi atau dengan kata lain adanya perubahan lingkungan, misalnya banyaknya sampah dibuang ke badan air sehingga fungsi air tersebut berubah, di mana awalnya sebelum sampah dibuang ke badan air maka air tersebut masih dapat dikonsumsi untuk air minum ataupun air bersih, namun dengan banyaknya sampah masuk ke badan air maka apabila air tersebut dikonsumsi untuk minum atau mandi maka dapat mengakibatkan gangguan kesehatan. Pencemaran lingkungan akan menyebabkan terjadinya penurunan kualitas lingkungan sampai satu batas tingkatan tertentu yang mengakibatkan lingkungan tersebut menjadi kurang dan tidak dapat berfungsi kembali sesuai dengan tatanannya.

Menurut WHO “The Well being of people is, in part, a reflection of a healthy environment and human health can be damaged by pollution, Pollution released into the air, water and soil can find their way into the human body as a result of breathing, eating and drinking, if pollutant levels are high, or if low doses are absorbed over long periods, sickness, disease and even death can result: Sedangkan menurut The Environmental Pollution Panel of President's Science Advisory Committee, USA “Environmental Pollution is the unfavorable alteration of our surroundings, wholly or largely as by-product or man's action, through direct or indirect effects of changes in energy patterns, radiation levels, chemical and physical constitution and abundances of organisms. These changes may affect man directly, or through his supplies of water and of agricultural and other biological products, his physical objects or possessions, or his opportunities for recreation and appreciation of nature” (Depkes, 1991).

Menurut Keputusan Menteri Lingkungan Hidup RI No: Kep-02/MENKLH/I/1988 bahwa pencemaran adalah masuk atau dimasukkannya makhluk hidup, zat, energi, dan/atau komponen lain ke lingkungan dan atau berubahnya tatanan lingkungan oleh kegiatan manusia atau proses alam, sehingga kualitas lingkungan turun sampai ke tingkat tertentu yang menyebabkan lingkungan menjadi kurang atau tidak dapat berfungsi lagi sesuai dengan peruntukannya (Didik Sarudji, 2010). Pencemaran lingkungan menurut UU Nomor 23 Tahun 1997 tentang Pengelolaan Lingkungan Hidup Pasal 1 butir 12 yang menyatakan bahwa pencemaran lingkungan adalah masuknya atau dimasukkannya makhluk hidup, zat, energi, dan/atau komponen lain ke dalam lingkungan hidup oleh kegiatan manusia sehingga kualitasnya turun sampai ke tingkat tertentu yang menyebabkan lingkungan hidup tidak dapat berfungsi sesuai dengan bentuknya (Arief Sumantri, 2010).

Mahluk hidup, zat atau energi yang dimasukan ke dalam lingkungan hidup biasanya merupakan sisa-sisa suatu usaha atau kegiatan manusia. Sisa kegiatan tersebut disebut dengan limbah baik itu limbah padat, cair maupun gas. Dengan demikian maka limbah tersebut merupakan salah satu penyebab timbulnya pencemaran lingkungan.

Menurut Undang-Undang Nomor 32 Tahun 2009 tentang Pengelolaan Lingkungan Hidup bahwa pencemaran lingkungan atau polusi terjadi karena masuknya atau dimasukkannya makhluk hidup, zat, energi, dan/atau komponen lain ke dalam lingkungan hidup, atau berubahnya tatanan lingkungan oleh kegiatan manusia atau 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 pada lingkungan rumah tangga. (Catur Puspawati dkk, 2019).

Pencemaran lingkungan ada beberapa macam yaitu pencemaran air (water pollution), pencemaran udara (atmosphere pollution/air pollution) dan pencemaran tanah (land pollution). Pencemaran udara menurut Kep.Men KLH RI no Kep-02/MENKLH/I/1988 adalah masuk atau dimasukkannya makhluk hidup, zat, energy, dan atau komponen lain ke dalam udara dan atau berubahnya tatanan udara oleh kegiatan manusia atau proses alam sehingga kualitas udara turun sampai ke tingkat tertentu yang menyebabkan udara menjadi kurang atau tidak dapat berfungsi lagi sesuai peruntukannya. (Didik Sarudji.2010). Berdasarkan Pasal 1 butir 11 Peraturan Pemerintah No. 82 Tahun 2001 disebutkan, bahwa pencemaran air adalah masuk atau dimasukkannya makhluk hidup, zat, energi dan atau komponen lain ke dalam air oleh kegiatan manusia, sehingga kualitas air turun sampai ke tingkat tertentu yang menyebabkan air tidak dapat berfungsi sesuai peruntukannya. Pencemaran tanah adalah dimasukkannya komponen lain tanah baik oleh kegiatan manusia secara langsung atau tidak langsung maupun akibat proses alam sehingga kualitas tanah turun sampai ke tingkat tertentu yang menyebabkan tanah menjadi kurang atau tidak dapat berfungsi lagi sesuai peruntukannya (Pramudia Sunu, 2001).

## 10.3 Sumber Pencemaran Lingkungan

Sesuai dengan pengertiannya bahwa pencemaran lingkungan dapat terjadi karena masuknya atau dimasukkannya sesuatu ke dalam lingkungan sehingga lingkungan berubah fungsi, maka pencemaran dapat bersumber dari alamiah dan aktivitas manusia. Pencemaran karena proses alamiah itu sendiri seperti adanya banjir, gunung meletus, erosi dan lain sebagainya, sedangkan aktivitas manusia seperti kegiatan industri yang menghasilkan limbah, kegiatan petani seperti pestisida dan lain sebagainya. Pada awalnya timbulnya pencemaran diawali dengan adanya kegiatan manusia yang ingin memperoleh barang dan jasa untuk memenuhi kebutuhannya seperti memanfaatkan sumber daya alam disekitarnya. Manusia menggunakan teknologi yang canggih sesuai perkembangan teknologi, namun tidak semuanya yang dikelola dapat dimanfaatkan namun ada barang yang dihasilkan tetapi tidak dapat dimanfaatkan atau dikelola sehingga muncullah namanya pencemaran lingkungan. Suatu tatanan lingkungan hidup dapat tercemar atau menjadi rusak disebabkan oleh banyak hal, namun yang paling utama dari sekian banyak penyebab pencemarnya suatu tatanan lingkungan adalah limbah. (Palar,1994) .

Secara umum penyebab pencemaran lingkungan adalah sebagai berikut:

### 1. Karena Aktivitas Pertanian

Pencemaran Lingkungan terjadi ketika sejak dilakukan pembukaan hutan baik melalui pembabatan maupun pembakaran. Pembukaan lahan pertanian dengan cara pembakaran hutan dianggap lebih murah dan cepat, akan tetapi dapat menghilangkan keanekaragaman hayati. Selain itu pola pertanian yang berpindah pindah juga dapat merusak lingkungan karena berubahnya fungsi hutan menjadi pandang rumput maupun padang pasir

### 2. Karena Kegiatan Perternakan

Salah satu kebutuhan hidup manusia berasal dari hewan seperti daging, kulit, dan susu . Kebutuhan manusia akan hewan – hewan ternak kian meningkat, sedangkan hewan ternak membutuhkan lahan dan kebutuhan pakannya sebagian besar berasal dari tumbuh-tumbuhan. Dengan pola penyebaran perternakan yang kurang tepat menimbulkan dapat mengakibatkan pencemaran pada lingkungan, karena dapat mempercepat ketandusan lahan.

### 3. Karena Industrialisasi

Pada awalnya kebutuhan untuk menggerakkan mesin industri yang digunakan kayu sebagai bahan bakar. Untuk itu maka pengundulan hutan tidak bisa dihindari. Hal tersebut diperparah lagi, karena tidak diimbangi dengan penerapan reboisasi yang baik dan kondisi tersebut masih berlangsung sehingga sekarang penerapan proses industrialisasi juga berpengaruh dengan meningkatnya eksploitasi minyak bumi. Seiring dengan meningkatnya proses industrialisasi berdampak pada pencemaran lingkungan.

### 4. Karena Pertambangan

Sektor pertambangan juga tak kalah pentingnya dibutuhkan untuk memenuhi kebutuhan industri. Pencemaran lingkungan yang berkaitan dengan pertambangan dan pengecoran logam mengakibatkan pencemaran udara oleh gas sulfur dioksida dan pencemaran air sehingga berdampak pada sektor pertanian dan sektor perikanan. Penambangan batu bara untuk berbagai keperluan secara berlebihan yang tidak diimbangi dengan reklamasi lahan bekas penambangan akan membawa bencana masalah lingkungan disekitarnya.

### 5. Karena Limbah Pemukiman/ Domestik

Limbah Domestik juga menjadi salah satu sumber utama dan penyebab pencemaran lingkungan yang memberikan dampak paling kentara terutama pada masyarakat perkotaan di Indonesia. Limbah pemukiman (rumah tangga) yang menjadi salah satu penyebab pencemaran diakibatkan oleh aktivitas manusia itu sendiri. Limbah pemukiman /limbah domestik berupa sampah organik dan sampah anorganik serta deterjen.

Menurut Suyono, (2002) pencemaran lingkungan dapat bersumber dari::

#### 1. Pencemaran Udara

Pada umumnya pencemaran udara dapat terjadi melalui:

- a. Pembakaran bahan bakar yang ingin mendapatkan energi panas dan tenaga.
- b. Bahan buangan kendaraan bermotor yang menggunakan bahan bakar bensin, solar minyak tanah seperti kereta api, pesawat dan lain lain

- c. Gas buang, debu dari energi panas dan beberapa dari kawasan industri termasuk pabrik kima, peleburan besi dan baja, industri semen dan keramik, aktivitas galian/ pertambangan dan stasiun pembangkit tenaga listrik.
- d. Akibat dari kegiatan manusia di dalam rumah tangga yang mempergunakan BBM, arang kayu untuk memasak, pembakaran sampah, pembakaran hutan untuk membuat ladang atau perkebunan juga hasil kegiatan merokok sedangkan menurut Didik Sarudji 2010 sumber pencemaran udara dari sumber bergerak seperti sarana transportasi baik udara, laut dan darat dan sumber tidak bergerak seperti proses industri dan pembuangan sampah padat.

## 2. Pencemaran Air

Pencemaran air dapat diakibatkan aktivitas alam seperti gunung meletus, banjir dan lain sebagainya maupun aktivitas manusia seperti pertanian, industri, limbah domestik dan lain sebagainya. Menurut Suyono dan Budiman 2002 bahwa pencemaran dapat terjadi karena adanya:

- a. Pencemaran karena bahan padat terlarut atau tersuspensi
- b. Pencemaran kimiawi
- c. Pencemaran fisik karena efek tingginya temperatur
- d. Pencemaran bakteriologi mikroba.

