



DASAR DASAR KESEHATAN LINGKUNGAN



Fahrul Islam • Yoga Priastomo • Eni Mahawati • Nurul Utami • Indah Budiastutik
Miftah Chairani Hairuddin • Fitria Fatma • Fajar Akbar • Windi Indah Fajar Ningsih
Ridhayani Adiningsih • Dwi Septiawati • Askur • Edi Purwono

DASAR DASAR 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).

Dasar-Dasar Kesehatan Lingkungan

Fahrul Islam, Yoga Priastomo, Eni Mahawati, Nurul Utami
Indah Budiastutik, Miftah Chairani Hairuddin, Fitria Fatma
Fajar Akbar, Windi Indah Fajar Ningsih, Ridhayani Adiningsih
Dwi Septiawati, Askur, Edi Purwono



Penerbit Yayasan Kita Menulis

Dasar-Dasar Kesehatan Lingkungan

Copyright © Yayasan Kita Menulis, 2021

Penulis:

Fahrul Islam, Yoga Priastomo, Eni Mahawati, Nurul Utami
Indah Budiastutik, Miftah Chairani Hairuddin, Fitria Fatma
Fajar Akbar, Windi Indah Fajar Ningsih, Ridhayani Adiningsih
Dwi Septiawati, Askur, Edi Purwono

Editor: Alex Rikki

Desain Sampul: Devy Dian Pratama, S.Kom.

Penerbit

Yayasan Kita Menulis

Web: kitamenulis.id

e-mail: press@kitamenulis.id

WA: 0821-6453-7176

IKAPI: 044/SUT/2021

Fahrul Islam., dkk.

Dasar-Dasar Kesehatan Lingkungan

Yayasan Kita Menulis, 2021

xiv; 206 hlm; 16 x 23 cm

ISBN: 978-623-342-115-7

Cetakan 1, Juni 2021

- I. Dasar-Dasar Kesehatan Lingkungan
- II. Yayasan Kita Menulis

Katalog Dalam Terbitan

Hak cipta dilindungi undang-undang

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

Kata Pengantar

Puji syukur kami panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa yang telah memberikan berkat, rahmat dan karunia-Nya sehingga kami dapat menyelesaikan buku "Dasar-Dasar Kesehatan Lingkungan" yang disusun secara bersama-sama oleh beberapa penulis yang dipersembahkan sebagai salah satu bukti pengabdian kepada ilmu pengetahuan dan sebagai pengembangan keilmuan.

Manusia dalam menjalani kehidupannya dipastikan berinteraksi dengan lingkungan disekitarnya. Interaksi ini berpengaruh terhadap kualitas kesehatan manusia. Kesehatan lingkungan berperan penting dalam rangka mengendalikan atau mencegah cedera, kecatatan dan penyakit terkait dengan interaksi antara manusia dan lingkungannya. Kualitas lingkungan yang buruk memiliki dampak terbesar pada status kesehatan manusia.

Kami sangat berharap buku ini dapat berguna dalam rangka menambah wawasan serta pengetahuan pembaca mengenai konsep ekologi kesehatan lingkungan; Konsep terjadinya penyakit terkait lingkungan; Paradigma Epidemiologi Kesehatan Lingkungan; Pencemaran Lingkungan dan Kesehatan; Manajemen Sumber Daya Air;Aspek kesehatan dan penyediaan air bersih; Pengelolaan Air Limbah dan Tinja; Pengelolaan Sampah Medis; Penyehatan Makanan dan Minuman; Kesehatan Lingkungan; Kesehatan Lingkungan Disaster; Radiasi Lingkungan; serta Higiene dan sanitasi.

Para penulis berharap semoga buku ini dapat bermanfaat bagi pembaca serta dapat memberikan sumbangsih bagi pengembangan ilmu

pengetahuan terutama di bidang kesehatan lingkungan. Para penulis tetap mengharapkan saran dan kritik yang membangun dari pembaca demi kesempurnaan buku ini. Kepada semua pihak yang telah membantu penulisan ini kami ucapkan banyak terima kasih.

Mamuju, Juni 2021

Fahrul Islam

Daftar Isi

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

Bab 1 Konsep Ekologi Kesehatan Lingkungan

1.1 Pendahuluan	1
1.2 Konsep Ekologi	3
1.3 Ekologi dan Kesehatan Lingkungan	4
1.4 Konsep Kesehatan Lingkungan.....	6
1.5 Masalah Kesehatan Lingkungan di Indonesia.....	8

Bab 2 Konsep Terjadinya Penyakit Terkait Lingkungan

2.1 Pendahuluan	13
2.2 Model Teori Blum.....	14
2.2.1 Lingkungan	15
2.2.2 Gaya hidup.....	16
2.2.3 Keturunan	17
2.2.4 Pelayanan kesehatan	17
2.3 Model teori John Gordon.....	18
2.3.1 Agen	18
2.3.2 Host	19
2.3.3 Lingkungan	19
2.4 Model Teori Modern (contemporary model).....	22

Bab 3 Paradigma Epidemiologi Kesehatan Lingkungan

3.1 Pendahuluan.....	25
3.2 Epidemiologi Kesehatan Lingkungan.....	26
3.3 Paradigma Kesehatan Lingkungan	29
3.4 Studi Epidemiologi Kesehatan Lingkungan.....	33

Bab 4 Pencemaran Lingkungan dan Kesehatan

4.1 Pendahuluan	37
4.2 Pencemaran Lingkungan	38
4.2.1 Sumber dan Bahan Pencemar	39
4.2.2 Parameter dan Jenis Pencemaran Lingkungan.....	41
4.3 Lingkungan dan Kesehatan	43
4.3.1 Pengaruh Lingkungan terhadap Kesehatan	43
4.3.2 Dampak Pencemaran Lingkungan terhadap Kesehatan.....	44

Bab 5 Manajemen Sumber Daya Air

5.1 Pengertian Manajemen/Pengelolaan Sumber Daya Air	49
5.1.1 Pengertian-pengertian	49
5.1.2 Konsep Pengembangan Sumber Daya Air	51
5.1.3 Permasalahan dan Mengapa Manajemen Sumber Daya Air Diperlukan.....	51
5.2 Perkembangan dan Arah Penerapan Pengelolaan dan Manajemen Sumber Daya Air	56
5.3 Strategi Program Manajemen Sumber Daya Air	60

Bab 6 Aspek Kesehatan dan Penyediaan Air

6.1 Pendahuluan	61
6.2 Kualitas Air	65
6.2.1 Siklus Hidrologi	65
6.2.2 Kualitas Air.....	66
6.3 Penyakit Akibat Air	69
6.4 Penyediaan Air Bersih.....	71

Bab 7 Pengelolaan Limbah dan Tinja

7.1 Pengertian Limbah	77
7.2 Jenis Limbah	78
7.3 Pengolahan dan Penanganan Limbah	79
7.4 Penanganan Limbah Cair.....	80
7.5 Metode Pengolahan Limbah Cair	81
7.6 Dampak Pengolahan Limbah Terhadap Lingkungan.....	83
7.7 Tinja.....	84
7.8 Pengelolaan Limbah Tinja.....	86

Bab 8 Pengelolaan Limbah Medis

8.1 Pendahuluan.....	91
8.2 Definisi Limbah Medis Padat	92
8.3 Jenis-Jenis Limbah Medis Padat	92
8.4 Tahapan Pengelolaan Limbah Medis.....	94
8.4.1 Pengurangan dan Pemilahan Limbah B3	94
8.4.2 Pewadahan Limbah Medis	95
8.4.3 Pengangkutan Limbah Medis	97
8.4.4 Pengolahan Limbah Medis.....	98
8.4.5 Penguburan dan atau Penimbunan Limbah Medis Padat.....	101
8.5 Pengelolaan Limbah Medis Padat Covid-19.....	101

Bab 9 Penyehatan Makanan dan Minuman

9.1 Pendahuluan.....	107
9.2 Konsep Makanan dan Minuman Sehat.....	108
9.2.1 Kriteria Makanan dan Minuman Sehat	108
9.2.2 Pengendalian Makanan dan Minuman Sehat.....	109
9.3 Cemaran pada Makanan dan Minuman	111
9.3.1 Cemaran fisik.....	112
9.3.2 Cemaran kimia	112
9.3.3 Cemaran mikrobiologi	113
9.4 Higine dan Sanitasi pada Makanan dan Minuman	115

Bab 10 Kesehatan Lingkungan Industri

10.1 Pendahuluan.....	117
10.2 Nilai Ambang Batas Lingkungan Kerja Industri	118
10.2.1 Faktor Fisik Lingkungan Kerja.....	119
10.2.2 Faktor Kimia Lingkungan Kerja	122
10.3 Indikator Paparan Biologi.....	123
10.4 Standar Baku Mutu Kesehatan Lingkungan Di Industri	124

Bab 11 Kesehatan Lingkungan Bencana

11.1 Pendahuluan.....	137
11.2 Definisi Bencana	138
11.3 Jenis Bencana.....	139
11.4 Faktor Risiko Lingkungan dalam Bencana	141
11.5 Dampak Bencana	142
11.6 Unsur Bencana.....	143
11.6.1 Bahaya (Hazard)	143

11.6.2 Kerentanan.....	144
11.6.3 Kapasitas.....	146
11.6.4 Risiko Bencana.....	146
11.7 Siklus Bencana	147
11.7.1 Kesiapsiagaan	147
11.7.2 Manajemen Kesehatan Lingkungan Saat Pra Bencana	148
11.7.3 Manajemen Kesehatan Lingkungan Saat Bencana Atau Emergency.....	149
11.7.4 Manajemen Kesehatan Lingkungan Pasca Bencana	150
11.8 Pengurangan Risiko Bencana.....	152

Bab 12 Radiasi Lingkungan

12.1 Pendahuluan.....	153
12.2 Jenis Radiasi dan Sumber Radiasi.....	155
12.2.1 Radiasi Pengion.....	155
12.2.2 Radiasi Non Pengion.....	157
12.2.3 Sumber Radiasi.....	158
12.3 Mutasi.....	159
12.3.1 Perubahan Mendadak	160
12.3.2 Mutasi Spontan.....	160
12.3.3 Beban Genetik	161
12.3.4 Tingkat Mutasi	162
12.4 Batas Dosis Radiasi.....	162

Bab 13 Higiene dan Sanitasi

13.1 Pendahuluan.....	165
13.2 Higiene	166
13.2.1 Ruang Lingkup Higiene	169
13.2.2 Tujuan Higiene Personal	170
13.2.3 Faktor-faktor yang Memengaruhi Higiene Personal.....	173
13.2.4 Manfaat Higiene.....	175
13.2.5 Tindakan Higiene.....	175
13.3 Sanitasi	176
13.3.1 Jenis Sanitasi.....	177
13.3.2 Kegiatan Sanitasi.....	177
13.4 Higiene dan Sanitasi.....	174

Daftar Pustaka.....	183
Biodata Penulis	199

Daftar Gambar

Gambar 1.1: Diagram hubungan ekologi dan ilmu kesehatan lingkungan ..5	
Gambar 2.1: Model Teori Blum	15
Gambar 2.2: Segitiga Epidemiologi	18
Gambar 2.3: Model Setimbang Interaksi Trias Epidemiologi	20
Gambar 2.4: Model Ketidaksetimbangan I Interaksi Trias Epidemiologi ...	21
Gambar 2.5: Model Ketidaksetimbangan 2 Interaksi Trias Epidemiologi...	21
Gambar 2.6: Model Ketidaksetimbangan III Interaksi Trias Epidemiologi.	22
Gambar 2.7: Model Ketidaksetimbangan IV Interaksi Trias Epidemiologi	22
Gambar 2.8: Model Teori Modern WHO (WHO Commission on Social Determinants of Health	23
Gambar 3.1: Paradigma Kesehatan Lingkungan.....	30
Gambar 5.1: Siklus/daur hidrologi	50
Gambar 6.1: Siklus Hidrologi	65
Gambar 8.1: Konstruksi Penguburan Limbah B3 Covid-19	104
Gambar 9.1: Berbagai pemangku kepentingan berkontribusi pada sistem pangan yang sehat dan berkelanjutan	110

Daftar Tabel

Tabel 4.1: Sumber dan Bahan Pencemar	41
Tabel 6.1: Kriteria Kualitas Air Bersih	68
Tabel 6.2: Jenis Organisme Dalam Air dan Penyakit Yang Ditimbulkan....	71
Tabel 6.3: Kriteria Pemilihan Metode Penjernihan Air	75
Tabel 7.1: Komposisi tinja dan air seni	84
Tabel 7.2: Kuantitas tinja dan air seni	85
Tabel 7.3: Karakteristik utama limbah tinja dan parameter yang digunakan untuk mendeskripsikannya	85
Tabel 8.1: Jenis dan Warna Label Limbah Medis Padat Sesuai Kategorinya .	96
Tabel 9.1: Bahan Tambahan Pangan (BTP) yang diizinkan digunakan untuk Pangan.....	113
Tabel 9.2: Bakteri yang dapat menyebabkan penyakit	114
Tabel 9.3: material peralatan pengolahan makan	116
Tabel 10.1: Nilai Ambang Batas Iklim Kerja.....	119
Tabel 10.2: Kategori Laju Metabolik dan Contoh Aktivitas	120
Tabel 10.3: Standar Baku Mutu Kecukupan Air Minum dan Air Bersih untuk Keperluan Higiene dan Sanitasi	124
Tabel 10.4: Standar Baku Mutu Fisik Air Minum	125
Tabel 10.5: Standar Baku Mutu Biologi Air Minum (a)	126
Tabel 10.6: Standar Baku Mutu Biologi Air Minum (b).....	127
Tabel 10.7: Standar Baku Mutu Fisik Air untuk Keperluan Higiene Dan Sanitasi	127
Tabel 10.8: Standar Baku Mutu Biologi Air untuk Keperluan Higiene dan Sanitasi	128
Tabel 10.9: Standar Baku Mutu Kimia Air untuk Keperluan Higiene dan Sanitasi.....	129
Tabel 10.10: Suhu Penyimpanan Bahan Pangan	133
Tabel 10.11: Standar Baku Mutu Suhu Penyimpanan Makanan Siap Saji .	134
Tabel 10.12: Standar Baku Mutu Sarana Toilet	135

Bab 1

Konsep Ekologi Kesehatan Lingkungan

1.1 Pendahuluan

Perkembangan teknologi yang semakin maju sekarang ini menyebabkan timbulnya permasalahan global, di antaranya yang disebut dengan pemanasan global akibat efek rumah kaca yang terjadi akibat peningkatan jumlah gas di atmosfer, khususnya CO₂, SO dan NOX dari perpacuan pemakaian energi fosil. Beberapa gas yang berada di atmosfer ini menjadi penyebab timbulnya hujan asam yaitu hujan yang memiliki pH asam. Banyaknya O₃ di atmosfer disebabkan pemakaian *chlorofluorocarbon* (CFC) yang membuat lapisan ozon menjadi tipis yang disebabkan reaksi Cl dengan O₃ menghasilkan ClO dan O₂, akibatnya terjadi kerusakan lingkungan di bumi dan juga merusak kesehatan manusia akibat sinar ultraviolet B tidak dapat dihalangi oleh lapisan ozon yang menipis. Selain itu juga terjadi pencemaran yang disebabkan limbah B3 (bahan beracun dan berbahaya). Berbagai macam kasus turunnya kualitas lingkungan di antaranya menyebabkan terjadinya mutasi gen pada manusia secara terselubung (Utina and Baderan, 2009).

Sejak umat manusia menempati planet bumi, manusia telah sering mengalami masalah kesehatan dan juga bahaya kematian yang diakibatkan oleh faktor

lingkungan yang berada di sekitar, seperti halnya benda mati, kebiasaan, adat istiadat, makhluk hidup, dan lain sebagainya. Tetapi, karena terbatasnya ilmu pengetahuan yang dimiliki ketika itu, maka setiap kejadian luar biasa yang terjadi pada kehidupan mereka selalu dihubungkan dengan sesuatu hal mistis. Era industrialisasi pada masa revolusi Industri pada abad 19 di Inggris menyebabkan masalah baru di masyarakat Inggris yaitu terdapatnya daerah pemukiman yang kumuh, menumpuknya masalah sampah dan kotoran manusia, permasalahan kesehatan dan sosial, terutama di kota besar (Marlinae et al., 2019).

Manusia telah memperkirakan terdapatnya hubungan antara penyakit dan lingkungan sejak ratusan tahun sebelum masehi. Ilmuwan pada jaman itu menganggao bahwa penyakit malaria memiliki hubungan dengan cuaca buruk atau udara. Air yang kotor tidak baik untuk kesehatan perut, dan berbagai macam dugaan maupun teori yang berkembang yang pada intinya berupaya mencari hubungan masalah kesehatan dengan keadaan lingkungan. Arsip kuno, ataupun peninggalan berbentuk prasasti kuburan memperlihatkan jika banyak penduduk kota Yunani, Romawi, ataupun Mesir yang meninggal karena penyakit menular yang menjadi wabah seperti pes, tifus, cacar, malaria, dan lainnya (Sumantri, 2015).

Wabah penyakit yang dahsyat pernah terjadi di Inggris pada tahun 1832 dan menyebabkan banyak manusia yang meninggal, penyakit itu adalah penyakit kolera. Penelitian epidemiologi dilakukan oleh John Snow (1854) menyebutkan bahwa penyakit kolera di Inggris waktu itu disebabkan oleh sumber air bersih yang masyarakat konsumsi tercemar oleh vibrio kholera. Konsep pemikiran tentang pengaruh faktor lingkungan secara langsung ataupun tidak langsung berpengaruh terhadap masalah kesehatan sejak saat itu dipelajari terus-menerus dan kemudian dikenal dengan sebutan Ilmu Kesehatan Lingkungan (Marlinae et al., 2019). Ilmu sanitasi adalah konsep yang mendasari ilmu kesehatan lingkungan, di mana ilmu sanitasi adalah ilmu yang mempelajari makhluk hidup dan hubungannya dengan lingkungan hidupnya (ekologi) (Sumantri, 2015).

Manusia yang merupakan objek dan subjek pembangunan adalah bagian dari sistem ekologi (ekosistem). Populasi manusia merupakan permasalahan lingkungan mendasar. Populasi manusia yang memiliki tingkat kepadatan yang tinggi, menyebabkan kebutuhan pangan, pemukiman, bahan bakar, dan kebutuhan dasar yang lain juga akan ikut meninggi yang pada akhirnya akan membuat limbah domestik dan juga limbah industri meningkat yang

mengakibatkan lingkungan hidup kualitasnya berubah khususnya pada negara berkembang (Kristanto, 2013).

1.2 Konsep Ekologi

Ekologi diperkenalkan pertama kali oleh ahli biologi yang berasal dari Jerman yaitu Ernst Haeckel. Ekologi terdiri dari dua kata bahasa Yunani yaitu oikos dan logos. Oikos diartikan tempat tinggal dan logos diartikan ilmu. Sehingga ekologi diartikan sebagai ilmu yang membahas tentang organisme di tempat tinggalnya (Utomo, Sutriyono and Rizal, 2014). Ekologi adalah ilmu mengenai hubungan antar makhluk hidup, tak terkecuali manusia dengan lingkungan sekitarnya. Olehnya itu masalah lingkungan hidup sebenarnya ialah permasalahan ekologi (Kristanto, 2013).

Ekologi pada hakikatnya ialah ilmu dasar yang digunakan memahami, menyelidiki dan mempertanyakan bagaimana alam semesta bekerja, bagaimana sistem kehidupan kaitannya dengan keberadaan makhluk hidup, apa yang makhluk hidup butuhkan dari habitatnya agar bisa bertahan hidup, bagaimana makhluk hidup mencukupi kebutuhan mereka, bagaimana makhluk hidup berinteraksi dengan komponen dan spesies lain, bagaimana individu pada spesies itu bertumbuh dan beradaptasi selaku bagian dari populasi. Seluruhnya itu berlangsung pada sebuah proses yang mengikut pada rumitnya tatanan, prinsip, dan ketentuan alam, yang coba dilafahami dengan pendekatan ekologi (Soerjani, Ahmad and Munir, 2008).

Ekologi berkembang pesat diperkirakan sejak tahun 1900 kemudian berkembang dengan cepat hingga saat ini, di mana masalah lingkungan sangat menjadi perhatian. Ekologi adalah cabang ilmu dasar dan berhubungan dengan kehidupan sehari-hari. Pada mulanya, ekologi dibagi menjadi ekologi hewan dan ekologi tumbuhan. Tetapi adanya faham mengenai komunitas biotik, sehingga terbentuklah dasar teori untuk perkembangan ekologi secara umum (Purnama, 2017).

Ekologi mempunyai ruang lingkup di antaranya yaitu; ekosistem, tingkat populasi, dan komunitas. Konsep ekologi melekat dengan konsep ekosistem dan komponen-komponen penyusunnya yaitu biotik dan abiotik. Faktor abiotik di antaranya adalah mikroba, tumbuhan, hewan dan manusia. Sedangkan faktor biotik di antaranya adalah cahaya, kelembapan, air dan suhu. Ekologi

berhubungan erat juga dengan tingkatan organisasi makhluk hidup, seperti ekosistem, populasi dan komunitas yang memengaruhi satu sama lain dan juga merupakan sebuah sistem yang memperlihatkan kesatuan (Purnama, 2017).

Ilmu lingkungan berkembang dengan dasar ilmu ekologi. Fungsi dan susunan semua makhluk hidup serta komponen penyusun kehidupan lainnya dipelajari dalam ilmu ekologi. Sedangkan tempat dan juga peranan manusia terhadap makhluk hidup serta komponem penyusun kehidupan lainnya di pelajari dalam ilmu lingkungan. Ilmu lingkungan bisa disebut dengan ekologi terapan yaitu bagaimana cara menerapkan sejumlah ketentuan dan prinsip ekologi pada kehidupan manusia, atau bisa juga disebut dengan ilmu tentang bagaimana manusia menempatkan diri di dalam ekosistem ataupun pada lingkungan hidupnya (Soerjani, Ahmad and Munir, 2008).

1.3 Ekologi dan Kesehatan Lingkungan

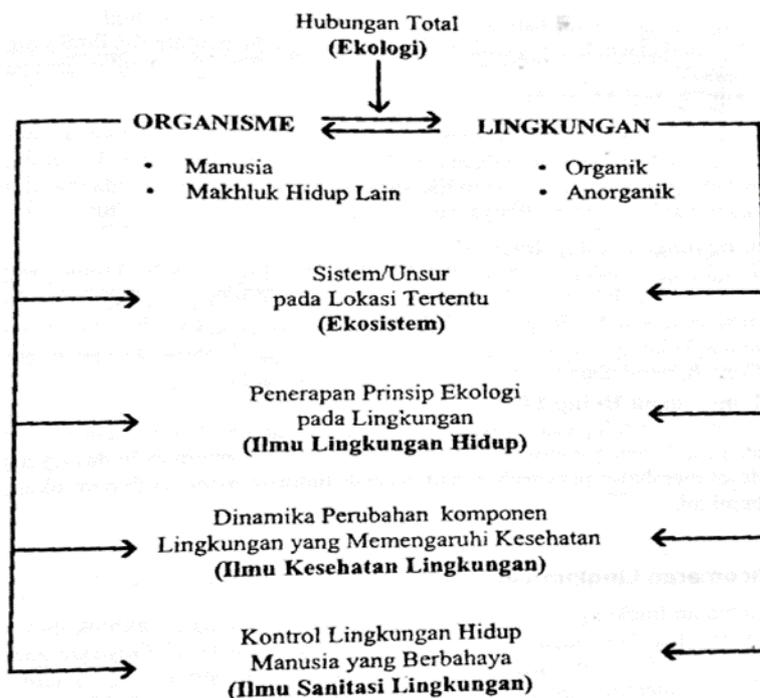
Masalah kesehatan adalah masalah yang kompleks, dan saling berhubungan dengan masalah yang lain yang berada di luar masalah kesehatan itu sendiri. Begitu pula dengan penyelesaian masalah tentang kesehatan masyarakat, tidak dilihat hanya dari satu segi saja tetapi mesti dilihat dari keseluruhan tentang faktor yang memengaruhi masalah kesehatan tersebut. Banyak faktor yang berpengaruh terhadap kesehatan, baik itu kesehatan individu ataupun kesehatan masyarakat. Status kesehatan bisa tercapai dengan optimal bila faktor (lingkungan, perilaku, keturunan dan pelayanan kesehatan) semuanya dalam kondisi yang juga optimal. Jika ada satu faktor yang terganggu akan mengakibatkan kesehatan bergeser ke arah kurang optimal (Sumantri, 2015).

Ekologi kesehatan memiliki beberapa konsep dasar di antaranya: sistem produksi, ekosistem, konsumsi dan juga dekomposisi, keseimbangan, materi dan energi serta yang lainnya. Dalam keseimbangan ekologi kesehatan terdapat 4 jenis pengaruh yaitu (Marlinae et al., 2019):

1. Pengaruh individual: korban merupakan hasil dari penanganan yang salah waktu kecil, gangguan personal/ psikologis, pengaruh pemakaian alkohol/zat terlarang lainnya yang berlebihan, memiliki sejarah perilaku kekerasan.
2. Pengaruh relationship: kurangnya asuhan orang tua yang disebabkan gangguan perkawinan, konflik keluarga karena kekerasan dalam

rumah tangga (orang tua), kondisi ekonomi keluarga menengah ke bawah, lingkungan pergaulan yang memengaruhi melakukan kekerasan.