Hasil penelitian Khomaryatika dan Eram (2011) dalam penelitian Saudin Yuniarno, Kuswanto dan Agnes Fitria Widiyanto, menyatakan bahwa cemaran mikrobiologis terjadi karena faktor letak timba dan jarak jamban. Keberadaan mikroba akan sangat dipengaruhi oleh kondisi lingkungan di sekitarnya. Jarak jamban dan sumber pencemar lain yang berdekatan dengan sumur gali akan menambah cemaran dan timba yang diletakkan pada tempat yang tidak bersih akan menambah keberadaan mikroba. Cemaran bakteri coliform diakibatkan karena adanya limbah baik yang berasal dari limbah domestik maupun limbah industri. Bahan buangan organik yang berasal dari limbah industri maupun limbah rumah tangga pada umumnya berupa limbah yang dapat membusuk atau terdegradasi oleh mikroorganisme, sehingga hal ini dapat mengakibatkan semakin berkembangnya mikroorganisme dan mikroba patogen pun ikut juga berkembang biak di mana hal ini dapat mengakibatkan berbagai macam penyakit.

### 3. Pencemaran tanah

Pencemaran tanah dapat diakibatkan dari berbagai kegiatan atau sumber seperti:

#### a. Pembuangan sampah dan limbah cair

Seperti kita ketahui sampah dibuang diatas permukaan tanah sehingga dapat mengakibatkan terjadinya pencemaran tanah. Pada umumnya sampah berasal dari domestik seperti sampah kertas, plastik dan lain sebagainya.

#### b. Pengosongan lahan

Misalnya lahan atau tanah yang awalnya dimanfaatkan seperti industri, jalan kereta api tetapi lama kelamaan tidak dimanfaatkan sehingga dapat mengakibatkan lahan tersebut buruk dan tidak menarik lagi

#### c. Akibat adanya aktivitas pertanian

Untuk meningkatkan hasil produktivitas tanaman maka dipergunakanlah pupuk, namun namun disisi lain pupuk tersebut dapat mengakibatkan pencemaran tanah

#### d. Limbah industri

e. Termasuk juga dari pencemaran udara, di mana dengan turunnya hujan sehingga pencemar udara akan turun ketanah.

## 10.4 Dampak Pencemaran Lingkungan

Lingkungan memegang peranan yang sangat penting untuk kehidupan manusia. Lingkungan yang bersih pastinya akan memberikan dampak berupa kehidupan yang sehat. Sebaliknya lingkungan yang tercemar pasti akan menyebabkan berbagai dampak buruk. Beberapa dampak pencemaran lingkungan buruk yang dapat ditimbulkan dari adanya lingkungan yang tercemar antara lain sebagai berikut:

## 1. Pencemaran Air

Air yang tercemar dapat mengakibatkan berbagai dampak negatif yaitu:

- a. Terjadinya gangguan kesehatan karena adanya bahan-bahan logam, bahan organik, bakteri, virus dan lain sebagainya sehingga mengakibatkan berbagai penyakit seperti Methaemoglobinemia, gangguan per saluran pencernaan, gangguan ginjal, gangguan syaraf, kehilangan figmen, keracunan bahkan kematian dan gangguan kesehatan lainnya.
- b. Pencemaran air juga dapat mengakibatkan perubahan rasa dan warna dan bau sehingga mengurangi selera untuk mengonsumsinya, hal ini terjadi karena adanya zat Chclorofenol dan bahan organik lainnya dalam air
- c. Mengganggu vegetasi seperti perubahan morfologi pigmen dan kerusakan fisiologi sel tumbuhan, memengaruhi komposisi komunitas tanaman juga memengaruhi reproduksi tanaman.
- d. Dampak terhadap biota air. Banyaknya zat pencemar pada air limbah akan menyebabkan menurunnya kadar oksigen terlarut dalam air tersebut. Sehingga akan mengakibatkan kehidupan dalam air yang membutuhkan oksigen terganggu serta mengurangi perkembangannya.
- e. Memengaruhi kualitas material seperti adanya sifat keropos
- f. Memengaruhi kualitas tanah
- g. Dampak terhadap estetika lingkungan. Dengan semakin banyaknya zat organik yang dibuang ke lingkungan perairan, maka perairan ini akan semakin tercemar yang biasanya ditandai dengan bau yang menyengat di samping tumpukan tumpukan yang dapat mengurangi estetika lingkungan.
- h. Gangguan vegetasi seperti adanya perubahan morfologi, pigmen dan kerusakan fisiologis sel tumbuhan, memengaruhi komposisi komunitas tanaman dan memengaruhi proses reproduksi.

- i. Juga berdampak terhadap ekonomi tentunya biaya pemeliharaan dan biaya kesehatan meningkat. (Mukono, 2008 dan Arief Sumantri, 2017).

## 2. Pencemaran Udara

Seperti halnya dalam udara apabila ada zat lain masuk maka terjadi perubahan fungsi yang akibatnya muncul berbagai dampak seperti:

### a. Gangguan terhadap kesehatan manusia

Polutan udara dapat menjadi sumber penyakit virus, bakteri dan beberapa jenis cacing sehingga dapat mengganggu kesehatan manusia. Selain itu polutan udara juga berpotensi mengakibatkan alergi, penyakit infeksi, iritasi, saluran pernapasan bahkan juga penyakit kanker.

### b. Gangguan terhadap Hewan

Polutan udara yang mengandung arsen, timah dan bahan kimia lainnya dapat mengakibatkan hewan keracunan seperti halnya manusia. Di samping itu produksi hewanpun semakin kecil karena dengan polutan udara tumbuhan banyak yang mati sementara hewan membutuhkan tumbuh tumbuhan.

### c. Gangguan terhadap tumbuhan

Oleh karena adanya bahan pencemar dalam daun daunan maka proses pertumbuhan khususnya fotosintesis tanaman akan terganggu sehingga produksi tanaman juga berkurang

### d. Gangguan terhadap bukan makhluk hidup

Selain gangguan kesehatan manusia dan hewan ternyata pencemaran udara dapat mengakibatkan gangguan kepada benda lain atau diluar makhluk hidup seperti terjadinya kerusakan ozon, efek rumah kaca, peralatan rumah tangga dan lain sebagainya (Pramudya Sanu, 2001).

## 3. Pencemaran Tanah

Tanah tercemar dapat diakibatkan berbagai sumber baik secara alami maupun karena aktivitas manusia. Tanah yang tercemar dapat mengakibatkan seperti gangguan kesehatan seperti cacingan, cholera, salmonellosis, amuba typhoid

fever, leptospirosis, Q fever dan lain sebagainya, memengaruhi kesuburan tanah, mengakibatkan kecelakaan, menimbulkan gangguan estetika dan memengaruhi kualitas air

Sedangkan menurut Muslimah dalam Agri Samudra Dampak pencemaran tanah terhadap kesehatan tergantung pada tipe polutan, jalur masuk ke dalam tubuh dan kerentanan populasi yang terkena. Kromium, berbagai macam pestisida dan herbisida merupakan bahan karsinogenik untuk semua populasi. Timbal sangat berbahaya pada anak-anak, karena dapat menyebabkan kerusakan otak, serta kerusakan ginjal pada seluruh populasi. Paparan kronis terhadap benzena pada konsentrasi tertentu dapat meningkatkan kemungkinan terkena leukemia. Merkuri dan siklodiena dikenal dapat menyebabkan kerusakan ginjal, beberapa bahkan tidak dapat diobati. Organofosfat dan karmabat dapat menyebabkan gangguan pada saraf otot. Berbagai pelarut yang mengandung klorin merangsang perubahan pada hati dan ginjal serta penurunan sistem saraf pusat dan pencemaran tanah juga dapat memberikan dampak terhadap ekosistem.

Perubahan kimiawi tanah yang radikal dapat timbul dari adanya bahan kimia beracun/berbahaya bahkan pada dosis yang rendah sekalipun. Perubahan ini dapat menyebabkan perubahan metabolisme dari mikroorganisme endemik dan antropoda yang hidup di lingkungan tanah tersebut. Akibatnya bahkan dapat memusnahkan beberapa spesies primer dari rantai makanan, yang dapat memberi akibat yang besar terhadap predator atau tingkatan lain dari rantai makanan tersebut. Bahkan jika efek kimia pada bentuk kehidupan terbawah tersebut rendah, bagian bawah piramida makanan dapat menelan bahan kimia asing yang lama-kelamaan akan terkonsentrasi pada makhluk-makhluk penghuni piramida atas. Banyak dari efek-efek ini terlihat pada saat ini, seperti konsentrasi DDT pada burung menyebabkan rapuhnya cangkang telur, meningkatnya tingkat Kematian anakan dan kemungkinan hilangnya spesies tersebut. Dampak pada pertanian terutama perubahan metabolisme tanaman yang pada akhirnya dapat menyebabkan penurunan hasil pertanian. Hal ini dapat menyebabkan dampak lanjutan pada konservasi tanaman di mana tanaman tidak mampu menahan lapisan tanah dari erosi. Beberapa bahan pencemar ini memiliki waktu paruh yang panjang dan pada kasus lain bahan-bahan.

## 10.5 Upaya Penanganan Pencemaran Lingkungan

Pencemaran lingkungan dapat menimbulkan gangguan kesehatan maupun gangguan lingkungan maka perlu dilakukan upaya upaya pengendalian pencemaran lingkungan. Menurut UU no 32 tahun 2009 tentang Perlindungan-Dan-Pengelolaan-Lingkungan-Hidup bahwa upaya pengendalian terdiri dari pencegahan, pengendalian dan pemulihan. Upaya pencegahan adalah mengurangi sumber dampak lingkungan yang lebih berat. Ada pun penanggulangan atau pengendalian pencemaran lingkungan adalah upaya pembuatan standar bahan baku mutu lingkungan, pengawasan lingkungan dan penggunaan teknologi dalam upaya mengatasi masalah pencemaran lingkungan. Untuk membantu dalam pencegahan maka ada beberapa instrumen yang dipergunakan seperti yang tertera dalam UU no 32 tahun 2009 tentang Perlindungan-Dan-Pengelolaan-Lingkungan-Hidup yaitu :

- a. KLHS
- b. Tata ruang
- c. Baku mutu lingkungan hidup
- d. Kriteria baku kerusakan lingkungan hidup
- e. AMDAL
- f. UKL-UPL
- g. Perizinan
- h. Instrumen ekonomi lingkungan hidup
- i. Peraturan perundang-undangan berbasis lingkungan hidup
- j. Anggaran berbasis lingkungan hidup; k. analisis risiko lingkungan hidup
- k. Audit lingkungan hidup
- l. Instrumen lain sesuai dengan kebutuhan dan/atau perkembangan ilmu pengetahuan.

Pengendalian lingkungan adalah suatu upaya yang kita lakukan untuk menanggulangi pencemaran lingkungan sehingga lingkungan tetap lestari dan tetap terjaga kesetimbangan lingkungan. Secara umum ada dua macam cara untuk menanggulangi pencemaran lingkungan yaitu penanggulangan secara teknis dan secara nonteknis. (Wisnu Arya W, 2004).

### 1. Penanggulangan secara Teknis

Penanggulangan secara teknis adalah merupakan penanggulangan yang dilakukan melalui pengolahan bahan pencemar dengan menggunakan teknik atau alat yang sesuai dengan karakteristik dari polutan ataupun bahan pencemar. Dalam pemilihan cara ataupun alat yang digunakan dalam mengolah bahan pencemar tersebut sangatlah dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu:

- a. Mengutamakan keselamatan lingkungan atau lingkungan tidak berubah fungsi
- b. Teknologi yang akan digunakan dalam pengolahan tersebut harus benar benar dikuasai pemakaiannya
- c. Secara tehnis dan ekonomis harus dapat dipertanggungjawabkan.

Penanggulangan secara teknis ada beberapa macam seperti mengubah proses, mengganti sumber energi misalnya kalau jaman dahulu supaya mobil atau kereta dapat jalan maka mempergunakan mesin, namun akhir-akhir ini karena mesin yang mempergunakan bahan bakar menimbulkan pencemaran maka mesin yang menggunakan bahan bakar tadi diganti menjadi batre sehingga pencemaran udara dapat dikurangi, mengelola limbah misalnya pengolahan air secara primer, sekunder ataupun tertier, tergantung tingkat atau karakteristik limbah tersebut, menambah alat bantu misalnya filter udara, pengendap siklon, filter basah, pengendap eletrostatistik dan lain sebagainya

### 2. Penanggulangan Secara Non Teknis

Untuk mengurangi pencemaran lingkungan dari suatu usaha atau kegiatan maka penanggulangan secara non teknis juga dapat dilakukan. Penanggulangan secara non teknis adalah membuat suatu aturan atau peraturan perundangan yang dapat merencanakan, mengatur dan mengawasi segala macam kegiatan industri atau teknologi sedemikian rupa sehingga pencemaran dapat dihindari. Peraturan perundangan yang dibuat hendaknya dapat memberi gambaran yang jelas tentang kegiatan industri dan teknologi yang akan dilaksanakan, Ada beberapa contoh yang termasuk penanggulangan non teknis seperti PIL (Penyajian Informasi Lingkungan), AMDAL, perencanaan kawasan kegiatan industri dan teknologi, peraturan dan pengawasan kegiatan, menanamkan perilaku disiplin dan lain sebagainya.

Untuk mendapatkan hasil yang efektif dan optimal maka upaya pengendalian lingkungan atau menanggulangi dampak pencemaran lingkungan dilakukan dengan pendekatan pendekatan seperti (Catur Pupawati dkk, 2014):

### 1. Pendekatan Teknologi

Hal ini merupakan mitigasi lingkungan yang dilakukan melalui upaya pendekatan teknologi yang dapat dilakukan dengan cara memodifikasi lingkungan seperti perbaikan persediaan air bersih, tanki air atau reservoir di atas atau di bawah tanah dibuat anti nyamuk dan pengubahan fisik habitat jentik yang tahan lama dan memanfaatkan teknologi dalam pengolahan atau pengendalian bahan pencemar.

### 2. Pendekatan Sosial Ekonomi dan Budaya

Dalam system social pemanfaatan lingkungan sekitar perlu dicermati karena dapat meningkatkan eksploitasi lingkungan dan sumber daya alam. Selain itu, kemungkinan terjadi konflik sosial yang disebabkan perubahan sistem ekonomi dan mata pencaharian yang dapat menimbulkan terjadinya kesenjangan social. Pendekatan social ekonomi dan budaya yang di tempuh dalam menanggulangi dampak lingkungan di antaranya :

- a. Melibatkan masyarakat disekitar lokasi kegiatan untuk beradaptasi aktif dalam kegiatan mitigasi lingkungan..
  - b. Memprioritaskan penyerapan tenaga kerja setempat dalam pengendalian lingkungan.
  - c. Menjalin interaksi sosial yang hamonis antara pengusaha, pemerintah penduduk sekitar lingkungan.
- ### 3. Pendekatan Kelembagaan dan Stakeholder .

Kelembagaan merupakan salah satu unsure penting yang menentukan keberlanjutan dan berjalannya suatu program pengendalian lingkungan secara berkesinambungan. Kerjasama dan hubungan baik antara lembaga terkait dan stakeholder sangat diperlukan dalam penyusunan pedoman pengendalian lingkungan.

Berikut upaya upaya penanggulangan pencemaran lingkungan:

### 1. Upaya Pencemaran Air

Pengendalian ataupun Penanggulan pencemaran air di Indonesia di atur melalui Peraturan Pemerintah nomor 82 tahun 2001 yaitu tentang Pengelolaan Kualitas Pengendalian Pencemaran Air. Secara umum hal ini meliputi pencemaran air baik oleh instansi ataupun non instansi. Dalam peraturan tersebut dijelaskan, bahwa pemerintah, pemerintah provinsi, pemerintah kabupaten/kota sesuai dengan kewenangan masing-masing dalam rangka pengendalian pencemaran pada sumber air berwenang untuk:

- a. Menetapkan daya tampung beban pencemaran
- b. Melakukan inventarisasi dan identifikasi sumber pencemar
- c. Menetapkan persyaratan air limbah untuk aplikasi pada tanah
- d. Menetapkan persyaratan pembuangan air limbah ke air/ sumber air
- e. Memantau kualitas air pada sumber air
- f. Memantau faktor lain yang menyebabkan perubahan mutu air.

Salah satu upaya serius yang telah dilakukan dalam pengendalian pencemaran air adalah melalui Program Kali Bersih (PRO-KASIH). Program ini merupakan upaya untuk menurunkan beban limbah cair khususnya yang berasal dari kegiatan usaha skala menengah dan besar serta dilakukan secara bertahap untuk mengendalikan beban besar, serta dilakukan secara bertahap untuk mengendalikan beban pencemaran dari sumber sumber lainnya. Program ini juga berusaha untuk pemukiman dibantaran dengan melibatkan masyarakat setempat (KLH , 2004 ).

Pada prinsipnya ada dua upaya yang dilakukan untuk menanggulangi pencemaran air yaitu penanggulangan secara nonteknis dan secara teknis.( Arief Sumantri, 2015 )

- a. Penanggulangan secara nonteknis, yaitu suatu usaha untuk mengurangi pencemaran lingkungan dengan cara menciptakan peraturan perundangan yang dapat merencanakan, mengatur, dan mengawasi segala macam bentuk kegiatan industri dan teknologi sehingga tidak terjadi pencemaran.
- b. Penanggulangan secara teknis yaitu bersumber pada perlakuan industri terhadap perlakuan hubungannya, misalnya dengan

mengubah proses, mengelola limbah, atau menambah alat bantu yang dapat mengurangi pencemaran.

Penanggulangan pencemaran air ini sebaiknya dimulai dari diri kita sendiri. Dalam keseharian kita dapat mengurangi pencemaran air dengan cara mengurangi produksi sampah yang kita hasilkan setiap hari, selain itu, kita juga dapat pula mendaur ulang ( recycle ) sehingga lebih berharga dan mendaur ulang pakai ( reuse ) sampah ini. Kita pun memperhatikan bahan kimia yang kita buang dari rumah kita, karena saat ini kita telah menjadi masyarakat kimia yang menggunakan ratusan jenis zat kimia dalam keseharian kita, seperti mencuci, memasak, membersihkan rumah, memupuk tanaman dan sebagainya. Jadi semua masyarakat harus bertanggung akan berbagai sampah seperti makanan dalam kemasan kaleng, minuman dalam botol dan sebagainya, yang memuat unsur pewarna pada kemasannya dan kemudian terserap oleh air tanah pada tempat pembuangan air. Bahkan pilihan kita untuk bermobil atau berjalan kaki, turut menyumbangkan emisi asap atau hidrokarbon ke dalam atmosfer yang akhirnya berdampak pada siklus air alam.

Masyarakat harus merasa dirinya bertanggung jawab akan dampak pencemaran air, mulai dari hal yang kecil sampai yang besar misalnya membuang sampah pada tempatnya, membuang limbah dengan baik supaya tidak mencemari air, tidak membuang air besar ke sungai dan lain sebagainya. Apabila diri kita kita sadar akan tanggung jawab tersebut maka dampak pencemaran air pasti dapat dikendalikan. Melalui penanggulangan pencemaran ini di harapkan bahwa pencemaran akan berkurang, kualitas hidup manusia akan lebih ditingkatkan sehingga akan didapat sumber air yang aman, bersih dan sehat .

## 2. Upaya Pencemaran Udara

Pengertian pengendalian pencemaran udara adalah suatu usaha yang kita lakukan terhadap udara supaya kualitas udara terjamin atau tidak menimbulkan dampak walau kita hirup. Pengendalian yang dimaksud dapat saja berupa berupa pengendalian fisik, biologi ataupun kimia dan sebaiknya pengendalian ini dilakukan dihalaman terbuka atau diluar gedung. Pengendalian dilakukan pada sumber dan pengenceran supaya pencemarnya aman dan tidak menimbulkan bahaya. Alat pemisah debu dipilah dalam pemisahan secara mekanis, dengan cara penapisan, dengan cara basah dan cara elektrostatik dengan perlengkapan yang sesuai sehingga udara yang telah dibersihkan dapat

melindungi lingkungan. Perlengkapan pengendalian pencemaran udara mengikuti prinsip membuang partikel dan gas di atmosfer.

Upaya pencegahan pencemaran udara yang paling sederhana dan mudah dilaksanakan adalah dengan melindungi diri seperti pemakaian masker. Pencegahan yang dilakukan haruslah disesuaikan dengan kebutuhan dengan memperhatikan pengaruhnya terhadap kesehatan maupun lingkungan. Ada beberapa upaya untuk menanggulangi pencemaran udara yaitu (Pamudya Sunu, 2001):

#### Mencegah Pencemaran Udara berbentuk Gas

##### a. Adsorpsi

Adsorpsi merupakan proses melekatnya molekul polutan pada permukaan zat padat- adsorben- seperti karbon aktif dan silikat. Adsorben memiliki sifat untuk menyerap sehingga bahan polutan menempel pada adsorben. maka dengan demikian polutan udara dapat dikurangi.

##### b. Absorpsi

Absorpsi merupakan proses penyerapan yang memerlukan solven yang berguna untuk memisahkan polutan gas dengan konsentrasinya. Metode ini hampir sama dengan adsorpsi hanya metode ini mengalami kontak dengan cairan di mana hidrokarbon akan larut atau tersuspensi.

##### c. Kondensasi

Kondensasi merupakan proses perubahan uap air atau benda gas menjadi benda cair pada suhu udara dibawah titik embun. Kondensasi merupakan suatu cara yang kurang praktis untuk membersihkan polutan gas memiliki konsentrasi yang tinggi. Supaya kondensasi menghasilkan yang efektif maka sebaiknya diawali dengan proses adsorpsi. Penggunaan proses kondensasi ini biasanya digunakan untuk menghilangkan gas buang yang dilewatkan permukaan yang bersuhu rendah sehingga cairan hidrokarbon yang terkondensasi tetap tertinggal dan mudah dikumpulkan.

##### d. Pembakaran

Pembakaran ini dilakukan untuk menghancurkan gas hidrokarbon yang ada dalam polutan tentu dengan mempergunakan proses oksidasi panas atau incineration. Dengan incineration ini akan dihasilkan karbon dioksida dan air.