3. Pengaruh community: tingkat kemiskinan, tingginya angka kriminalitas, tingginya laju transportasi di daerah, tingginya angka pengangguran, jual beli obat lokal tidak memiliki izin, faktor situasional.
4. Pengaruh sosial: perubahan sosial yang begitu cepat, tidak seimbang gender dan sosial-ekonomi, kemiskinan, lemahnya jaringan pengamanan sosial, penegakan keadilan yang lemah, budaya yang mengarah pada tindak kekerasan.



Gambar 1.1: Diagram hubungan ekologi dan ilmu kesehatan lingkungan (Chandra, 2012)

1.4 Konsep Kesehatan Lingkungan

Kesehatan lingkungan tidak hanya mencakup tentang hygiene dan sanitasi tetapi juga tentang aspek lingkungan lainnya (S, 2019). Beberapa defenisi kesehatan lingkungan di antaranya adalah:

- a. Kesehatan lingkungan ialah suatu kondisi lingkungan yang optimal sehingga memiliki pengaruh pada terciptanya kondisi kesehatan yang optimal pula (Adnani, 2011).
- b. Kesehatan lingkungan dapat didefinisikan sebagai keterkaitan antara manusia dan lingkungannya di mana kesehatan manusia dan lingkungan yang seimbang dan tidak tercemar dapat dipertahankan atau diturunkan (Knowlton, 2019).
- c. Kesehatan lingkungan ialah ilmu dan praktik untuk mencegah cedera dan penyakit manusia dan meningkatkan kesejahteraan dengan cara mengidentifikasi dan mengevaluasi sumber lingkungan dan agen berbahaya dan membatasi paparan terhadap agen fisik, kimia, dan biologi yang berbahaya di air, tanah, udara dan makanan, serta media atau pengaturan lingkungan lainnya yang dapat memengaruhi kesehatan manusia (NEHA, 2021).
- d. Kesehatan lingkungan ialah ilmu yang mengkaji hubungan antara kesehatan manusia dengan lingkungan, hewan dan tumbuhan yang bertujuan meningkatkan faktor-faktor lingkungan yang menguntungkan dan mencegah faktor-faktor yang merugikan, untuk mengendalikan risiko kejadian gangguan kesehatan. Beberapa usaha yang dilaksanakan ialah menjadikan sehat semua faktor lingkungan (makanan, air, tanah, udara, biota, dan juga manusia dan perilakunya) sehingga tidak menjadi penyebab timbulnya penyakit, baik pada tumbuhan hewan dan manusia (Soemirat, 2011).

Faktor penentu kesehatan lingkungan di antaranya adalah air yang tidak aman, sanitasi yang buruk, polusi udara, bahan kimia berbahaya dan racun, bahaya pekerjaan dan cuaca ekstrim, menyebabkan lebih dari seperempat beban penyakit di Wilayah Pasifik Barat. Kesehatan dan kelangsungan hidup manusia di planet yang berubah sekarang semakin terancam oleh iklim yang tidak dapat diprediksi dan permukaan laut yang naik dengan cepat (World Health Organization, 2016).

Kesehatan kita terkait erat dengan lingkungan tempat tinggal kita, dari air yang diminum hingga makanan yang di makan, dari tempat kita tinggal sampai tempat kita berkerja, dan kerusakan lingkungan kita juga menyebabkan pengaruh yang buruk pada kesehatan manusia (IFMSA, 2016). Faktor lingkungan seperti kurangnya akses pada air minum serta sanitasi yang aman, polusi udara dan perubahan iklim berkontribusi pada 23% dari semua kematian di seluruh dunia dan 36% dari semua kematian di antara anak-anak umur 0-14 tahun (Pruss-Ustun and Corvalan, 2006).

13,7% kematian per tahun pada tahun 2016, yang merupakan 24% dari kematian global, disebabkan oleh risiko lingkungan yang dapat dimodifikasi. Artinya, hampir 1 dari 4 total kematian global terkait dengan kondisi lingkungan. Agen penyakit dan jalur paparan sangat banyak dan kondisi lingkungan yang tidak sehat sering terjadi, sehingga sebagian besar kategori penyakit dan cedera terpengaruh. Penyakit tidak menular, termasuk penyakit jantung iskemik, penyakit pernafasan kronis dan kanker adalah hasil penyakit yang paling sering ditimbulkan. Cedera, infeksi saluran pernafasan dan stroke mengikuti dengan seksama (World Health Organization, 2021a).

Diperkirakan 1,8 miliar orang minum dari air yang terkontaminasi tinja dan 2,5 miliar orang hidup tanpa fasilitas sanitasi dasar, menyebabkan penyakit diare, gizi buruk dan kematian (UN-Water, 2014). Air minum yang tidak aman, ketersediaan air yang tidak memadai untuk kebersihan, dan kurangnya akses ke sanitasi bersama-sama menyumbang sekitar 88% kematian akibat penyakit diare (Tyree, 2020). Polusi udara ambien (luar ruangan) di daerah perkotaan dan daerah pedesaan pada tahun 2016 diduga mengakibatkan 4,2 juta kematian dini di seluruh dunia, dan sekitar 91% dari kematian dini yang terjadi pada negara yang memiliki penghasilan menengah ke bawah dan yang terbesar berada di wilayah WHO Asia Tenggara dan Pasifik Barat (World Health Organization, 2018).

Lingkungan yang lebih sehat dapat mencegah hampir seperempat dari beban penyakit global. Pandemi COVID-19 adalah pengingat lebih lanjut tentang hubungan rumit antara manusia dan planet kita. Udara bersih, iklim yang stabil, air yang memadai, sanitasi dan kebersihan, penggunaan bahan kimia yang aman, perlindungan dari radiasi, tempat kerja yang sehat dan aman, praktik pertanian yang baik, kota dan lingkungan binaan yang mendukung kesehatan, dan alam yang dilestarikan semuanya merupakan prasyarat untuk kesehatan yang baik (World Health Organization, 2021b).

1.5 Masalah Kesehatan Lingkungan di Indonesia

Lebih dari 12 juta orang secara global meninggal setiap tahunnya karena mereka bekerja atau tinggal pada lingkungan tidak sehat (Prüss-Ustün et al., 2016). Orang dengan pendapatan rendah cenderung tinggal pada daerah tercemar dan juga memiliki air minum yang tidak aman. Anak-anak dan wanita hamil berisiko lebih tinggi mengalami masalah kesehatan terkait polusi (The Lancet Child & Adolescent Health, 2017). Melacak polutan lingkungan adalah kunci untuk mencari tahu di mana dan bagaimana orang terpapar. Hukum dan kebijakan untuk mengurangi berbagai jenis polusi juga dapat membantu mencegah banyak masalah kesehatan dan kematian yang serius (U.S. Department of Health and Human Services Office of Disease Prevention and Health Promotion, 2020).

Baku mutu lingkungan hidup adalah indikator untuk mengetahui terjadinya pencemaran lingkungan. Baku mutu lingkungan hidup ialah batas ukuran atau kadar unsur pencemar yang diperbolehkan keberadaannya pada lingkungan. Di Indonesia, baku mutu lingkungan hidup yang diatur di antaranya adalah baku mutu air, limbah, udara ambien, udara emisi, dan air laut (Alamsyah and Muliawati, 2013).

Permasalahan Kesehatan lingkungan di Indonesia sebagai suatu negara berkembang yang memiliki penduduk di atas 200 juta jiwa, sangat kompleks terlebih di kota-kota besar (Sumantri, 2015), di antaranya adalah:

a. Sampah

Populasi manusia di dunia terus bertambah menyebabkan jumlah sampah yang dihasilkan juga semakin bertambah. Sampah yang belum terolah disebabkan terbatasnya alat dan juga kompetensi, yang akhirnya menyebabkan terjadinya timbunan sampah di TPA (Tempat Pembuangan Akhir). Data tahun 2018 memperlihatkan bahwa 62% sampah di Indonesia berasal dari sampah domestik (sampah aktivitas rumah tangga) (Utami, 2020).

Data 2019 dari Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (KLHK) menunjukkan bahwa 67 ton sampah dihasilkan Indonesia setiap tahunnya. Dari 67 ton sampah tersebut, berkisar 60% sampah ditimbun ke TPA, dan 10% didaur ulang, sementara 30% lainnya mencemari lingkungan karena tidak dikelola (Sumartiningtyas, 2020).

Data tahun 2020 mencatat sekitar 67,8 juta ton timbunan sampah berada dihasilkan di Indonesia. berdasarkan data Statistik Lingkungan Hidup Indonesia yang dikeluarkan oleh BPS (Badan Pusat Statistik), hanya sekitar 1,2% daur ulang sampah yang dilakukan oleh rumah tangga (Utami, 2020).

Open dumping merupakan sistem pembuangan sampah yang paling umum dilakukan di Indonesia tanpa pengolahan lebih lanjut. Sistem pembuangan membutuhkan lahan yang luas dan juga mengakibatkan terjadinya pencemaran pada tanah, udara, dan air. Lahan yang digunakan juga bisa menjadi tempat perkembangbiakan vektor dan juga binatang pengganggu (Triwibowo and Pusphandani, 2013).

b. Air Bersih

Air bersih keberadaannya sangat berhubungan dengan berbagai masalah pembangunan manusia terutama pada bidang kesehatan. Tersedianya sanitasi dan air bersih yang layak berperan besar pada penanggulangan stunting. Pada tahun 2020, sekitar 90.21% rumah tangga telah mempunyai akses terhadap air minum yang layak, dan sekitar 20,69% rumah tangga yang mempunyai air minum dengan sistem perpipaan (Kementerian Koordinator Bidang Pembangunan Manusia dan Kebudayaan Republik Indonesia, 2021).

Permasalahan air bersih sangat perlu untuk diperhatikan disebabkan berhubungan dengan air minum yang digunakan sehari-hari. jika sumber air minum yang digunakan keluarga tidak sehat, akan menyebabkan semua anggota keluarga mengalami gangguan kesehatan seperti hepatitis, kutu air, diare, dan sebagainya (Adnani, 2011).

Indonesia sedang menghadapi masalah air minum yang bersih. Peristiwa tersebut terjadi akibat langkanya air baku yang digunakan sebagai air bersih yang dilairkan langsung melalui sistem perpipaan perpipaan ke rumah warga. disamping itu juga, pencemaran yang terjadi pada sumber air baku disebabkan lokasinya dekat dengan sumber pencemar, produksi air minum ilegal yang tinggi, serta ekstraksi yang berlebihan dalam tanah. BPS tahun 2018 menyebutkan bahwa di Indonesia, 10 dari 24 provinsi mempunyai sumber air terkontaminasi cukup tinggi oleh bakteri. Pada tahun 2019, BPS juga menyebutkan bahwa pemanfaatan sumber air yang tidak terlindungi jugamasih cukup banyak oleh masyarakat, seperti halnya air yang

berasal dari sumur ataupun sumber ilegal yang digunakan memenuhi kebutuhan untuk air minumnya (Bona, 2021).

c. Air limbah

Air limbah ialah sisa air yang terbuang dari buangan industri, rumah tangga, ataupun tempat umum yan lain dan biasanya memiliki kandungan zat yang dapat sangat berbahaya bagi kesehatan manusia dan mengganggu keseimbangan lingkungan hidup (Adnani, 2011). Limbah cair yang berasal industri atau rumah tangga dan yang sejenisnya biasanya dibuang dan menuju badan sungai yang akhirnya sampai ke laut ataupun teluk. Limbah cair yang tidak diolah melalui IPAL (instalasi pengolahan air limbah), biasanya tidak ramah pada lingkungan. Mengakibatkan air sungai kualitasnya menurun, yang akhirnya tidak bisa digunakan menjadi sumber bahan baku air bersih (Triwibowo and Pusphandani, 2013).