Pembakaran ini pada umumnya menggunakan suhu yang sangat tinggi bahkan sampai 1800 OF dan dalam penggunaannya harus memiliki cerobong asap atau exhaust fan. Metode insenerasi dapat menggunakan alat seperti api untuk oksidasi yang dilengkapi dengan hidrokarbon menjadi CO<sub>2</sub> dan air dan menggunakan katalis sehingga oksidasi hidrokarbon lengkap dapat terjadi pada suhu yang lebih rendah

### Mencegah Pencemaran Udara Berbentu Partikel

#### a. Filter

Filter udara dimaksudkan untuk menangkap debu atau polutan partikel yang ikut keluar pada cerobong atau stack pada permukaan filter, agar tidak ikut terlepas ke lingkungan sehingga hanya udara bersih saja yang keluar dari cerobong. Filter udara yang di pasang pada cerobong harus diperiksa secara periodic, bila sudah dalam kondisi jenuh yaitu jenuh penuh dengan debu harus segera diganti atau dibersihkan. Penggunaan filter udara seharusnya disesuaikan dengan sifat gas buangan yang keluar seperti berdebu banyak, bersifat asam, bersifat alkalis, dan sebagainya. Beberapa contoh jenis filter yang banyak digunakan seperti cotton, nylon, orlon, dacron, fibreglass, polypropylene , wool , omex , Teflon .

#### b. Filter Basah

Cara kerja filter basah atau scrubbers/wetcollectors adalah memebersihkan udara kotor dengan cara menyemprotkan air dari bagian atas alat, sedangkan udara yang kotor dari bagian bawah alat. Pada saat udara yang berdebu kontak dengan ar, maka debu akan ikut semprotan air turun ke bawah.

#### c. Elektrostatik

Alat pengendap elektrostatik dapat digunakan untuk membersihkan udara kotor dalam jumlah yang relative besar. Alat ini menggunakan arus searah (DC) yang mempunyai tegangan antara 25-100 kv, berupa tabung slinder di mana dindingnya diberi muatan positif, sedangkan ditengah ada sebuah kawat yang merupakan pusat slinder, sejajar dinding tabung diberi muatan negatif. Adanya perbedaan tegangan akan menimbulkan corona discharga disekitar puser slinder. Udara kotor menjadi ion negative sedangkan udara bersih menjadi ion negatif dan masing – masing akan menuju elektroda yang sesuai

#### d. Kolektor Mekanis

Mengendapkan polutan partikel yang ukurannya relatif besar dapat dengan menggunakan tenaga gravitasi. Cara kerjanya cukup sederhana yaitu dengan mengalirkan udara yang kotor ke dalam alat yang dibuat sedemikian rupa sehingga pada waktu terjadi perubahan kecepatan, partikel akan jatuh terkumpul di bawah akibat gaya beratnya sendiri (gravitasi). Menurut Mulia, 2005 bahwa pengendap sistem gravitasi adalah alat pengendap alat yang berupa tabung panjang yang dialiri polutan/debu secara perlahan jauh kebawah. Pengendapan siklon atau cyclone Separators adalah pengendapan debu yang ikut dalam gas buangan atau udara dalam ruang pabrik yang berbeda. Prinsip kerja pengendapan siklon ruang pabrik yang berdebu. Prinsip kerja pengendap siklon adalah pemanfaatan gaya sentrifugal dari udara/gas buangan yang sengaja di hembuskan melalui tepi dinding tabung siklon sehingga partikel yang relatif berat akan jatuh kebawah. Makin besar ukuran debu / partikel akan makin cepat di endapkan. Menurut Widjaya. 2006 ada 2 jenis cyclon yaitu hydroclone dan multicyclon. Hydrocyclone adalah cyclone yang fungsinya memisahkan padatan/gas polutan berdasarkan perbedaan gravitasi tiap komponen, sedangkan multicyklone adalah cylone yang dipasang bersama membentuk multicyclone yang berguna ketika harus menangani volume gas dalam jumlah besar dan efisiensi tinggi .

#### e. Melaksanakan Program Penghijauan

Tumbuh tumbuhan menyerap hasil pencemaran udara berupa karbon dioksida ( $\text{CO}_2$ ) dan melepaskan oksigen ( $\text{O}_2$ ). Tumbuhan – tumbuhan akan menghisap dan mengurangi polutan dengan melepaskan gas oksigen maka akan mengurangi jumlah polutan di udara. Jadi semakin banyak tumbuh tumbuhan kita tanami maka semakin bersih kualitas udara. Untuk itu pada industri sebaiknya menanam pepohonan baik tanaman muda atau tua diterapkan paling tidak untuk menyerap limbah gas yang dihasilkan dari industrinya.

#### f. Pencemaran Udara Secara Elektronik

Pencemaran udara secara elektronik (electronic air cleaner) dapat berfungsi untuk mengurangi polutan udara dalam ruangan. Udara yang mengandung polutan dilewatkan melalui alat ini sehingga udara yang ada dalam ruangan menjadi lebih bersih .

### g. Ventilasi Udara

Penggunaan dan penempatan ventilasi udara seharusnya disesuaikan dengan kebutuhan. Perhatian utama yaitu tercukupinya kebutuhan gas oksigen (O<sub>2</sub>) dalam ruangan serta menjadikan udara dalam ruang bebas dari berbagai polutan. Bila akan menggunakan exhaust fan, maka usahakan dekat dengan sumber pencemaran, agar polutan segera dapat keluar dari dalam ruangan. Ventilasi dapat diartikan dengan pengenceran penambahan udara bersih untuk menurunkan konsentrasi kontaminan udara dalam ruang kerja sampai pada tingkat yang tidak membahayakan kesehatan dan keselamatan kerja. Ventilasi dapat berlangsung dengan baik jika keadaan polutan tidak terlalu tinggi dan masih di atas NAB, pencemaran tidak merata serta toksisitas masih rendah (Adrianto, 2002).

Pencegahan pencemaran udara menurut Budiman Candra dibagi berdasarkan periode waktu yaitu:

#### Periode Waktu Jangka Pendek

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

#### Periode Waktu Jangka Panjang

- a. Melakukan perencanaan tata kota yang berwawasan lingkungan

- b. Memakai bahan bakar yang ramah lingkungan baik untuk industri maupun transportasi
- c. Membangun sarana transportasi bawah tanah
- d. Melakukan penghijauan disudut kota
- e. Membuat undang undang untuk menjaga kelestarian lingkungan

Upaya lain yang dilakukan untuk mengurangi pencemaran udara yaitu dengan menerapkan seperti Car Free Day, pada waktu waktu tertentu, menggantri transportasi yang memakai bahan bakar menjadi transportasi lain seperti naik sepeda apabila jaraknya tidak terlalu jauh dan mengganti mesin penggerak yang memakai bahan bakar dengan memakai batre.

### 3. Upaya Pencemaran Tanah

Tanah yang tercemar dapat mengakibatkan berbagai gangguan kesehatan juga memengaruhi kesuburan tanah serta lingkungan. Untuk itu perlu upaya upaya untuk mengendalikan pencemaran tanah tersebut. Adapun upaya upaya tersebut adalah:

1. Kontaminasi Tanah oleh polutan organik dan anorganik
  - a. Remediasi

Remediasi adalah suatu upaya yang dilakukan untuk membersihkan permukaan tanah yang tercemar untuk membersihkan permukaan tanah yang tercemar. Ada dua jenis remediasi tanah, yaitu: in-situ (on – site) dan ex- situ (off-site). Pembersihan on - site adalah pembersihan dilokasi. Pembersihan ini lebih murah dan lebih mudah, terdiri dari pembersihan, injeksi dan bioremediasi. Pembersihan offsite meliputi penggalian tanah yang tercemar dan kemudian dibawa ke daerah yang aman. Setelah itu di daerah aman, tanah tersebut dibersihkan dari zat pencemar. Caranya yaitu tanah tersebut disimpan dibak/tangki yang kedap kemudian zat pembersih dipompa ke bak/tangki tersebut. Selanjutnya zat pencemar di pompa di pompa keluar dari bak yang kemudian diolah dengan instalasi pengelolaan air limbah. Pembersihan *off-site* ini jauh lebih mahal dan rumit. Untuk memperoleh hasil remediasi yang efektif maka ada beberapa hal yang harus diperhatikan seperti macam dan sifat kimia pestisida, loka(site) yang terkontaminasi biasanya mengandung beberapa pestisida, penggunaan pestisida yang konsentrasi tinggi secara langsung bersifat meracun pada mikro organisme, senyawa kimia segera terbentuk pada

saat proses degradasi akan menghambat kehidupan mikro organisme (Sutanto, 2001).

#### a. Bioremediasi

Bioremediasi adalah pembersihan pencemaran tanah dengan menggunakan mikroorganisme (jamur, bakteri). Bioremediasasi untuk memecah atau mendegradasi zat pencemar menjadi bahan yang kurang beracun atau tidak beracun. Laju degradasi mikroba terhadap logam berat bergantung pada beberapa faktor, yaitu aktivitas mikroba, nutrisi, derajat kesamaan dan faktor lingkungan. Bioremediasi terbagi dua yaitu bioremediasi in-situ artinya dilakukan pembersihan di tempat terjadinya pencemaran dan bioremediasi ex-situ dilakukan pembersihan kesuatu lokasi atau tempat lain.

#### 4. Fitoremediasi

Fitoremediasi merupakan suatu sistem ketika tanaman tertentu yang bekerja sama dengan mikroorganisme dalam media (tanah, koral, dan air) dapat mengubah zat kontaminan (pencemar/polutan) menjadi kurang atau tidak berbahaya bahkan menjadi bahan yang berguna secara ekonomi. Proses dalam sistem ini berlangsung secara alami dengan enam tahap yaitu:

- (1) *Phytoaccumulation*, yaitu proses tumbuh menarik zat kontaminan dari media sehingga berakumulasi di sekitar akar tumbuhan proses ini disebut juga hyperaccumulation.
- (2) *Rhizofiltration* adalah proses adsorpsi atau pengendapan zat kontaminan oleh akar yang menempel pada akar. Proses ini telah dibuktikan dengan percobaan penanaman bunga matahari pada kolam yang mengandung zat radio aktif di Chernobyl Ukraina.
- (3) *Phytostabilization* yaitu penempelan zat kontaminan tertentu pada akar yang tidak mungkin terserap ke dalam batang tumbuhan. Zat-zat tersebut menempel erat (stabil) pada akar sehingga tidak akan terbawa oleh aliran air dalam media.
- (4) *Rhizodegradation* disebut juga enhanced rhizosphere biodegradation or planted – assisted bioremediation degradation, yaitu penguraian zat – zat kontaminan oleh aktivitas mikroba yang berada di sekitar akar tumbuhan. Misalnya ragi, fungi, dan bakteri.

- (5) *Phytodegradation* yaitu proses yang dilakukan tumbuhan untuk menguraikan zat-zat kontaminan yang mempunyai rantai molekul yang kompleks menjadi bahan yang tidak berbahaya dengan susunan molekul yang lebih sederhana yang berguna bagi pertumbuhan tumbuhan itu sendiri. Proses ini dapat berlangsung pada daun, batang, akar atau diluar sekitar oleh tumbuhan itu sendiri.
- (6) *Phytovolatilization* yaitu proses menarik dan transpirasi zat kontaminan oleh tumbuhan dalam bentuk yang telah menjadi larutan terurai sebagai bahan yang tidak berbahaya lagi untuk selanjutnya diuapkan ke atmosfer. Beberapa tumbuhan dapat menguapkan air 200–1000 liter per hari untuk setiap batang (Catur dkk, 2019).