Limbah cair rumah tangga mempunyai efek buruk pada lingkungan. membuang limbah cair rumah tangga tanpa diolah ke alam bebas, mengakibatkan efek buruk bagi berlangsungnya kehidupan ekosistem. Perkotaan yang memiliki penduduk yang cukup padat, mempunyai masalah terhadap pembuangan limbah yang berasal dari rumah tangga. Banyak permukiman di perkotaan yang padat, tidak memiliki sumur resapan yang berfungsi untuk mengendapkan atau mengolah kembali limbah cair yang dihasilkan oleh rumah tangga. Banyak rumah yang dengan sengaja membiarkan buangan air limbahnya dialirkan ke selokan atau ke sungai yang berada disekitarnya (Direktorat Sanitasi, 2020).

d. Udara

Pesatnya perkembangan pembangunan, terutama pada teknologi dan industri, dan juga kendaraan bermotor yang bertambah jumlahnya yang memakai bahan bakar minyak (fosil) mengakibatkan tercemarnya udara di sekitar kita oleh berbagai gas buangan hasil dari pembakaran kendaraan bermotor. Kehidupan manusia dan lingkungan dapat menjadi rusak diakibatkan oleh udara yang tercemar. Banyak ditemukan kasus penyakit yang berkaitan erat dengan udara yang tercemar di negara industri (Wardhana, 2004).

Polusi udara mengakibatkan banyak masalah yang berhubungan dengan kesehatan masyarakat. banyak penelitian menyebutkan bahwa polusi udara menyebabkan masalah kesehatan yang serius di antaranya kerusakan sel dalam tubuh, keguguran, kanker otak, stroke, hingga

masalah kesehatan mental. WHO menyebutkan, polusi udara adalah “silent public health emergency,” di mana udara yang beracun di hirup oleh 90% lebih populasi di dunia. Dinas Lingkungan Hidup Jakarta menyebutkan bahwa penyumbang polusi udara di antaranya adalah 8% berasal dari pembakaran domestik, 8% berasal dari industri, 9% berasal dari pemanas dan pembangkit listrik, dan 75% berasal dari transportasi darat (Arumingtyas, 2020).

Penelitian mahasiswa Universitas Indonesia, mengatakan bahwa permasalahan pencemaran udara 60% memiliki dampak terhadap kesehatan. Diduga kegagalan fungsi paru pada warga di Jakarta angkanya semakin tinggi yang disebabkan oleh polusi udara yang angkanya semakin tinggi di Jakarta setiap tahunnya. Sumber utama polutan udara di antaranya adalah, (Particulate Matter) PM 2,5 dan PM 10, CO, NO₂, sulfur, ozon dan BBM bertimbal (Rezkisari, 2020).

e. Makanan.

Makanan adalah kebutuhan pokok yang dibutuhkan manusia untuk mempertahankan kehidupannya. Kualitas makanan perlu diperhatikan agar bisa berfungsi sebagaimana seharusnya. Kualitas makanan tersebut di antaranya tersedianya zat gizi yang dibutuhkan pada makanan serta mencegah kontaminasi yang terjadi pada makanan dengan berbagai zat yang bisa mengakibatkan terjadinya gangguan pada kesehatan (Alamsyah and Muliawati, 2013).

Penyakit dapat menular dengan mengkonsumsi makanan dan minuman. Penyakit yang terjadi akibat mengkonsumsi makanan disebut sebagai food borne disease atau biasa pula disebut dengan keracunan makanan (food poisoning). Penyakit yang ditularkan lewat makanan di antaranya salmonellosis, hepatitis A, kolera, demam tifoid, kampilobakteriosis, amoebiasis, gastroenteritis, poliomyelitis dan yang lainnya (Moelyaningrum, 2019).

Kualitas fisik bahan makanan harus diperhatikan misalnya kesegarannya harus terjamin, terkhusus bahan makanan mudah rusak atau membusuk seperti ikan, telur, susu, daging, buah, dan makanan kaleng. Seringkali tidak mudah untuk menemukan bahan makanan yang dalam kondisi baik, disebabkan panjangnya perjalanan bahan makanan dari sumbernya sampai ke tangan konsumen. Upaya yang bisa dilakukan untuk memperoleh bahan makanan dengan kualitas yang baik salah satunya adalah dengan menghindari memakai bahan makanan asalnya tidak jelas (Sumantri, 2015).

Penyakit yang disebabkan oleh makanan masih menjadi masalah kesehatan pada masyarakat di Indonesia dan juga di dunia. Penyakit yang disebabkan oleh makanan telah banyak menelan korban pada semua usia dan pada semua lapisan masyarakat. Kerugian sangat kompleks yang sebabkan oleh penyakit akibat makanan di antaranya yaitu tingginya risiko kekurangan gizi akibat turunnya kemampuan penyerapan gizi oleh tubuh, produktivitas menurun, terjadinya kesakitan, hingga kematian bisa terjadi bila penanganan penyakit akibat makanan ini tidak dilakukan dengan baik (Moelyaningrum, 2019).

Bab 2

Konsep Terjadinya Penyakit Terkait Lingkungan

2.1 Pendahuluan

Sehat merupakan suatu kondisi di mana mental, jasmani maupun kesejahteraan sosial seseorang dalam keadaan sempurna. Seseorang yang dalam kondisi sehat dapat seketika berubah menjadi sakit akibat adanya penyakit yang menyerang. Budiarto (2001) dalam bukunya menjelaskan bahwa sakit merupakan suatu keadaan yang mengganggu keseimbangan mental, jasmani, dan sosial seseorang sehingga mengakibatkan gangguan fungsi tubuh. Sementara itu, penyakit adalah suatu keadaan gangguan bentuk dan fungsi tubuh sehingga berada di dalam keadaan yang tidak normal (Purnama, 2017). Penyakit bisa dibawa atau ditimbulkan oleh suatu mikroorganisme (virus, bakteri, jamur dan parasit), makhluk hidup lain (tanaman, hewan) serta lingkungan yang dapat menginfeksi atau menjangkiti seseorang baik langsung maupun melalui perantara.

Lingkungan menjadi salah satu faktor suatu penyakit dapat timbul dan menular pada manusia sehingga menyebabkan perubahan kondisi manusia yang semula sehat menjadi sakit. Lingkungan merupakan faktor luar yang mempengaruhi kelangsungan hidup organisme yang terbagi menjadi dua bagian utama yaitu

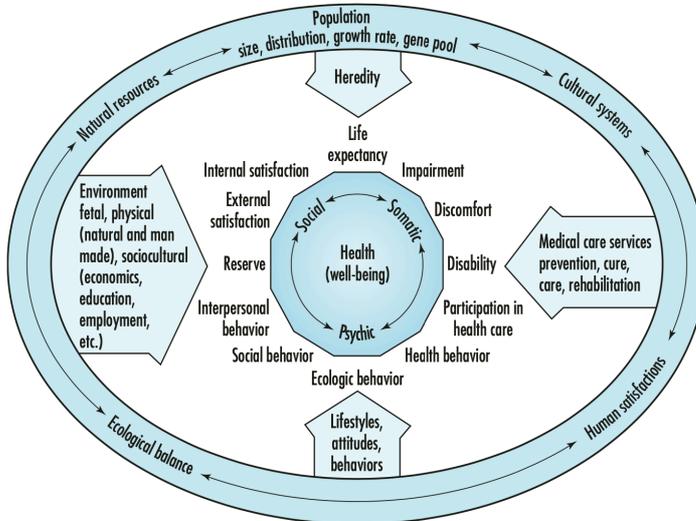
lingkungan biotik dan abiotik. Lingkungan biotik adalah segala jenis faktor luar yang ditimbulkan atau disebabkan oleh organisme hidup dalam hal ini seperti tanaman, hewan, manusia serta mikroorganisme seperti bakteri, jamur, parasit dan virus. Lingkungan abiotik merupakan faktor luar yang ditimbulkan oleh komponen benda mati yang meliputi tanah, air, udara, bahan kimia, polutan dan lain-lain.

Kesehatan lingkungan menjadi salah satu bagian terpenting dalam mempertahankan dan meningkatkan kesehatan manusia pada tingkat setinggi tingginya. Adanya ketidakseimbangan bentuk dan fungsi tubuh sebagai hasil dari penyesuaian secara dinamis terhadap lingkungan menyebabkan manusia dapat mengalami gangguan kesehatan (Purnama, 2017). Beberapa teori atau konsep telah digunakan dalam menjelaskan timbulnya penyakit/masalah kesehatan masyarakat khususnya terkait oleh lingkungan. Hal tersebut dapat digunakan sebagai dasar dan pedoman dalam mengendalikan, mencegah dan menanggulangi masalah timbulnya penyakit yang terkait lingkungan.

2.2 Model Teori Blum

Pada Tahun 1981, Blum mengusulkan teori yang menjelaskan mengenai kesehatan masyarakat yang disebut dengan Force Field and Well-Being Paradigms of Health. Terdapat empat faktor utama yang dapat memengaruhi kesehatan masyarakat yaitu lingkungan, gaya hidup (perilaku manusia), keturunan dan pelayanan kesehatan. Keempat faktor saling berkaitan (simultaneously) dalam memengaruhi kesehatan seorang individu atau populasi. Menurut Blum, tidak hanya satu jalur yang dapat menentukan baik atau tidaknya kesehatan individu atau populasi, namun kesehatan ditentukan melalui interaksi kompleks beberapa faktor diatas.

Menurut Blum, menyatakan bahwa dari keempat faktor tersebut, lingkungan menjadi faktor utama dan paling besar pengaruhnya terhadap kesehatan individu dan masyarakat. Gaya hidup dan keturunan menjadi kedua dalam memengaruhi kesehatan. Sementara itu, pelayanan kesehatan memberikan pengaruh yang kecil terhadap kesehatan individu dan masyarakat. Model teori Blum digambarkan secara detail pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1: Model Teori Blum (Blum, 1981)

2.2.1 Lingkungan

Lingkungan memberikan pengaruh dan peranan paling besar dan paling menentukan terhadap kesehatan masyarakat. Secara umum lingkungan digolongkan menjadi dua bagian yaitu lingkungan fisik dan lingkungan sosial.

Lingkungan sosial meliputi sosio ekonomi, sosio politik dan sosio budaya.

a. Lingkungan fisik

Lingkungan yang berhubungan dengan aspek fisik meliputi polusi udara, kontaminasi makanan dan air, radiasi, senyawa beracun, limbah atau sampah dan perubahan habitat. Polusi dan kontaminasi zat adiktif akibat aktivitas manusia khususnya kegiatan industri menjadi penyebab utama lingkungan fisik memengaruhi kesehatan masyarakat. Polusi udara akibat polutan anorganik dan organik menyebabkan beberapa penyakit khususnya terkait dengan pernapasan. Kontaminasi air akibat bahan beracun seperti metil merkuri menyebabkan penyakit khususnya gangguan saraf pada manusia. Seperti yang terjadi pada tahun 1950-an terjadi wabah minamata di Teluk Minamata pesisir Laut Shiranui, Jepang akibat adanya kontaminasi metil merkuri dalam air laut yang dihasilkan dari pelepasan limbah metil merkuri pabrik kimia

Chisso Corporation. Metil merkuri dalam laut menyebabkan kontaminasi terhadap hasil laut seperti ikan, udang, rumput laut, kerang serta beberapa vegetasi tumbuhan di sekitarnya yang selanjutnya dikonsumsi oleh manusia. Metil merkuri di dalam tubuh manusia menyebabkan kelainan fisik gemetar, kejang, kesulitan berjalan, berkurangnya pendengaran, kelumpuhan hingga kematian. Dampak ini menyebabkan 1784 orang meninggal dunia (Utami, 2021).

b. Lingkungan sosial

Hubungan antara status sosio ekonomi terhadap kesehatan dapat dijelaskan bahwa secara umum orang dengan pendidikan tinggi dan orang dengan pendapatan tinggi mempunyai status kesehatan yang baik. Mereka yang memiliki penghasilan tinggi dapat mempunyai rumah yang sehat dan lokasi sehat di mana sedikit mendapatkan paparan lingkungan yang kontaminasi. Selain itu orang dengan tingkat penghasilan tinggi mampu mendapatkan pelayanan kesehatan yang optimal.

Menurut Wilkinson (1997) besarnya kesenjangan ekonomi antara kaya dan miskin dapat mencerminkan status kesehatan dalam populasi masyarakat. Besarnya kesenjangan ekonomi menyebabkan rendahnya kerukunan sosial dan stress yang besar sehingga menyebabkan buruknya kesehatan. Hal tersebut dapat diminimalkan dengan diberikan solusi jaminan kesehatan (asuransi kesehatan) dari pemerintah seperti BPJS.

Orang yang memiliki pendidikan tinggi akan mengetahui perilaku berisiko dan dapat menghindarinya seperti merokok, minum beralkohol, penggunaan obat terlarang hingga perilaku seks bebas. Rendahnya pendidikan seseorang akan menyebabkan sulitnya mereka dalam mencari pekerjaan. Hal ini akan memengaruhi kesehatan mental seseorang karena akan meningkatkan tingkat stress dan menimbulkan penyakit fisik akibat dari stress yang terjadi (Pincus, 1998).