Fitpremediasi memiliki beberapa keuntungan seperti:

- a. Biaya operasi lebih murah
- b. Tanaman juga dapat digunakan bahan bakar.
- c. Pencemaran pada tanah bisa berkurang secara alamiah
- d. Tanah juga akan mengalami perbaikan akibat adanya aktivitas akar.
- e. Tanah menjadi lebih subur kembali.
- f. Tanaman yang mampu menyerap unsur bernilai ekonomi seperti emas dan nikel bisa digunakan untuk pertambangan.
- g. Tanaman hiper akumulator masuk dalam kriteria tanaman dengan syarat tumbuh yang tidak membutuhkan nutrisi tinggi (Muslimah, 2015).

Untuk pemulihan tanah yang tercemar supaya kualitas tanah menjadi baik maka metode pengolahan yang dilakukan adalah (Arief sumantri, 2015):

1. Melakukan penyimpanan di mana tanah yang terkontaminasi digali dan dibawa ke sebuah tempat atau gudang penyimpanan
2. Teknik Ex-situ di mana tanah yang terkontaminasi digali dan diolah disuatu unit pengolahan dan pengolahan dilakukan dengan cara memisahkan bahan pencemar dan tanah, penguraian kontaminan dengan bantuan organisme, pemanfaatan energi panas untuk

- menguapkan kontaminan dari tanah, penggunaan uap ataupun bahan kimia untuk memisahkan antara bahan pencemar dan tanah.
3. Teknik In-situ yaitu pengolahan tanah yang dilakukan di tempat terjadinya pencemaran dengan, pemisahan kontaminan dan isolasi kontaminan agar tidak mendifusi sumber daya lingkungan lainnya.

## 10.6 Pengawasan Pencemaran Lingkungan

Untuk menjaga kelestarian lingkungan maka berbagai upaya pengendalian pencemaran dilakukan dan tetap dilaksanakan pengawasan. Pengawasan lingkungan hidup adalah kegiatan yang dilaksanakan secara langsung ataupun tidak langsung oleh pengawas lingkungan hidup untuk mengetahui ketaatan penanggung jawab usaha dan atau kegiatan terhadap peraturan dalam melakukan pengendalian pencemaran lingkungan.

Pengawasan lingkungan bertujuan untuk memantau, mengevaluasi dan menetapkan status ketaatan penanggung jawab usaha dan / atau kegiatan terhadap peraturan perundang undangan dibidang pengendalian pencemaran dan perusakan lingkungan hidup. Adapun sasaran dari pengawasan lingkungan hidup adalah mendapatkan data dan informasi status ketaatan suatu usaha atau kegiatan terhadap peraturan perundang undangan di bidang pengendalian pencemaran lingkungan atau kerusakan lingkungan, serta perizinan yang terkait.

Pengawasan ditujukan kepada seberapa besar penyimpangan yang didapatkan atau yang dialami lingkungan kemudian dibandingkan dengan standar yang dipersyaratkan sesuai undang undang yang ditetapkan. Apabila suatu badan usaha melakukan kegiatan atau aktivitas yang dapat mengakibatkan pencemaran lingkungan baik itu udara, tanah dan air maka perlu dilakukan tindakan seperti reprimand dan penalty. Pengawasan dapat dilakukan dengan berbagai upaya seperti upaya melalui program Komunikasi Informasi Edukasi (KIE) dan upaya melalui perundang undangan.

# Daftar Pustaka

- A Tresna Sastrawijaya (2000) Pencemaran Lingkungan. II. Jakarta: Rineka Cipta.
- Achmadi UF 2005. Manajemen penyakit berbasis wilayah. Jakarta: Kompas; .
- Achmadi. (1991). Epidemiologi Kesehatan Lingkungan; Working
- Adams, J., Bartram, J. and Chartier, Y. (2008) Essential environmental health standards in health care.
- Agnes Fitria Widiyanto (2015) Polusi air tanah akibat limbah industri dan limbah rumah tangga.
- Agusnar, H. (2007). Kimia Lingkungan. USU Press. Medan.
- Agustin, I., Tarwotho, U., & Rahadian, R. (2017). Perilaku bertelur dan siklus hidup *Aedes Aegypti* pada berbagai media air. *Jurnal Biologi*, 6(4), 71-81.
- Akiyama, Hiroko dan Haruo Tsuruta.(2003) Technical Reports, Atmospheric Pollutants and Trace Gases : Nitrous Oxide, Nitric Oxide, and Nitrogen Dioxide Fluxes from Soils after Manure and Urea Application. *Journal of Environmental Quality* 32 : 42.
- Alberm (2020) Zika Virus. Tersedia pada: [www.dreamstime.com](http://www.dreamstime.com).
- Aldrian, E., Karmini, M. B. and Budiman, B. (2011) Adaptasi dan mitigasi perubahan iklim di Indonesia. Pusat Perubahan Iklim dan Kualitas Udara, Kedeputian Bidang Klimatologi.
- Amanah, P. (2020) Rantai Penyakit TBV. Tersedia pada: <https://www.scribd.com/document/377269312/RANTAI-PENYAKIT-TBV>.
- Annual Book of ASTM Standards (1991), Atmospheric Analysis; Occupational Health and Safety. Vol. 11.03. D 1608 – 77. ASTM 1916 Race Street, Philadelphia – USA

- Apriyadi, E. (2018) 'Perilaku Higiene Perseorangan dengan Kejadian Demam Tifoid', *Jurnal Ilmiah Ilmu Keperawatan Indonesia*. doi: 10.33221/jiiki.v8i01.78.
- Ardianto (2002) 'Sistem Sirkulasi Udara Di Ruang Produksi', Fakultas Teknik, Jurusan Teknik Mesin USU.
- Arsyad KM, (2017), "Modul Konservasi Sumber Daya Air - Pelatihan Dasar Teknis Bidang Sda", Pusat Pendidikan Dan Pelatihan Sumber Daya Air Dan Konstruksi, Kementrian PUPR, tersedia pada : <https://simantu.pu.go.id/>, diakses pada 2 September 2020).
- Avia, L. Q. (2014) 'Apakah Perubahan Iklim Mempengaruhi Kesehatan Manusia?', *Media Dirgantara*, 9(2).
- Badan Pengelolaan Lingkungan Hidup Daerah Jakarta, 2013. Pengertian Pencemaran Udara.
- Basri, S. dkk. (2015). Analisis Risiko KEsehatan Lingkungan (Mdel Pengukuran Risiko Pencemaran Udara terhadap Kesehatan). *Jurnal Kesehatan* 7 (2).
- Bayong Tjasyono, HK.,(1987), *Iklim dan Lingkungan*, PT Cendekia Jaya Utama, Bandung.
- BMKG (2020) *Informasi Gas Rumah Kaca*, Badan Meteorologi, Klimatologi dan Geofisika RI.
- Boccolini, A. D. et al. (2012) "Impact of Environmental Changes and Human-Related Factors on the Potential Malaria Vector , *Anopheles labranchiae* (Diptera : Culicidae ) , in Maremma , Central Italy Impact of Environmental Changes and Human-Related Factors on the Potential Malaria Vector."
- Bratasida, I., (2002), *Tinjauan Dampak Pemanasan Global Dari Aspek Lingkungan Hidup*, Seminar Nasional 'Pengaruh Pemanasan Global terhadap Pesisir dan Pulau-Pulau Kecil', Badan Koordinasi Tata Ruang Nasional (BKRTN), 30 - 31 Oktober, Hotel Horison, Jakarta.
- Brugueras, S. et al. (2020) "Environmental drivers , climate change and emergent diseases transmitted by mosquitoes and their vectors in southern Europe : A systematic review," *Environmental Research journal*, 191. doi: 10.1016/j.envres.2020.110038.

- Budiyono, A. (2001). Pencemaran Udara : Dampak Pencemaran Udara Pada Lingkungan. Dirgantara.
- Cahyono, W. E. (2005). Dampak Peningkatan Radiasi Ultraviolet B terhadap Manusia. *Peneliti Bidang Pengkajian Ozon Dan Polusi Udara, LAPAN*, 5(1), 22–26.
- Caminade, C. et al. (2012) “Suitability of European climate for the Asian tiger mosquito *Aedes albopictus* : recent trends and future scenarios,” (April), hal. 2708–2717.
- Catur Puspawati (2019) Kesehatan Lingkungan. Jakarta: Buku Kedokteran EGC.
- Causal Concepts | Basicmedical Key (2017). Available at: <https://basicmedicalkey.com/causal-concepts/> (Accessed: 3 September 2020).
- David E Lilienfeld, (1994) Foundations of Epidemiology,
- DepKesRI (2007) Pokok-pokok Kegiatan dan Pengelolaan Gerakan Pemberantasan Sarang Nyamuk DBD, Depkes RI. Jakarta.
- Direktorat Kesehatan dan Gizi Masyarakat. (2018). Penguatan pelayanan kesehatan dasar di Puskesmas. Jakarta: Kementerian PPN/ Bappenas.
- Duarsa, A. B. S. (2008) ‘Dampak Pemanasan Global Terhadap Risiko Terjadinya Malaria’, *Jurnal Kesehatan Masyarakat Andalas*, 2(2), pp. 181–185.
- Ebi, K. L. dan Nealon, J. (2016) “Dengue in a changing climate,” *Environmental Research*. Elsevier, 151, hal. 115–123. doi: 10.1016/j.envres.2016.07.026.
- Entomology, V. (2007) “Population dynamics of pest mosquitoes and potential malaria and West Nile virus vectors in relation to climatic factors and human activities in the Camargue ,” hal. 350–357.
- Erikania, J. (2020) Tak Hanya Lingkungan, Perubahan Iklim Juga Mengancam Kesehatan Mental Kita - Semua Halaman - National Geographic, National Geographic Indonesia.
- Flagon, R.C. and Seinfeld, J.H. (1988). *Fundamental of Air Pollution Engineering*. New Jersey: Prentice-Hall, Inc.

- Fox, J. P., Hall, C. E. and Elveback, L. R. (1970) *Epidemiology Man and Disease* - AbeBooks. Collier-MacMillan Ltd. Available at: <https://www.abebooks.co.uk/book-search/title/epidemiology-man-and-disease/> (Accessed: 2 September 2020).
- Gandahusada et al. (1998) *Parasitologi Kedokteran*. ketiga. Jakarta: FKUI.
- Gaudillière, J.-P. dan Löwy, I. (2015) *Heredity and Infection: The History of Disease Transmission*. London: Routledge.
- Geison, G. L. (1995). *The private science of Louis Pasteur*. Princeton, New Jersey: Princeton University Press.
- Gopal, J. et al. (2020) "VectorInfo: A web resource for medically important Indian arthropod disease vectors," *Acta Tropica*. Elsevier, 211, hal. 105601. doi: 10.1016/j.actatropica.2020.105601.
- Guli, M. M. (2016). Patogenesis penyakit kolera pada manusia. *Biocelebes*, 10(2), 18-24.
- Hamzah, W., Afrianty, F., & Syam, N. (2020). Kejadian diare pada balita berdasarkan teori Hendrik L. Blum di Kota Makassar. *Media kesehatan Politeknik Kesehatan Masyarakat*, XV(1), 50-58. doi: <https://doi.org/10.32382/medkes.v15i1.1060>
- Harijanto, P. (2000) *Malaria: Epidemiologi, Patogenesis, Manifestasi Klinis, & Penganganan*. Jakarta: Penerbit Buku Kedokteran EGC.
- Hasil kesepakatan pertemuan internasional ahli epidemiologi di Amerika Serikat,(1991). *Epidemiologi Kesehatan Lingkungan*
- Heridianto Palar (1994) *Pencemaran dan Toksikologi Logam Berat*. Jakarta: Rineka Cipta.
- HJ. Mukono (2006) *Prinsip Dasar Kesehatan Lingkungan*. II. Surabaya: Airlangga University Press.
- HJ. Mukono (2008) *Pencemaran Udara dan Pengaruhnya Terhadap Gangguan Pernapasan*. III. Surabaya: Airlangga University Press.
- Ichtiakhiri, T. . and Sudarmaji (2015) 'Pengelolaan Limbah B3 dan Keluhan Kesehatan Pekerja di PT. Inka (Persero) Kota Madiun', *Jurnal Kesehatan Lingkungan*, 8(1), pp. 118–127. doi: 10.20473 / jkl.v8i1.2015.118-127.

- Ikhtiar, M. (2018) Pengantar Kesehatan Lingkungan. Available at: [https://www.researchgate.net/publication/326244166\\_Pengantar\\_Kesehatan\\_Lingkungan](https://www.researchgate.net/publication/326244166_Pengantar_Kesehatan_Lingkungan) (Accessed: 2 September 2020).
- Ikhtiar, M., & Andayanie, E. (2018). Pengantar Kesehatan Lingkungan. Makassar: CV.Social Politic Genius (SIGn).
- IPCC (2001) 'Climate Change 2000 : Special Report on Methodological and Technological Issues in Technology Transfer. Metz B, Davidson OR, Marten JM, van Rooijen S and Wie McGrovy (Eds).', New York: Cambridge University Press.
- IPCC (2007) AR4 Climate Change 2007: Synthesis Report.
- ISMAH, Z. (2018) 'Dasar Epidemiologi', Journal of Chemical Information and Modeling. doi: 10.1017/CBO9781107415324.004.
- Jaiswal, A. (2018) (PDF) Health and Environment. Available at: [https://www.researchgate.net/publication/328306919\\_Health\\_and\\_Environment](https://www.researchgate.net/publication/328306919_Health_and_Environment) (Accessed: 4 September 2020).
- Jeni. (2014), "Konservasi Air Sebagai Upaya Mengatasi Krisis Air Tawar", tersedia pada : <https://www.researchgate.net/>, (diakses pada 18 Agustus 2020).
- Jia, P. et al. (2016) "A climate-driven mechanistic population model of *Aedes albopictus* with diapause," *Parasites Vectors*, 9(1), hal. 1. doi: <https://doi.org/10.1186/s13071-016-1448-y>.
- Johnson-Walker, Y. J. and Kaneene, J. B. (2018) 'Epidemiology: Science as a Tool to Inform One Health Policy', *Beyond One Health: From Recognition to Results*, (August), pp. 3–30. doi: 10.1002/9781119194521.ch1.
- Kasnodihardjo, K. and Elsi, E. (2013) 'Deskripsi Sanitasi Lingkungan, Perilaku Ibu, dan Kesehatan Anak', *Kesmas: National Public Health Journal*. doi: 10.21109/kesmas.v7i9.14.
- Keman, S. (2007) 'Perubahan Iklim Global, Kesehatan Manusia dan Pembangunan Berkelanjutan', *Jurnal Kesehatan Lingkungan Unair*. Airlangga University, 3(2), p. 3934.
- Kompas.com (2020) "Konsep Epidemiologi",

- Koran Sindo (2018) 10 Problem Besar Lingkungan di Indonesia. Available at: <https://nasional.sindonews.com/berita/1302781/15/10-problem-besar-lingkungan-di-indonesia> (Accessed: 1 September 2020).
- Kraemer, M. U. et al. (2015) "The global distribution of the arbovirus vectors *Aedes aegypti* and *Ae. albopictus*," *eLife*, 4, hal. e08347. doi: <https://doi.org/10.7554/eLife.08347.002>.
- Last, J.M., Ed, (1988). A DICTIONARY OF EPIDEMIOLOGY
- Lee, H. W. (1982) "Hemorrhagic fever with renal syndrome (HFRS)," *Scand. J. Infect. Dis. Suppl*, 36, hal. 82–85.
- Lestari, W. (2020) Perubahan Iklim, Departemen Teknik Geofisika. Available at: <https://www.its.ac.id/tgeofisika/id/perubahan-iklim>.
- Little, L. K. (2011) "Plague historians in lab coats," *Past & Present* 213, 1, hal. 267–290.
- Liu-Helmersson, J. et al. (2019) "Climate change may enable *Aedes aegypti* infestation in major European cities by 2100," *Environmental Research*. Elsevier Inc., 172, hal. 693–699. doi: 10.1016/j.envres.2019.02.026.
- Liyana, Gerry Resmi. (2014), "Potensi Air Melimpah Tak Menjamin Indonesia Bebas Krisis Air", tersedia pada : <https://gerryliyana.weebly.com/>, (diakses pada 6 September 2020).
- Marlinae, L. et al. (2019) Buku Ajar Dasar-Dasar Kesehatan Lingkungan. Banjarbaru. Available at: <http://kesmas.ulm.ac.id/id/wp-content/uploads/2019/02/BUKU-AJAR-DASAR-DASAR-KESEHATAN-LINGKUNGAN.pdf> (Accessed: 29 August 2020).
- Marpaung, N., Santi, D. N. and Marsaulina, I. (2012) 'Hygiene Sanitasi Pengolahan Dan Pemeriksaan *Escherichia Coli* Dalam Pengolahan Makanan Di Instalasi Gizi Rumah Sakit Umum Pusat H. Adam Malik Tahun 2012', *Lingkungan dan Keselamatan Kerja*. University of North Sumatra, 1(2), p. 14620.
- Masrul, Abdillah, L. A., Tasnim, T., Simarmata, J., Daud, Sulaiman, O. K., . . . Faried, A. I. (2020). Panemik Covid-19: Persoalan dan refleksi di Indonesia. Medan: Yayasan Kita Menulis.

- Maulana, D. (2014) Kesehatan lingkungan. Available at: <https://www.slideshare.net/DickdickMaulana/kesehatan-lingkungan-34848180> (Accessed: 1 September 2020).
- Menteri Kesehatan RI (2011) 'Peraturan Menteri Kesehatan RI Nomor 1096/MENKES/PER/VI/2011 Higiene Sanitasi Jasaboga', Nomor Nomor Tambahan Lembaran Negara Republik Indonesia Nomor Tambahan Lembaran Negara Republik Indonesia Nomor 4975, 2008.
- Mine, V. (2020) Malaria vector illustration, mosquito bite blood infected disease. Tersedia pada: [www.dreamstime.com](http://www.dreamstime.com).
- Mukono, H.J. (2008). Pencemaran Udara dan Pengaruhnya Terhadap Gangguan Saluran Pernapasan. Surabaya : Airlangga University Press.
- Mulia Ricky (2005) Pengantar Kesehatan Lingkungan. I. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Mulyadi. (2015). Paparan Timbal Udara terhadap Timbal Darah, Hemoglobin, Cystatin C Serum Pekerja Pengecatan Mobil. *Jurnal Kemas*. 11 (1).
- Muslimah (2015) Dampak Pencemaran Tanah Dan Langkah Pencegahan. II. Jakarta: Agrisamudra.
- Nainggolan, L. et al. (2020) Belajar dari Covid-19: Perspektif Ekonomi dan Kesehatan – KITA MENULIS. Medan: Yayasan Kita Menulis. Available at: <https://kitamenulis.id/2020/07/05/belajar-dari-covid-19-perspektif-ekonomi-dan-kesehatan/> (Accessed: 20 August 2020).
- NIngrum, P. T. (2013) 'Gambaran Sanitasi Dasar Pengelolaan Limbah Rumah Tangga di Kecamatan Kaliwates Kabupaten Jember', *Jurnal IKESMA*, 9(2), pp. 83–96.
- Olanipekun et al. (2016) Towards Reducing the Burden of Global Environmental Related Health Problems in the 21st Century. Available at: <https://files.eric.ed.gov/fulltext/EJ1122540.pdf> (Accessed: 4 September 2020).
- Paper: Pentaloka Epidemiologi Kesehatan Lingkungan. (1994)).UF. Cordis L; McGraw Hill.
- Patz, J. A. and Frumkin, H. (2016) 'Climate change and human health', *Environmental health: From global to local*. John Wiley & Sons, 275.

- Pentaloka Epidemiologi Lingkungan, Ciloto, 28 Oktober dan 2 November 1991).
- Peraturan Menteri Kesehatan No. 416/Menkes/Per/IX/1990 tentang syarat-syarat dan Pengawasan Kualitas Air Peraturan Pemerintah Nomor 82 Tahun 2001 Tentang Pengelolaan Kualitas Air Dan Pengendalian Pencemaran Air
- Peraturan Pemerintah No. 82 Tahun 2001 (2001) 'Pengelolaan Kualitas Air minum dan Pengendalian Pencemaran air'.
- Peraturan Pemerintah RI No. 66 (2014) tentang Kesehatan Lingkungan. Available at: <https://peraturan.bpk.go.id/Home/Details/5507> (Accessed: 29 August 2020).
- Pramudya Sunu (2001) Melindungi Lingkungan Dengan Menerapkan ISO 14001. Jakarta: PT Gramedia Widiasarana.
- Punyod, A. (2020a) Stop or no sign circle with rat mosquito cockroach and Fly Insect vector set design. Tersedia pada: [www.dreamstime.com](http://www.dreamstime.com).
- Punyod, A. (2020b) Zika Virus Outbreak and Mosquito sucking blood on skin. Tersedia pada: [www.dreamstime.com](http://www.dreamstime.com).
- Purnama, Sang Gede. (2018), "Diktat Dasar Kesehatan Lingkungan", Program Studi Kesehatan Masyarakat, Fakultas Kedokteran, Universitas Udayana.
- Purnama, G. S. (2017) 'Dasar-Dasar Kesehatan Lingkungan', Program Studi Kesehatan Masyarakat, Fakultas Kedokteran, Universitas Udayana,.
- Purnama, S. G. (2017). Dasar-dasar kesehatan lingkungan. Denpasar, Bali: Universitas Udayana.
- Purnama, S. G. (2018) DASAR KESEHATAN LINGKUNGAN. Available at: [https://simdos.unud.ac.id/uploads/file\\_pondidikan\\_dir/75c439fb5997f527bf236384db4544ad.pdf](https://simdos.unud.ac.id/uploads/file_pondidikan_dir/75c439fb5997f527bf236384db4544ad.pdf) (Accessed: 2 September 2020).
- Putri, B. S. S. A. (2011) 'Hubungan Higiene Perseorangan, Sanitasi Lingkungan dan Status Gizi terhadap Kejadian Scabies Pada Anak (Studi kasus di Sekolah Dasar Negeri 3 Ngablak, Magelang)', Fakultas Kedokteran Universitas Diponegoro.
- Ratnani, R. D. (2008). Teknik Pengenalan Pencemaran Udara Yang Diakibatkan Oleh Partikel. *Momentum*, 4(2), 27–32.