2.2.2 Gaya hidup

Gaya hidup merupakan perilaku yang berisiko dalam memengaruhi kesehatan. Penelitian menunjukkan bahwa diet dan makanan merupakan faktor utama yang memengaruhi masalah kesehatan. Penyakit jantung, stroke, diabetes dan kanker adalah beberapa contoh penyakit yang disebabkan karena perilaku manusia atau gaya hidup manusia yang mengkonsumsi makanan kurang sehat dan rendah

gizi. Namun demikian, menurut hasil penelitian menunjukkan bahwa 40 hingga 60% semua jenis penyakit kanker dan 35% dari kematian akibat kanker diakibatkan oleh diet (American Institute for Cancer Research, 1996).

Diet yang terlalu berlebihan sangat berisiko terhadap struktur metabolisme dan sistem hormon manusia. Masyarakat hingga saat ini sering melakukan diet berlebihan dengan menekan jumlah dan jenis bahan makanan yang masuk ke dalam tubuhnya. Hal tersebut mereka lakukan bertujuan untuk mencegah obesitas dan atau mendapatkan goal bentuk badan yang diinginkan. Sejatinya, belum ada bukti ilmiah mengenai jenis suatu bahan makanan yang dapat menimbulkan obesitas atau kegemukan. Namun, total kalori yang masuk di dalam tubuh yang menjadi poin penting untuk diketahui oleh masyarakat agar bisa menjalani diet dengan baik dan benar. Olahraga dan aktivitas fisik menjadi solusi dan jalan keluar yang lebih tepat dalam mengurangi penyakit akibat obesitas selain dengan melakukan diet berlebihan (Macfarlane, 1994).

2.2.3 Keturunan

Faktor genetik memengaruhi individu terhadap jenis penyakit tertentu. Menurut Davis (2002), kanker yang merupakan salah satu penyakit mematikan di dunia salah satu penyebab timbulnya akibat adanya faktor genetik. Kanker secara genetik dapat muncul pada orang yang sehat ketika tubuh kehilangan cara untuk menekan pertumbuhan sel yang tidak terkendali. Beberapa penyakit yang ditimbulkan akibat faktor genetik seperti hemofilia, hipertensi, jantung, kelainan bawaan, albino dsb.

2.2.4 Pelayanan kesehatan

Walaupun ketiga faktor yang meliputi lingkungan, keturunan dan gaya hidup adalah faktor utama dalam memengaruhi kesehatan masyarakat, namun pelayanan kesehatan juga memberikan pengaruh. Faktor pelayanan kesehatan, dipengaruhi oleh seberapa jauh pelayanan kesehatan dari fasilitas kesehatan yang diberikan dan didapatkan oleh masyarakat. Ketersediaan rumah sakit yang memadai, jangkauan obat yang mudah, teknologi peralatan yang canggih, tenaga kesehatan yang handal di mana kesemuanya harus dalam kondisi siap dan memadai untuk memfasilitasi masyarakat.

2.3 Model teori John Gordon

Pada tahun 1950, Professor John E. Gordon dari Harvard University mengemukakan teori terjadinya penyakit pada masyarakat. Teori tersebut dikenal dengan istilah Model Gordon atau trias epidemiologi. Teori Model Gordon menjelaskan bahwa timbulnya penyakit pada masyarakat akibat adanya tiga faktor utama yaitu lingkungan, agen dan host (inang). Teori tersebut digambarkan sama dengan teori trias epidemiologi dalam bentuk segitiga (Gambar 2.2).



Gambar 2.2: Segitiga Epidemiologi (Trias Epidemiologi) (Purnama, 2017)

2.3.1 Agen

Agen atau penyebab menjadi faktor yang sangat penting sebagai pencetus timbulnya penyakit pada masyarakat. secara kuantitas atau jumlah, banyak dan sedikitnya jumlah agen atau penyebab penyakit menjadi tolak ukur suatu penyakit dapat terjadi pada masyarakat.

Menurut Purnama (2017) terdapat lima jenis agen sebagai pencetus terjadinya penyakit, yaitu:

- a. Agen biologis yaitu berupa agen benda hidup yang di dalamnya meliputi segala jenis mikroorganisme yaitu virus, bakteri, jamur, parasit, protozoa dan metazoa.
- b. Agen nutrisi yaitu agen benda mati yang ada dalam tubuh manusia yang terdiri dari protein, lemak, karbohidrat, vitamin, mineral dll. Agen nutrisi sangat erat kaitannya dalam aktivitas metabolisme tubuh manusia.
- c. Agen fisik yaitu lingkungan sekitar berupa panas, radiasi, suhu, cahaya, tekanan dan kelembaban.

- d. Agen kimiawi yang terbagi menjadi dua jenis yaitu agen kimiawi endogen dan eksogen. Agen kimiawi endogen adalah senyawa kimiawi yang ada dalam tubuh yang mana akibat jumlahnya yang berlebih atau berkurang dapat menimbulkan penyakit. Hal ini biasanya terkait dengan hormon dan protein dalam tubuh manusia. Beberapa contoh agen kimiawi endogen yaitu asidosis, diabetes (hiperglikemia/kekurangan atau kerusakan hormon insulin) dan uremia. Agen kimiawi eksogen adalah zat aditif dari lingkungan yang masuk ke dalam tubuh manusia dan menyebabkan timbulnya penyakit. Beberapa contoh agen kimiawi eksogen adalah gas beracun, debu, air yang terkontaminasi dan zat kimia alergen.
- e. Agen mekanis, yaitu faktor lingkungan luar karena akibat paparannya maka dapat menimbulkan penyakit pada manusia. Beberapa contoh agen mekanis yaitu benturan, gesekan dan pukulan.

2.3.2 Host

Host atau inang merupakan benda hidup yang secara individu atau berkelompok memiliki risiko terkena penyakit akibat paparan dari agen. Host atau inang di dalamnya terdapat segala jenis makhluk hidup yaitu tanaman, hewan, manusia, dan mikroorganisme. Menurut Purnama (2017) elemen host sangat penting kaitannya dengan proses terjadinya penyakit dan pengendaliannya. Host menjadi faktor yang sangat kompleks dalam proses terjadinya penyakit. Hal ini terkait dengan karakteristik dari host yang meliputi umur, gender, ras dan genetik. Selain itu kondisi lingkungan sekitar host juga memberikan karakteristik dalam proses timbulnya penyakit yang meliputi aspek sosial, budaya, politik, ekonomi geografis, pendidikan dsb.

2.3.3 Lingkungan

Lingkungan merupakan faktor eksternal pemicu timbulnya penyakit pada masyarakat yang meliputi benda mati dan benda hidup. Menurut Purnama (2017) lingkungan dibagi menjadi 3 jenis yaitu lingkungan fisik, lingkungan biologis dan lingkungan sosial.

a. Lingkungan fisik

Lingkungan fisik merupakan faktor eksternal berupa komponen benda mati yang dapat menimbulkan penyakit pada masyarakat. Komponen tersebut meliputi air, tanah, udara, radiasi, cuaca, iklim, makanan dsb.

Lingkungan fisik berinteraksi terhadap manusia secara konstan dan berlangsung sepanjang waktu dan masa.

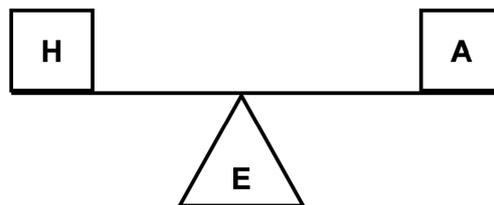
b. Lingkungan biologis

Faktor eksternal menyangkut benda hidup yang meliputi tanaman, hewan, virus, bakteri, jamur, parasit, protozoa yang dapat bertindak sebagai agen penyakit, reservoir penyakit dan vektor penyakit. Lingkungan biologis berinteraksi dengan manusia secara dinamis yang dapat menimbulkan penyakit jika hubungan antar keduanya tidak seimbang.

c. Lingkungan sosial

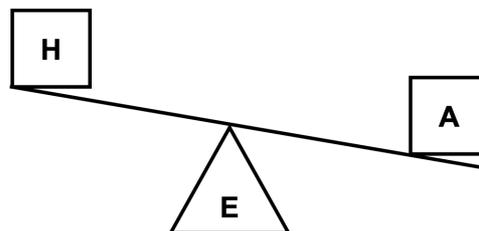
Lingkungan sosial merupakan faktor eksternal yang meliputi kultur (adat istiadat, tradisi, kebiasaan, kepercayaan, agama), gaya hidup, tingkat pendidikan, tingkat sosial, faktor politik dan media sosial yang dapat menimbulkan penyakit terhadap masyarakat. Jika manusia tidak dapat menyesuaikan diri terhadap lingkungan sosial maka akan timbul penyakit akibat konflik kejiwaan dan gejala psikosomatik meliputi stress, insomnia, depresi dsb.

Ketiga faktor utama yang dikemukakan pada teori Gordon meliputi agen (A), host (H) dan lingkungan (E), ketiganya harus berinteraksi secara seimbang agar penyakit tidak timbul pada masyarakat (Gambar 2.3). Namun demikian ada 4 gambaran model interaksi antara ketiga faktor tersebut dalam keadaan tidak seimbang sehingga memunculkan penyakit (Sumampouw, 2017 dan Ismah, 2018).



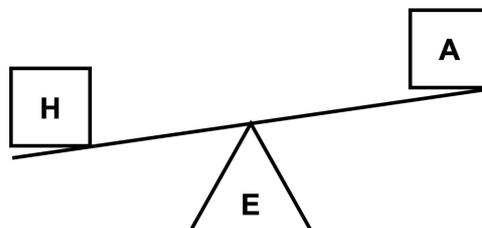
Gambar 2.3: Model Setimbang Interaksi Trias Epidemiologi (Sumampouw, 2017)

1. Model pertama (Gambar 2.4) yang di mana agen atau bibit penyakit lebih berat daripada host atau inangnya. Hal ini menyebabkan bibit penyakit mudah membuat host menjadi sakit. Hal ini dapat terjadi ketika terjadinya mutasi bibit penyakit.



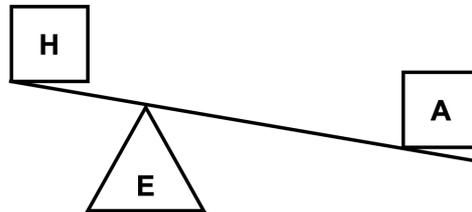
Gambar 2.4: Model Ketidaksetimbangan I Interaksi Trias Epidemiologi (Sumampouw, 2017)

2. Model kedua yaitu host atau inang jauh lebih berat daripada agen atau bibit penyakit (Gambar 2.5). Hal ini menyebabkan inang atau host jauh lebih peka terhadap bibit penyakit sehingga mudah untuk terjangkit atau terinfeksi penyakit. Hal ini terjadi salah satunya akibat



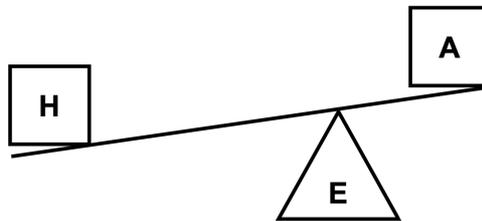
Gambar 2.5: Model Ketidaksetimbangan 2 Interaksi Trias Epidemiologi (Sumampouw, 2017)

3. Model ketiga terjadi ketidakseimbangan akibat pergeseran lingkungan yang menyebabkan agen atau bibit penyakit menjadi lebih berat (Gambar 2.6). Sehingga fenomena ini mengakibatkan bibit penyakit mudah membuat host atau inang menjadi sakit. Fenomena tersebut terjadi salah satunya akibat adanya perubahan iklim global.



Gambar 2.6: Model Ketidaksetimbangan III Interaksi Trias Epidemiologi (Sumampouw, 2017)

4. Model keempat terjadi ketidakseimbangan dikarenakan pergeseran lingkungan yang menyebabkan host atau inang menjadi lebih berat yang mengindikasikan bahwa host atau inang jauh lebih peka dan mudah terkena bibit penyakit (Gambar 2.7). Hal ini terjadi ketika adanya kontaminasi lingkungan salah satunya pencemaran air, tanah dan udara.



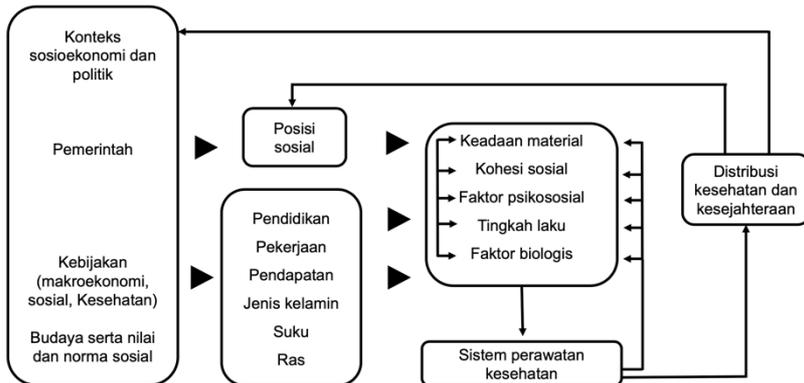
Gambar 2.7: Model Ketidaksetimbangan IV Interaksi Trias Epidemiologi (Sumampouw, 2017)

2.4 Model Teori Modern (contemporary model)

Model teori Blum dan Gordon telah memberikan informasi dan penjelasan secara detail mengenai konsep dasar timbulnya penyakit pada masyarakat. Seiring perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi, para peneliti dan

lembaga telah melakukan kajian untuk mengembangkan teori baru dalam menjelaskan timbulnya penyakit pada masyarakat. Dahlgren dan Whitehead pada tahun 2006 menyebutkan bahwa ada tiga faktor utama meliputi umur, jenis kelamin dan genetik yang menjadi faktor timbulnya penyakit pada masyarakat. Selain ketiga faktor utama tersebut, terdapat beberapa faktor pendukung lainnya seperti gaya hidup, interaksi sosial, kondisi pekerjaan dan kehidupan, ketersediaan bahan pangan, akses barang bagus dan pelayanan optimal serta beberapa faktor yang menyangkut ekonomi, budaya dan kondisi lingkungan.

Ansari (2003) menyebutkan bahwa terdapat 4 faktor utama yang memengaruhi timbulnya penyakit pada masyarakat yaitu, status sosial, pelayanan kesehatan, perilaku timbulnya penyakit dan status kesehatan. Sementara itu *WHO Commission on Social Determinants of Health (WHOCS DH)* (2007) menyimpulkan bahwa kondisi sosial di mana orang dilahirkan, hidup dan bekerja merupakan faktor utama yang memengaruhi timbulnya penyakit pada masyarakat. dalam teori modelnya WHO memberikan kerangka konseptual untuk pemahaman konteks sosio ekonomi dan politik, penentu struktural, penentu intermediet (meliputi kondisi material, kondisi sosial-lingkungan, faktor tingkah laku dan biologis, kohesi sosial, dan pelayanan kesehatan) dan dampak pada keadilan kesehatan dan kesejahteraan sebagai hasil pengukuran kesehatan. Model teori WHO disajikan pada Gambar 2.8.



Gambar 2.8: Model Teori Modern WHO (WHO Commission on Social Determinants of Health (WHOCS DH), 2007)

Bab 3

Paradigma Epidemiologi Kesehatan Lingkungan

3.1 Pendahuluan

Epidemiologi adalah “ilmu tentang frekuensi, distribusi dan determinan keadaan dan peristiwa yang terkait kesehatan pada populasi tertentu, dan penerapan ilmu itu untuk mengendalikan masalah kesehatan”. Epidemiologi mempelajari distribusi kondisi kesehatan (penyakit dan berbagai akibatnya) pada populasi dan meneliti risiko atau kausa yang berhubungan dengan kondisi-kondisi itu. Hasil studi epidemiologi dapat digunakan untuk pembuatan kebijakan dan mengembangkan intervensi kesehatan masyarakat yang berbasis bukti ilmiah, dengan cara mengidentifikasi kausa dari penyakit, determinan status kesehatan populasi, dan menentukan sasaran intervensi kesehatan masyarakat.

Berdasarkan definisi tersebut di atas, dapat disimpulkan bahwa dalam pengertian epidemiologi terdapat 3 hal pokok sebagai berikut:

- a. Frekuensi masalah kesehatan yang dapat diartikan sebagai besarnya masalah kesehatan yang terdapat pada sekelompok manusia/masyarakat. Untuk dapat mengetahui frekuensi suatu masalah kesehatan dengan tepat, perlu dilakukan beberapa langkah yaitu

menemukan masalah kesehatan yang dimaksud dan melakukan pengukuran atas masalah kesehatan tersebut.

- b. Distribusi (penyebaran) masalah kesehatan yang dapat diketahui melalui pengelompokan masalah kesehatan menurut suatu keadaan tertentu. Keadaan tertentu yang dimaksudkan dalam epidemiologi adalah sebagai berikut:
 - 1) Karakteristik Manusia (Person) yaitu karakteristik sasaran penyebaran penyakit itu atau orang yang terkena penyakit (Who).
 - 2) Karakteristik Tempat (Place) yaitu lokasi terjadinya penyebaran atau kasus penyakit (Where).
 - 3) Karakteristik Waktu (Time) yaitu kapan penyebaran atau terjadinya kasus penyakit tersebut (When)
- c. Determinan (faktor – faktor yang memengaruhi)
Determinan dapat diartikan sebagai faktor penyebab dari suatu penyakit/masalah kesehatan atau kasus penyakit yang terjadi. Untuk merumuskan faktor determinan tersebut dapat dilakukan melalui 3 langkah berikut ini:
 - 1) Merumuskan hipotesis
 - 2) Melakukan pengujian terhadap rumusan hipotesis
 - 3) Menarik kesimpulan.

3.2 Epidemiologi Kesehatan Lingkungan

Epidemiologi kesehatan lingkungan (environmental health epidemiology) meneliti berbagai paparan lingkungan yang memberikan kontribusi atau sebaliknya memberikan perlindungan (proteksi) terhadap terjadinya cedera, penyakit, gangguan perkembangan, disabilitas, dan kematian, serta penerapan pengetahuan itu untuk mengembangkan langkah-langkah kesehatan masyarakat yang efektif untuk mengelola risiko yang berhubungan dengan paparan lingkungan yang merugikan tersebut di mana dapat terjadi melalui udara, makanan, air, vector dan kontak kulit/kontak langsung.

Penyelidikan epidemiologi kesehatan lingkungan dapat mengacu pada 4 indikator simpul sebagai berikut (Umar Fahmi Achmadi, 2011) (Soemirat, J., 2010):

- a. Simpul pertama yaitu studi komponen lingkungan pada sumbernya atau lazim dikenal sebagai emisi (emission inventory). Pengetahuan tentang simpul pertama ini berguna untuk menentukan sejauh mana potensi bahaya komponen lingkungan yang mungkin ditimbulkannya. Misalnya angka prevalensi penderita hepatitis atau typhoid dalam satu wilayah dapat mencerminkan potensi penyebaran penyakit yang bersangkutan, jumlah pabrik yang memiliki limbah; logam berat pada titik buangan, dan lain-lain dapat menggambarkan potensi masalah kesehatan lingkungan. Beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam simpul pertama antara lain jenis dan volume kegiatan yang dilakukan di lokasi tersebut, lama kegiatan, jenis bahaya yang ada, perubahan yang terjadi, kegiatan pengendalian risiko yang telah dilaksanakan disertai monitoring efektivitasnya.
- b. Simpul kedua yaitu pengukuran komponen pada “ambient” atau lingkungan. Umumnya komponen lingkungan berada dalam media/wahana lingkungan, misalnya studi monitoring tingkat pencemaran air, residu pestisida dalam makanan dan lain-lain. Berdasarkan informasi yang diperoleh tersebut akan dapat kita perkirakan potensi bahaya dari komponen-komponen lingkungan yang diteliti atau diduga berkaitan dengan penyakit/kasus yang dikelola.
- c. Simpul ketiga yaitu studi epidemiologi yang sering kita lakukan pada manusia/host atau masyarakat/penduduk sebagai sasaran studi. Studi pada simpul ini mempelajari hal-hal setelah agen penyakit mengadakan interaksi dengan sekelompok penduduk atau dengan kata lain, setelah komponen lingkungan masuk ke dalam tubuh, di mana dalam dosis cukup telah timbul keracunan. Contoh, adanya kandungan Pb dalam darah atau CO dalam darah, menunjukkan tinggi rendahnya tingkat exposure seseorang terhadap bahan pencemaran. Studi epidemiologi pada simpul ke-3 ini juga sering disebut parameter biologis bila sesuatu komponen lingkungan sudah berada pada tubuh

manusia. Parameter yang didapat menunjukkan “tingkat pajanan” (atau level of exposure) atau derajat kontak yang paling mendekati keadaan sebenarnya, misalnya adanya penurunan cholinesterase dapat dipakai sebagai indikasi derajat kontak terhadap pestisida. Contoh lain, adanya pengukuran kadar carboxy hemoglobin (CO-Hb), atau DDT dalam plasma darah, merkuri, tetraethyl lead, dan lain-lain. Perlu pula diingat bahwa nilai-nilai tersebut sering dipengaruhi “intervening variable”, misalnya gizi, kelainan kongenital, kadar hemoglobin, dan lain-lain. Dalam kondisi keracunan akut, studi epidemiologi pada simpul ini dikenal dengan penyelidikan kasus luar biasa (KLB), yang memerlukan langkah-langkah khusus. Pada simpul ketiga ini perlu diperhatikan hal-hal penting antara lain pola pajanan, dosis dan waktu pajanan.

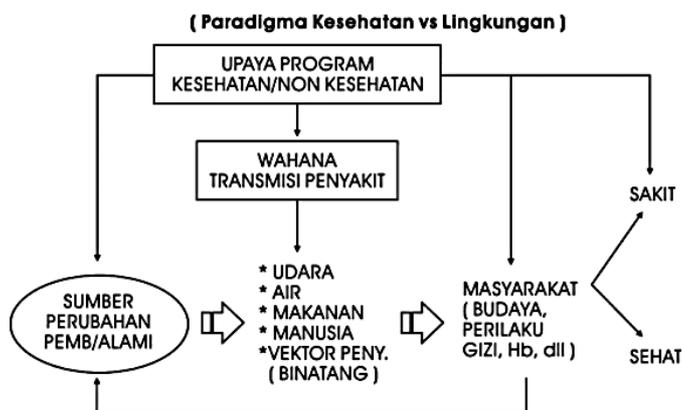
- d. Simpul keempat yaitu studi gejala penyakit, atau bila komponen lingkungan telah menimbulkan dampak. Tahap ini ditandai dengan pengukuran gejala sakit, baik secara klinis atau subklinis. Berbagai ukuran atau parameter epidemiologi seperti prevalensi, insidensi dan mortalitas penting diperhatikan dalam studi epidemiologi simpul ini. Namun, umumnya studi dengan menggunakan simpul indikator tersebut, saat ini masih memiliki beberapa kelemahan jika terpaksa harus mengambil data sekunder, misalnya di Puskesmas. Hal ini karena sistem pencatatan dan pelaporan yang masih kurang sempurna. Sehingga umumnya dilakukan dengan mengambil data primer. Contoh: pengumpulan prevalensi atau insidensi penyakit saluran nafas di sekitar pabrik. Selain studi deskriptif dengan menggunakan simpul indikator tersebut di atas, banyak pula dilakukan studi epidemiologi yang bersifat analitik dengan menggabungkan atau mencoba menghubungkan antara dua atau lebih simpul yang berkaitan dengan kasus penyakit berbasis lingkungan.

3.3 Paradigma Kesehatan Lingkungan

Paradigma kesehatan lingkungan merupakan pola pikir keterkaitan terjadinya suatu penyakit/masalah kesehatan berkaitan dengan faktor-faktor lingkungan. Paradigma kesehatan lingkungan menggambarkan hubungan interaktif antara berbagai komponen lingkungan dengan dinamika perilaku penduduk. Model hubungan berbagai variabel penduduk dengan *outcome* penyakit ini menjadi dasar analisis terhadap kejadian sehat-sakit dalam suatu lingkungan. Model dasar ini dapat dikembangkan menjadi model-model yang lebih kompleks dengan memperhitungkan semua variabel yang diperoleh dari berbagai perkembangan hasil penelitian atau tinjauan kepustakaan terkini. Dalam konteks model ini, keilmuan 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. Patogenesis penyakit terjadi erat kaitannya dengan media lingkungan di mana terjadinya penyakit berhubungan dengan perspektif lingkungan yaitu air, udara, dan tanah yang dapat diilustrasikan dalam gambar 3.1 (Umar Fahmi Achmadi, 2011) (Umar Fahmi Achmadi, 2012).