- Resnik, D. B. and Portier, C. J. (2008) *Environment and Health*. Available at: <https://www.thehastingscenter.org/briefingbook/environmental-health/?/briefingbook/environmental-health/> (Accessed: 31 August 2020).
- Riyadi, Agus. (2012), "Pengelolaan Sumber Daya Air Yang Terpadu dan Berkelanjutan", tersedia pada : <https://uwityangyoyo.wordpress.com/>, (diakses pada 19 Agustus 2020).
- Said, Nusa Idaman. dan Widayat, Wahyu. (2014), "Pengisian Air Tanah Buatan, Pemanenan Air Hujan Dan Teknologi Pengolahan Air Hujan", Cetakan Pertama, Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi, BPPT Press, Jakarta.
- Sartorius, N. (2006) *The Meanings of Health and its Promotion*. Available at: [www.cmj.hr](http://www.cmj.hr) (Accessed: 27 August 2020).
- Schneider, M. C. et al. (2013) "Leptospirosis: A silent epidemic disease," *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 10(12), hal. 7229–7234. doi: 10.3390/ijerph10127229.
- Scholte, E. J. et al. (2010) "Introduction and control of three invasive mosquito species in the Netherlands , July-October 2010," *Eurosurveillance*, 15(45), hal. 19710.
- Sembiring Devi Justika, T. A. dan W. H. (2014) 'Higiene dan Sanitasi Pengelolaan Makanan dan Kepadatan Lalat pada Warung Makan di Pasar Tradisional Pasar Horas Pematangsiantar Tahun 2013', *Lingkungan dan Keselamatan Kerja*, 3(1).
- Sembiring, T. A., Hasan, W. and Justika, D. (2013) 'Higiene Dan Sanitasi Pengelolaan Makanan Dan Kepadatan Lalat Pada Warung Makan Di Pasar Tradisional Pasar Horas Pematangsiantar Tahun 2013', *Lingkungan dan Keselamatan Kerja*. University of North Sumatra, 3(1), p. 14457.
- Semenza, J. C. dan Suk, J. E. (2018) "Vector-borne diseases and climate change: a European perspective," (November 2017), hal. 1–9. doi: 10.1093/femsle/finx244.
- Setiawan, Budi. (2019), "Sumber Pencemaran Lingkungan", tersedia pada: <https://ilmulingkungan.com/> (diakses pada 7 September 2020).
- Shmaefsky, B. R. (2010). *Deadly diseases and epidemics: Yellow Fever*. New York: Chelsea House Publishers.

- Sidik, A. A. and Damanhuri, E. (2016) 'Study of Management of Hazardous Waste in the Laboratories of Itb', *Jurnal Teknik Lingkungan Volume*, 18(April), pp. 12–20.
- Simbolon, A. (2014) *Ilmu Kesehatan Masyarakat*. Available at: <https://www.slideshare.net/aldasimbolon/kapita-selekta-ikm> (Accessed: 2 September 2020).
- Singh, R. B. et al. (2001) 'The influence of climate variation and change on diarrheal disease in the Pacific Islands.', *Environmental health perspectives*. National Institute of Environmental Health Science, 109(2), pp. 155–159.
- Siregar, W., Chahaya, I. and Naria, E. (2017) 'Hubungan sanitasi lingkungan dan personal hygiene ibu dengan kejadian diare pada balita di lingkungan pintu angin Kelurahan Sibolga Hilir Kecamatan Sibolga Utara Kota Sibolga Tahun 2016', *Laporan Penelitian Universitas Sumatera Utara*. Diakses, 31.
- Siswanto, H. (2003) *Kamus Populer : Kesehatan Lingkungan*. 1st edn. Edited by P. Widyastuti. Jakarta: Penerbit Buku Kedokteran EGC.
- Soedomo, Moestikahadi. (2001). *Pencemaran Udara (Kumpulan Karya Ilmiah)*. Penerbit ITB, Bandung.
- Soegijanto, S. (2003) *Demam Berdarah Dengue*. Surabaya: Bina Ilmu.
- Soemirat, J. (2010) *Epidemiologi Lingkungan*. Yogyakarta: GADJAH MADA UNIVERSITY PRESS.
- Soesanto, Sri Soewasti. dan Irianti, Sri. (2001), "Pengelolaan Sumber Daya Air Bewawasan Kesehatan", *Media Litbang Kesehatan Volume XI Nomor 1*, tersedia pada ; <https://media.neliti.com/> (diakses pada 16 Agustus 2020).
- Suluh, D. G. (2020). *Sejarah perkembangan kesehatan lingkungan*. Kupang: Politeknik Kesehatan Kupang.
- Sumampouw, O. J. (2019) *Perubahan Iklim Dan Kesehatan Masyarakat*, Deepublish: Yogyakarta. Deepublish.
- Sumantri, A. (2015) *Kesehatan Lingkungan*. IV. Jakarta: Kencana.
- Sumantri, A. (2017). *Kesehatan Lingkungan*. Depok: Kencana.

- Sumantri, H. A. and SKM, M. K. (2017) Kesehatan Lingkungan-Edisi Revisi. Prenada Media.
- Sutanto (2001) 'Pencemaran Tanah dan air tanah oleh pestisida dan cara menanggulangnya', VII.
- Suyono dan Budiman (2016) Ilmu Kesehatan Masyarakat. Jakarta: EGC.
- Syarifudin (2012) 'Evaluasi Sistem Pengelolaan Limbah Padat B3 PT. Indofarma, TBK Bekasi', Teknik: Jurnal Ilmiah Bidang Ilmu Kerekayasaan, 29(3), pp. 214–219. doi: 10.1017/CBO9781107415324.004.
- Tambuwun, F., Ismanto, A. and Silonga, W. (2015) Hubungan Sanitasi Lingkungan dengan Kejadian Diare pada Usia Anak Sekolah di Wilayah Kerja Puskesmas Bahu Manado', Jurnal Keperawatan UNSRAT.
- Tarwoto & Wartonah. (2006) Kebutuhan Dasar Manusia Dan Proses Keperawatan. 3rd edn. Jakarta.
- Teks.Co.Id (2020) Kesehatan Lingkungan, <https://teks.co.id/kesehatan-lingkungan>.
- Tong, S. dan Ebi, K. (2019) "Preventing and mitigating health risks of climate change," Environmental Research. Elsevier Inc., 174, hal. 9–13. doi: 10.1016/j.envres.2019.04.012.
- Tugaswati, Tri A., Suzuki S., Kiryu Y., Kawada T. (1995). Automotive Air Pollution in Jakarta with Special emphasis on lead, Particulate, and nitrogen dioxide. Japan Journal of Health and Human Ecology 61: 75.
- Undang Undang Republik Indonesia Nomor 17 Tahun 2019 Tentang Sumber Daya air.
- Undang-undang no. 32 tahun 2009 (2009) 'Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup'.
- Undang-Undang RI No. 23 (1992) Tentang Kesehatan. Available at: <https://www.balitbangham.go.id/po-content/peraturan/uu.no.23.tahun.1992.tentang.kesehatan.pdf> (Accessed: 27 August 2020).
- Undang-Undang RI No.32 (2009) TENTANG PERLINDUNGAN DAN PENGELOLAAN LINGKUNGAN HIDUP. Available at: <http://extwprlegs1.fao.org/docs/pdf/ins97643bah.pdf> (Accessed: 29 August 2020).

- Undang-Undang RI No.36 (2009) Tentang Kesehatan. Available at: <https://jdih.kemenkeu.go.id/fulltext/2009/36tahun2009uu.htm> (Accessed: 27 August 2020).
- US Environmental Protect Agency. Air quality criteria for particulate matter [Internet]. 2013 [cited 2013 March 24]. Available from .
- Utami, T. N. (2016) Kesehatan Lingkungan. Available at: <http://mkm.helvetia.ac.id/wp-content/uploads/2016/12/S2-P7-KESEHATAN-LINGKUNGAN.pdf> (Accessed: 29 August 2020).
- Veridiana, N. N., Sumolang, P. P. F. and Chadijah, S. (2014) ‘Hubungan pengetahuan, perilaku, dan sanitasi lingkungan dengan angka kecacingan pada anak sekolah dasar di kota Palu’, *Media Penelitian dan Pengembangan Kesehatan*. National Institute of Health Research and Development, Indonesian Ministry ... , 24(1), p. 20695.
- Vinten-Johansen, P., Brody, H., Paneth, N., Rachman, S., & Rip, M. (2003). *Cholera*. Chlor. Oxford, New York: Oxford University Press.
- Wardhana, Wisnu Arya. (1995). *Dampak Pencemaran Lingkungan*. Penerbit Andi Offset. Yogyakarta.
- Wardhana, Wisnu Arya. (2004). *Dampak Pencemaran Lingkungan*. Penerbit Andi : Yogyakarta.
- WHO (2004) *Using climate to predict infectious disease outbreaks: A review*. World Health Organization.
- WHO (2006) *CONSTITUTION OF THE WORLD HEALTH ORGANIZATION*.
- Widjaja Tri (2006) *Pengendalian Pencemaran Udara*. Surabaya: Teknik Kimia ITS.
- Widuri, Tunjung Senja. (2019), “Memaknai Peringatan Hari Air Sedunia”, tersedia pada : <http://news.unair.ac.id/2019/03/22/43501/>, (diakses pada 19 Agustus 2020).
- Wiharja. (2002). *Identifikasi Kualitas Gas SO2 di Daerah Industri Pengecoran Logam Ceper*. Jakarta.
- Wisnu Arya Wardhana (2001) *Dampak Pencemaran Lingkungan*. Revisi. Yogyakarta: CV Andi Offset.

- 
- World Health Organization. (2002). Bahaya bahan kimia pada kesehatan manusia dan lingkungan. Jakarta: Penerbit Buku Kedokteran EGC;.
- World Health Organization. (2016). Western Pacific Regional Framework for Action on Health and Wnvironment on a changing planet. Manila, Philippines: World Health Organization, Regional Office for the Western Pacific
- Yuliatuti, R. and Cahyono, H. B. (2017) 'Efektifitas Pengolahan Limbah Cair Industri Asbes Menggunakan Flokulan dan Adsorben', Jurnal Teknologi Proses dan Inovasi Industri, 2(2), pp. 77–83.