Dalam bagan 3.1. dapat kita ketahui bahwa perubahan-perubahan lingkungan dapat disebabkan oleh kegiatan alam, seperti letusan gunung berapi, atau akibat kegiatan manusia, seperti pembangunan waduk, pembakaran hutan, industri pencemaran udara pencemaran rumah tangga, dan lain-lain. Komponen lingkungan yang selalu berinteraksi dengan manusia dan sering kali mengalami perubahan akibat adanya kegiatan manusia atau proyek besar, adalah air, udara, makanan, vektor/binatang penular penyakit, dan manusia itu sendiri. Perubahan-perubahan yang harus diwaspadai, pada dasarnya karena berbagai komponen lingkungan, seperti air maupun udara, bahkan binatang, seperti nyamuk tersebut yang mengandung penyebab penyakit. Penyebab penyakit ini yang pada dasarnya “menumpang” pada “vehicle” air, udara, dan lain sebagainya. Pada

dasarnya komponen lingkungan yang disebut memiliki potensi dampak kesehatan adalah komponen lingkungan yang mengandung di dalamnya berbagai penyebab penyakit yang dapat dikelompokkan kedalam kelompok fisik, mikroba maupun bahan kimia beracun.



Gambar 3.1: Paradigma Kesehatan Lingkungan (Umar Fachmi Achmadi, 2009)

Sumber Penyakit

Keberadaan agen penyakit dapat dibagi diklasifikasikan sebagai berikut (Muhammad Ikhtiar, 2017):

- Kelompok mikroba meliputi virus, spora, bakteri, parasit, jamur. Masing-masing perlu lebih dideskripsikan lagi tentang pengukuran jumlah kontak atau perkiraan dosisnya, misalnya dengan menghitung koloni kuman sebagai salah satu metode untuk memperkirakan exposure terhadap kuman
- Kelompok bahan kimia, misalnya berbagai jenis pestisida, limbah industri, asap rokok, logam berat, serta berbagai jenis bahan kimia berbahaya lainnya yang diperkirakan masing-masing memiliki potensi bahaya kesehatan lingkungan. Dalam hal ini penting harus ditetapkan atau dipelajari bahan kimia yang akan diidentifikasi bahaya dan risikonya terhadap timbulnya penyakit berbasis lingkungan
- Kelompok fisika meliputi radiasi, elektromagnetik, kebisingan, getaran, suhu, ultraviolet, cuaca, radiasi, dan sebagainya.

Berbagai jenis agen di atas akan berinteraksi dengan manusia melalui media lingkungan antara lain udara, air, tanah, makanan, atau vektor penyakit (seperti nyamuk).

Simpul pertama dalam teori ini menjelaskan bahwa titik awal terjadinya kasus penyakit yaitu keberadaan penyebab/sumber penyakit. Sumber penyakit yang dimaksudkan di sini yaitu sesuatu yang dapat menimbulkan gangguan penyakit melalui kontak secara langsung maupun melalui media perantara. Sumber penyakit adalah titik yang secara konstan mengeluarkan atau mengemisikan sumber penyakit, di mana secara konstan maupun kadang-kadang mengeluarkan satu atau lebih berbagai komponen lingkungan hidup tersebut. Sumber penyakit dapat diklasifikasikan dalam 3 kelompok utama yang meliputi biologi seperti virus, amoeba, jamur, bakteri, parasit, dan lain-lain; fisik, seperti kekuatan radiasi, energi, kebisingan, kekuatan cahaya, dan lain-lain; serta bahan kimia toksik, misalnya pestisida, merkuri, cadmium, CO, dan lain-lain.

Lingkungan sebagai Media Transmisi Penyakit

Berbagai komponen lingkungan dalam berbagai media menjadi jalur riwayat alamiah penyakit karena adanya sumber-sumber yang secara aktif menghasilkan adanya komponen tersebut, baik dalam masa pemanfaatan (penggunaan) maupun ketika sudah menjadi limbah cair, padat maupun gas. Komponen lingkungan utamanya adalah bahan kimia pada berbagai media yang melebihi ambang batas, lazim dikenal sebagai pencemaran lingkungan. Komponen lingkungan yang memiliki potensi sebagai agen penyakit yang berasal dari sumbernya, lalu bergerak dan berada dalam lingkungan (ambient). Kemungkinan selanjutnya terdapat 2 kemungkinan, dapat dieliminir oleh komponen lingkungan yang lain (misalnya suhu lingkungan, kelembaban, bakteri, dan lain-lain) sehingga potensi bahaya hilang atau sebaliknya potensi menjadi lebih berbahaya bagi manusia. Dalam hal ini, perlu diperhatikan adanya variabel pengaruh/ pengganggu yang dapat memperberat atau memperingan keadaan (intervening variables) (Umar Fahmi Achmadi, 2011).

Media atau “vehicle” udara: kita mengenal masalah “indoor air pollution”, pencemaran debu, spora dan lain-lain dalam udara. Media atau “vehicle” air: kita mengenal adanya bakteri, kimia, logam berat dalam air, dan lain-lain sehingga kita kenal program air bersih, pengolahan air limbah, dan lain-lain. Media atau makanan, misalnya makanan yang mengandung bakteri, spora, makanan yang mengandung bahan pewarna berbahaya, makanan/produk pertanian yang mengandung pestisida, hormon, logam berat (Cd), dan lain-lain.

Bakteri, parasit juga dapat dipindahkan melalui binatang penular atau vektor penyakit. Media transmisi penyakit dapat berupa udara, air, tanah, makanan, vektor/binatang/serangga, dan manusia melalui kontak langsung. (Muhammad Ikhtiar, 2017)

Dalam hal ini peran komponen lingkungan sebagai media transmisi penyakit yaitu apabila sanitasi lingkungan bersih dan baik maka tidak akan terjadi timbulnya penyakit dan sebaliknya. Peran komponen lingkungan sebagai media transmisi penyakit meliputi lingkungan udara, lingkungan air, lingkungan tanah dan lingkungan lainnya seperti binatang/serangga.

Penduduk/Masyarakat

Dalam hal ini komponen penduduk dapat dikaitkan dengan aspek perilaku atau kebiasaan hidup sehari-hari secara lebih luas. Pola pemaparan dalam perilaku pemajanan merupakan konsep hubungan interaktif antara komponen lingkungan dengan penduduk berikut perilakunya. Perilaku pemajanan di sini diartikan sebagai kontak antara manusia dengan komponen lingkungan yang mengandung potensi bahaya penyakit.

Apabila di sekitar agen atau komponen lingkungan itu ada sekelompok manusia maka agen tersebut akan masuk ke dalam tubuh manusia melalui 3 jalur yaitu jalur pernafasan, jalur pencernaan dan jalur kontak langsung dengan kulit baik kontak dan masuk melalui pori-pori kulit atau suntikan. Setelah masuk ke dalam tubuh, komponen lingkungan tersebut atau hasil metabolisme akan berada dalam jaringan darah, lemak, otak, dan lain-lain dan/atau berinteraksi dengan sistem pertahanan biologis. Dalam proses tersebut, seringkali dapat kita kenali berbagai symptoms atau gejala. Apabila kuantitas komponen lingkungan tersebut masih dalam sedikit biasanya tidak menimbulkan gejala yang jelas, sehingga orang tersebut dapat dikategorikan mengalami paparan kronis atau bahkan sering menimbulkan "long term effect" pada periode berikutnya. Setelah berinteraksi dengan sistem imunitas tubuh maupun mekanisme fisiologis lainnya, jumlah paparan komponen lingkungan tersebut akan bisa kita amati pada hasil metabolisme tubuh, seperti urine, air liur, keringat, dan lain-lain. Dalam konsepsi kesehatan lingkungan, dapat diartikan bahwa status kesehatan masyarakat, merupakan resultante atau hasil hubungan interaktif antara berbagai komponen lingkungan (udara, air, makanan, vektor/binatang penular penyakit, tanah) dengan manusia itu sendiri di mana komponen tersebut mengandung berbagai penyebab penyakit/agen, seperti golongan biologis, kimia dan golongan fisik. (Koren, Herman and Bisesi, Michael, 2002)

Dampak Kesehatan / Outcome

Kondisi sehat/sakit merupakan dampak dari perilaku pemajanan yang mendukung sumber penyakit masuk dalam tubuh manusia di mana lingkungan menjadi media transmisi. Apabila penduduk pada kondisi tidak mampu beradaptasi dengan lingkungan maka sumber penyakit akan mudah menimbulkan sakit tetapi sebaliknya apabila dalam perilaku pemajanan tersebut penduduk mampu beradaptasi dengan baik, maka akan tercapai kondisi sehat.

3.4 Studi Epidemiologi Kesehatan Lingkungan

Berbagai parameter kesehatan lingkungan dan pengukuran terhadap berbagai parameter tersebut beserta perubahan ataupun dinamika hubungan interaktif tersebut memiliki peranan penting dalam pengendalian kasus penyakit berbasis lingkungan. Dalam pembahasan materi sebelumnya, dapat kita ketahui bahwa paradigma kesehatan lingkungan melalui berbagai parameter kesehatan lingkungan dapat diukur pada simpul 1 yaitu pengukuran pada sumbernya atau lazim dikenal sebagai pengukuran emisi; pada simpul 2 yaitu pengukuran berbagai komponen penyebab sakit pada ambient (sebelum kontak dengan manusia), seperti pengukuran kualitas udara, air, makanan dan sebagainya; pada simpul 3 yaitu pengukuran pada spesimen tubuh manusia lazim dikenal sebagai bio-indikator atau biomarker, pengukuran kadar merkuri pada rambut, atau kadar Pb dalam darah; atau pada simpul 4 yaitu jika interaksi berbagai komponen tersebut menghasilkan “outcome” berupa kejadian penyakit, contoh prevalensi berbagai penyakit, seperti jumlah penderita keracunan, jumlah penderita kanker dalam sebuah komunitas, jumlah penderita diare, penyakit kulit, dan sebagainya (Pitriani, Herawanto, 2019).

Dalam pengukuran simpul 3 atau 4, perlu dilakukan identifikasi population at risk, yaitu kelompok sasaran atau masyarakat yang akan terkena dampak. Pada dasarnya pengukuran dan pemantauan dampak pada manusia adalah community based, sehingga dalam penentuan population at risk harus mengikuti sebaran potensi dampak (yakni komponen lingkungan yang mengandung penyebab penyakit/potensi dampak). Sebagai contoh adalah risiko yang bergantung pada aliran dan penyebaran air ataupun udara. Misalnya suatu

industri yang menghasilkan polusi udara, akan mengalir ke arah satu daerah/wilayah tertentu. Penduduk di sekitar arah angin merupakan *population at risk*. Dalam lingkup *population at risk* tersebut dapat kita ambil sampel menurut prosedur baku yang telah ada, yakni teknik sampling yang sesuai ketentuan kasus yang dikelola. Contoh lainnya adalah distribusi makanan yang diduga tercemar merkuri di mana lingkup *population at risk* nya bisa tersebar lebih luas tergantung pola konsumsi masyarakat terhadap makanan yang mengandung merkuri tersebut.

Population at risk dapat ditentukan lingkungannya berdasarkan kelompok umur, tempat ataupun waktu, maupun perilaku/kebiasaan yang sama. Homogenitas “riwayat exposure” dapat dipertimbangkan sebagai faktor penting dalam menentukan kelompok berisiko atau *population at risk*.

Identifikasi *population at risk* dapat dilakukan berdasarkan berbagai faktor yang sekiranya menentukan kesamaan risiko tadi sebelum diambil sampel. Pengambilan sampel berdasarkan *population at risk*, biasanya dibutuhkan sebagai data primer, meskipun ada alternatif lain menggunakan data sekunder dengan mengambil data kasus dari rumah sakit maupun fasilitas pelayanan kesehatan lainnya. Umumnya ketersediaan atau pengambilan data sekunder sehingga tidak dianjurkan karena seringkali tidak mampu secara ideal menggambarkan kenyataan antara lain dikarenakan data kasus di fasyankes dapat juga berasal dari penderita yang berasal dari daerah atau kelompok yang tidak terkena risiko (Paolo F. Ricci, 2006).

Beberapa hal penting yang perlu diperhatikan dalam pengukuran parameter kesehatan lingkungan pada studi epidemiologi kesehatan lingkungan antara lain sebagai berikut (Pitriani, Herawanto, 2019):

- a. Kemampuan untuk mengidentifikasi populasi mana yang terkena dampak
- b. Intensitas dan lama waktu serta cara kontak antara penyebab penyakit tertentu atau pemaparan dengan penduduk. Penduduk yang terkena risiko atau potensi untuk kontak dengan penyebab penyakit, tidak selalu berada dalam satu kawasan. Dapat saja dalam waktu yang bersamaan, namun tempat yang berbeda. Sebagai contoh, orang yang memiliki hobi makan ikan asin (sedangkan dalam ikan asin tersebut terdapat logam berat) akan merupakan risiko logam berat di mana saja, kapan saja.