# Biodata Penulis



Victor Trismanjaya Hulu, S.KM., M.Kes (Epid). Lahir di Nias, Sumatera Utara, Indonesia, dan merupakan putra pertama dari pasangan bapak Haogoli Hulu dan ibu Fatiliba Zebua, S,Pd.K serta suami dari Ikhtiari Gulo, S.KM. Penulis menyelesaikan kuliah S-1 di Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Sari Mutiara Medan, minat studi Epidemiologi (2006-2010) dan melanjutkan pendidikan ke jenjang Magister Kesehatan (S-2) di Program Pascasarjana Kesehaan Masyarakat Universitas Sumatera Utara, (2014-2016) dengan minat studi Epidemiologi. Saat ini bertugas sebagai dosen di Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Prima Indonesia, Medan-Sumatera Utara sejak tahun 2019-sekarang. Hingga saat ini penulis telah menulis buku ber-ISBN dan Bersertifikat HAKI sebanyak 3 buku baik yang ditulis secara mandiri atau kolaborasi, yaitu 1). Analisis Data Statistik Parametrik Aplikasi SPSS dan STATCAL Bidang Kesehatan. 2). Belajar Dari Covid-19 Perspektif Ekonomi dan Kesehatan. 3). Kita Menulis : Merdeka Menulis. 4). Buku keempat berjudul Memahami dengan Mudah Statistik Nonparametrik Bidang Kesehatan (Penerapan Software SPSS dan STATCAL) sedang proses editing naskah di penerbit nasional. Selain menulis dan meneliti, penulis juga memiliki skill dalam melakukan pengolahan dan analisis data penelitian dengan aplikasi SPSS, STATA, STATCAL, SmartPLS, WarpPLS, Lisrel, Amos dan ATLAS.ti.8, serta Mendeley, EndNote dan Zotero. Jika butuh bantuan hubungi penulis di web pribadi “victorhulu.com”



**DrPH. Tasnim, SKM., MPH**, lahir di Gresik, Jawa Timur pada tanggal 09 Mei 1966. Menyelesaikan studi Sarjana Kesehatan Masyarakat di Universitas Hasanuddin, Makassar pada tahun 1995. Menjadi alumnus Master of Public Health di Flinders University, South Australia pada tahun 2009 dan menyelesaikan program Doctor of Public Health di Flinders University, South Australia pada tahun 2014.

Saat ini menjabat sebagai Ketua STIKES Mandala Waluya Kendari untuk masa periode 2017 - 2021. Memulai karir di International Non-Government Organization untuk program Community Development and empowerment di CARE International Indonesia untuk periode tahun 1990 – 2001 dan di Lembaga AusAID untuk periode tahun 2001-2007. Menjadi dosen di STIKES Mandala Waluya Kendari sejak tahun 2010.



**Dr. Samsider Sitorus, SST, MKes**, Tempat dan Tanggal Lahir : Bukit Baringin / 09 Juni 1972, E-mail: samsidarsitorus@yahoo.co.id, Nomor Telepon/HP : 08126592472. Domisili di Kota Medan bekerja di Jurusan Kebidanan Politeknik Kesehatan Kemenkes Medan dan di berdayakan di S2 Ilmu Kesehatan Masyarakat di Institute Helvetia Medan. Sudah menerbitkan beberapa artikel di Journal Internasional yang bereputasi dengan yang berindeks Scopus dengan

Id scopus 57194779166. Pernah mereview artikel di Journal yang berindeks Scopus dan menjadi reviewer di Jurnal Kesehatan Global Helvetia Medan



**Luthfi Parinduri**, sejak lahir hingga menyelesaikan pendidikan SMA di Pematang Siantar. Meneruskan pendidikan dan memperoleh Gelar Sarjana Teknik Industri (S1) dari Universitas Sumatera Utara (USU) Medan. Gelar Magister Manajemen (S2) dari Universitas Islam Sumatera Utara (UISU) Medan. Sebelum menjadi Dosen pernah bekerja di Bank Duta dengan Jabatan terakhir Asistant Vice President Corporate Banking. Hingga saat ini sebagai Dosen di Progran Studi Teknik

Industri, Fakultas Teknik - UISU. Pernah sebagai Ketua Jurusan pada (1996-1999) dan (1999-2003), Kepala Biro Administrasi Umum UISU (2004-2011) dan Dekan Fakultas Teknik UISU (2011-2014). Sekretaris Pusat Pengkajian dan Informasi Lingkungan Hidup UISU (2014-2019). Saat ini mendapat tugas tambahan sebagai Kepala Unit Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat (UPPKM) dan sebagai Editorial Team di Journal of Electrical Technology (JET) Fakultas Teknik UISU.



**Efbertias Sitorus, S.Si., M.Si.** lahir di Medan pada tanggal 22 Mei 1992 merupakan anak ke dua dari pasangan Ls. Drs. Edward Sitorus, M.Si / Juliana br. Tarigan, S.Pd memiliki latar belakang sarjana Nonkependidikan Kimia pada tahun 2014 di Universitas Negeri Medan. Menyelesaikan studi S2 Magister Ilmu Kimia di Universitas Sumatera Utara. Saat ini bertugas di Universitas Methodist Indonesia. Mulai aktif menulis buku tahun 2019 sampai sekarang. Tema yang digemari dalam penulisan buku adalah pendidikan, kerohanian, dan lain-lain. Penulis dapat dihubungi melalui email : [efbertias.s92@gmail.com](mailto:efbertias.s92@gmail.com).



**Dr. Ir. Muhammad Chaerul, ST, S.KM, M.Sc** adalah putra kelahiran Wawondula, dari pasangan Mustaring Beddu dan Hj. Herniati Tagily. Sarjana Teknik Geologi diperoleh dari Jurusan Teknik Geologi, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin tahun 2007. Sarjana Kesehatan Masyarakat Prodi Kesehatan Lingkungan di dapatkan pada tahun 2014. Master of Science diperoleh dari Program studi Magister Pengelolaan Lingkungan, Sekolah Pasca Sarjana, Universitas Gadjah Mada tahun 2011. Program Doktor diperoleh dari Program Studi Ilmu Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin tahun 2016. Sedangkan Profesi Insinyur diperoleh dari Program Profesi Insinyur, Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin 2020 dengan Insinyur Profesional Madya di Bidang Teknik Lingkungan.



**Ratna Puspita, MSi** dilahirkan di Kudus pada 26 Juli 1995. Ratna menyelesaikan pendidikan Sarjana Kimia di Fakultas MIPA Universitas Brawijaya tahun 2017 dan pendidikan Magister Biokimia di Fakultas MIPA Institut Pertanian Bogor tahun 2019. Ratna mendapatkan financial support dari Beasiswa Unggulan Kemendikbud tahun 2017-2019. Ratna merupakan dosen Biokimia di Fakultas Kedokteran, Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jakarta. Ratna aktif melakukan kolaborasi penelitian maupun penulisan buku di bidang kimia, biologi, biokimia, biomedis, dan bioteknologi serta bidang ilmu lain yang berkaitan dengan kesehatan. Fokus utamanya merupakan pemanfaatan bahan alam untuk terapi melalui berbagai metode. Artikel ilmiah hasil penelitian dan kegiatan akademik Ratna dapat diakses melalui id google scholar: Pyd5UQQAAAAJ serta Youtube dan Website: Dunia Ratna ([www.duniaratna.com](http://www.duniaratna.com)).



**Efendi Sianturi, SKM., MKes**, lahir di Rajamaligas pada tanggal 16 Juli 1966. Ia menyelesaikan kuliah dan mendapat gelar Sarjana Kesehatan Masyarakat pada tahun 1997. Ia merupakan alumnus Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Sumatera Utara. Pada tahun 2002 mengikuti Program Magister Kesehatan Masyarakat dan lulus pada tahun 2004 dari Pasca sarjana Magister Kesehatan Masyarakat Universitas Sumatera Utara. Pada tahun 2001 diangkat menjadi Dosen Politeknik Kesehatan Kementerian Kesehatan di Jurusan Kebidanan Medan. Tahun 2018 mengikuti Program S3 di Manajemen Pendidikan Universitas Negeri Medan. Sudah banyak menulis buku: Organisasi & Manajemen Pelayanan Kesehatan, Kesehatan Masyarakat, Bunga Rampai Ekonomi dan Pembiayaan Pendidikan (berkolaborasi) Manajemen Sumber Daya Manusia (Berkoaborasi), Belajar dari Covid -19 Perspektif Ekonomi & Kesehatan (Berkolaborasi), Kita Menulis Merdeka Menulis (Berkolaborasi), Gizi & Kesehatan (Berkolaborasi).



**Marulam MT Simarmata** lahir di Pematangsiantar pada 04 Desember 1971, menyelesaikan pendidikan Sarjana Pertanian di Fakultas Pertanian Program Studi Kehutanan Universitas Simalungun tahun 1997 dan selanjutnya mengabdikan sebagai dosen Kehutanan di Fakultas Pertanian USI sampai dengan sekarang. Menyelesaikan pendidikan Strata Dua di institusi yang sama tahun 2011. Sejak Tahun 2019 diberikan kepercayaan sebagai Ketua Lembaga Pengabdian kepada Masyarakat Universitas Simalungun (LPM-USI). Sejak Tahun 1990 terdaftar sebagai Relawan dan Pengurus

PMI Kota Pematangsiantar sampai dengan sekarang.

#### **Seri Asnawati Munthe, SKM., M.Kes (Kesling)**



Lahir pada tanggal 27 Pebruari 1971 di Pangambatan Kecamatan Merek Kabupaten Karo, Sumatera Utara, Indonesia, dan merupakan putri ketiga dari pasangan Bapak Johan Munthe dan Ibu Sintalina Manjorang serta istri dari Petrus Sembiring. Penulis menyelesaikan kuliah D3- di Akademi Penilik Kesehatan Medan di Kabanjahe tahun 1993 dan tahun 2000 -2002 melanjut S-1 di

Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Sumatera Utara peminatan kesehatan lingkungan serta melanjutkan S-2 di Program Pascasarjana Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Sumatera Utara, (2008-2010) dengan minat studi Kesehatan Lingkungan. Bekerja sebagai staf dosen di Akademi Kesehatan Lingkungan Sari Mutiara Medan sejak tahun 1994-20002 dan 2002 sampai Saat ini bertugas sebagai dosen di Program Studi Kesehatan Masyarakat Fakultas Farmasi dan Ilmu Kesehatan Universitas Sari Mutiara Indonesia, Medan-Sumatera Utara.



# KESEHATAN LINGKUNGAN

Seiring dengan perkembangan teknologi saat ini, pembangunan industri juga semakin berkembang. Akibat dari perkembangan industri tersebut, hal ini dapat berpengaruh pada kualitas lingkungan dan kesehatan masyarakat. Dengan demikian agar masyarakat lebih memahami paradigma sehat maka masyarakat harus mengetahui upaya pencegahan penyakit serta interaksi antara agen, pejamu dan lingkungan yang merupakan sebuah proses terjadinya penyakit pada masyarakat atau penduduk.

Penulisan buku ini bertujuan untuk membantu para mahasiswa/i S1, S2 dan S3 bidang Ilmu Kedokteran dan Kesehatan Masyarakat yang berminat mempelajari atau mendalami ilmu kesehatan lingkungan. Buku ini sangat direkomendasikan kepada mahasiswa/i atau dosen dan praktisi untuk menambah pemahaman tentang kesehatan lingkungan, serta dapat dijadikan sebagai buku referensi dalam menyusun Tugas Akhir.

Pembahasan Buku ini meliputi:

Bab 1 Teori Dasar Kesehatan Lingkungan

Bab 2 Perkembangan Kesehatan Lingkungan

Bab 3 Hygiene dan Sanitasi

Bab 4 Pengelolaan Sumber Daya Air

Bab 5 Pencemaran Udara

Bab 6 Limbah Padat, Cair Dan Bahan Berbahaya Beracun

Bab 7 Vektor Penyakit

Bab 8 Epidemiologi Kesehatan Lingkungan

Bab 9 Perubahan Iklim dan Kesehatan Lingkungan

Bab 10 Upaya Penanganan Pencemaran Lingkungan



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

ISBN 978-623-94636-4-9



9 786239 463649