- c. Dalam analisis dampak kesehatan lingkungan pada sebuah proyek berpotensi dampak, harus dilihat pula apakah jumlah populasi yang terkena dampak bertambah, baik karena pendatang baru ataupun risiko lingkungan yang meluas.

Penetapan population at risk dalam identifikasi keberadaan high risk group pada dasarnya ditentukan oleh pola kinetika penyebab yang berada di dalam wahana transmisi (sebaran potensi dampak) dan penentuan lokasi pengukuran analisis pemajanan.

Untuk mengurangi dampak buruk dari bahaya lingkungan terhadap kesehatan manusia kita perlu memahami dari mana bahaya berasal, mengidentifikasi bahaya dan jalur bahaya dapat mencapai penduduk. Sumber bahaya adalah tempat asal dari kegiatan yang diusulkan dan keberadaannya. Pasien dan carrier mengeluarkan agen infeksi (bahaya biologis) yang bisa menginfeksi orang sehat. Proses industri dalam pabrik mengeluarkan bahaya kimia yang dapat ditemukan dalam limbah; limbah bisa mencapai air minum, sehingga menyebabkan kemungkinan menelan bahan kimia ini. Kegiatan rumah tangga juga bisa menjadi sumber bahaya, misalnya, memasak dengan bahan bakar seperti kotoran hewan dan arang menghasilkan asap beracun yang dapat menyebabkan penyakit paru-paru. Jenis bahaya adalah bahan kimia tertentu, agen infeksi atau agen lainnya yang terlibat. Jalur adalah rute dilalui oleh bahaya sumber ke orang. Respon atau efek adalah hasil kesehatan (perubahan fungsi tubuh atau kesehatan) setelah bahaya memengaruhi orang. Jumlah dan jenis perubahan (atau respon) tergantung pada jenis bahaya dan efeknya terhadap orang-orang berbeda-beda. Hal ini akan tergantung pada kesehatan individu dan faktor-faktor seperti usia; misalnya, anak-anak atau orang-orang yang sudah sakit lebih sering menderita oleh penyakit seperti diare daripada orang dewasa yang sehat sehingga dalam upaya pencegahannya kita perlu memahami sumber bahaya (dari mana asalnya), jenis bahaya (misalnya jenis dan konsentrasi bahan kimia), jalur (lingkungan yang terkena dampak dan bagaimana pola paparannya).

Analisis atau pengukuran dampak kesehatan lingkungan merupakan suatu cara atau model pendekatan untuk mengkaji dan/atau menelaah secara mendalam untuk mengenali, memahami dan membuat prediksi kondisi dan karakteristik lingkungan yang berpotensi terhadap timbulnya risiko kesehatan dengan mengembangkan tata laksana terhadap sumber perubahan media lingkungan, masyarakat yang terpajan dan dampak kesehatan yang terjadi untuk informasi kepada pengambilan keputusan, masyarakat, dan perhitungan dari implikasi

usulan kegiatan akan dampak terhadap kesehatan lingkungan sebelum keputusan diambil.

Kajian dan atau telaah dilakukan dengan pengukuran pada sumber dampak atau sumber perubahan (emisi), media lingkungan (ambien), penduduk yang terpajan (biomarker), dan potensi dampak kesehatan. Dalam implementasinya, pendekatan ini dapat dilakukan melalui tujuh langkah sebagai berikut:

- 1) evaluasi (berdasarkan data dan informasi) yang berkaitan dengan lokasi kejadian,
- 2) penelaahan kepedulian terhadap pencemaran,
- 3) penetapan bahan pencemar sasaran kajian,
- 4) identifikassi dan penelaahan jalur pemajanan,
- 5) prediksi dampak terhadap masyarakat,
- 6) penyimpulan dan rekomendasi,
- 7) pelaporan.

Bab 4

Pencemaran Lingkungan dan Kesehatan

4.1 Pendahuluan

Pencemaran lingkungan terjadi semakin banyak dalam dekade terakhir. Kualitas lingkungan hidup juga mengalami kecenderungan untuk terus menurun. Kondisi ini sudah mencapai tahap mengkhawatirkan yang menjadi perhatian di seluruh dunia. Urbanisasi dan industrialisasi, serta perkembangan ekonomi menyebabkan terjadinya peningkatan penggunaan energi dan pembuangan sampah. Begitu seriusnya masalah ini, pencemaran lingkungan dianggap sebagai masalah kesehatan masyarakat dalam lingkup internasional dan global, sehingga perlu dilakukan investigasi dari berbagai sudut pandang dan keahlian, termasuk bidang sosial, ekonomi, legislasi, serta upaya promosi dan pencegahan berupa perubahan gaya hidup menjadi lebih sehat (Hunter, 2011; Kelishadi, 2012; BPS, 2020; Susanto, 2020).

Tindak lanjut yang masif, yang melibatkan berbagai sudut pandang dan keahlian ini tentu saja bukan sesuatu yang berlebihan dan mengherankan. Pencemaran lingkungan telah diketahui memiliki berbagai dampak yang buruk bagi kesehatan manusia. Kematian bayi, gangguan pernapasan, alergi, keganasan, penyakit jantung dan pembuluh, disfungsi endotel, hingga kelainan mental,

adalah beberapa dampak buruk dari pencemaran lingkungan (Kelishadi, 2012). Pada bab ini akan dibahas mengenai sumber pencemar, bahan pencemar, dan jenis pencemaran lingkungan, serta dampak pencemaran lingkungan itu terhadap kesehatan manusia.

4.2 Pencemaran Lingkungan

Lingkungan, atau yang sering disebut juga dengan 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 (Pemerintah Republik Indonesia, 2009; BPS, 2017). Komponen yang termasuk dalam definisi lingkungan adalah ekosistem dan penyusunnya, semua sumber daya alam dan fisik yang terkandung di dalamnya, serta kondisi sosial, ekonomi, estetik, dan budaya yang memengaruhi dan dipengaruhi oleh perubahan lingkungan (Larsson, 2009). Ekosistem sendiri adalah tatanan unsur lingkungan hidup yang merupakan kesatuan utuh-menyeluruh dan saling memengaruhi dalam membentuk keseimbangan, stabilitas, dan produktivitas lingkungan hidup (Pemerintah Republik Indonesia, 2009).

Ketika terdapat suatu kejadian yang menyebabkan masuk atau dimasukkannya makhluk hidup, zat, energi, dan/atau komponen lain ke dalam lingkungan hidup oleh kegiatan manusia, kemudian melampaui baku mutu lingkungan yang telah ditetapkan, maka terjadilah suatu pencemaran lingkungan. Baku mutu lingkungan (BML) adalah ukuran batas atau kadar makhluk hidup, zat, energi, atau komponen yang ada atau harus ada dan/atau unsur pencemar yang ditenggang keberadaannya dalam suatu sumber daya tertentu sebagai unsur lingkungan hidup. (Pemerintah Republik Indonesia, 2009).

Pencemaran lingkungan juga dapat didefinisikan sebagai masuknya komponen berbahaya atau beracun ke dalam ekosistem akuatik dan lahan yang bergantung secara langsung pada ekosistem akuatik, yang membahayakan atau menyebabkan kontaminasi dan kerusakan lingkungan, sehingga berdampak negatif pada kehidupan yang ada di lingkungan. Jika disederhanakan, pencemaran lingkungan adalah kondisi lingkungan yang disebabkan oleh aktivitas manusia, yang berdampak negatif pada kehidupan makhluk hidup (Dewata and Danhas, 2018).

Pencemaran lingkungan dapat terjadi ketika suatu kegiatan atau aktivitas manusia menjadi sumber pencemar, yang menggunakan bahan pencemar atau polutan dalam aktivitas tersebut, kemudian melalui proses tertentu menyebabkan terjadinya pencemaran lingkungan, baik di air, tanah, maupun udara (Dewata and Danhas, 2018). Masalah kerusakan dan pencemaran lingkungan diatasi melalui 3 kategori berbeda. Isu global fokus pada deforestasi (penggundulan hutan), desertifikasi (penggurunan), dan penipisan lapisan ozon dan perubahan iklim akibat pemanasan global (efek rumah kaca). Perhatian akan isu lingkungan regional ada di pencemaran lintas batas dan manajemen area ekologis, seperti area lahan basah, serta perpindahan spesies makhluk hidup. Sementara itu, di tingkat lokal, masalah lingkungan berpusat pada lingkungan nasional, risiko aktivitas industri, dan dampak dari aktivitas rumah tangga, misalnya pengelolaan sampah rumah tangga dan hasil/ produk sisa dari kegiatan yang dilakukan (Larsson, 2009).

4.2.1 Sumber dan Bahan Pencemar

Sumber pencemaran adalah setiap kegiatan yang menghasilkan bahan pencemar atau polutan. Secara garis besar, sumber pencemaran dibagi menjadi 2, yaitu sumber pencemar domestik dan sumber pencemar industri (non domestik). Sumber pencemar domestik contohnya adalah rumah warga di daerah pemukiman, baik perkampungan maupun perkotaan, jalan, terminal, atau rumah sakit. Sumber pencemar industri (non domestik) yaitu pabrik, pertanian, perikanan, peternakan, dan transportasi (Marganingrum et al., 2013; Ainuddin and Widyawati, 2017).

Bahan pencemar, atau bisa juga disebut dengan polutan, adalah zat atau bahan yang dapat menyebabkan pencemaran lingkungan (Dewata and Danhas, 2018). Agar lebih mudah dalam memahami apa saja yang termasuk ke dalam kategori bahan pencemar, pembahasannya akan diklasifikasikan berdasarkan tempat terjadinya pencemaran, yaitu udara, air, dan tanah.

Bahan pencemar udara dapat diklasifikasikan jenisnya berdasarkan wujud atau bentuk gas, cair, dan padat. Bahan pencemar yang berwujud gas, di antaranya adalah senyawa belerang (SO_x dan H₂S), senyawa nitrogen (NO_x), Chloro Floro Carbon (CFC), dan karbon monoksida (CO). Polutan SO_x banyak dihasilkan oleh industri baja, kilang minyak, dan pembakaran batu bara atau minyak bumi yang mengandung sulfur/ belerang. Polutan NO_x dapat dihasilkan oleh reaksi gas nitrogen dan oksigen di udara pada suhu yang tinggi, atau dengan

kata lain, dapat dihasilkan dari kegiatan pembakaran, baik kendaraan bermotor maupun pembakaran sampah (Dewata and Danhas, 2018).

Senyawa CFC banyak digunakan untuk pendingin ruangan (AC) dan lemari es, dalam proses pembuatan plastik, sebagai blowing agent dalam proses pembuatan foam (busa), juga merupakan bahan aktif untuk pemadam kebakaran dan fumigasi. Dengan bantuan radiasi sinar matahari, CFC dapat mengeluarkan atom-atom klorin yang dapat merusak ozon. Senyawa CFC sangat berbahaya karena satu buah molekul CFC memiliki masa hidup yang sangat lama, yaitu 50-100 tahun dalam atmosfer, sehingga kerusakan ozon dapat terjadi dalam jangka waktu yang lama. Polutan CO dapat dihasilkan dari pembakaran yang tidak sempurna, seringnya dari kegiatan industri, namun mungkin juga dari kegiatan domestik (Dewata and Danhas, 2018).

Contoh polutan dalam bentuk cair dan padat adalah Particulate Matter (PM). Berdasarkan ukurannya, PM dibedakan menjadi 4 kategori, yaitu Total Suspended Particulates (TSP) yang diameternya $<30 \mu\text{m}$, PM₁₀ atau partikel kasar (diameter $<10 \mu\text{m}$), PM_{2.5} atau partikel halus (diameter $<2,5 \mu\text{m}$). Dan ultrafine PM (diameter $<0.1 \mu\text{m}$). Polutan ini dihasilkan oleh aktivitas industri, lalu lintas, debu jalanan, juga pembakaran bahan bakar kendaraan (Abulude, 2016; Mukherjee and Agrawal, 2017).

Sumber pencemaran tanah digolongkan menjadi 4, yaitu pestisida, sampah anorganik, sampah organik, dan deterjen. Pestisida adalah zat yang bersifat racun, yang sering digunakan dalam bidang pertanian, untuk membasmi hama dan penyakit tanaman. Pestisida bukan hanya beracun bagi hama, tapi bisa berdampak juga pada kesehatan manusia. Pencemaran pestisida di tanah tidak berhenti sampai di tanah saja. Jika menempel pada tanaman hasil panen, residu pestisida dapat dikonsumsi oleh manusia. Jika mengalami penguapan dan bereaksi dengan air hujan, residu pestisida dapat membentuk hujan asam dan mengalir ke badan-badan air (Dewata and Danhas, 2018).

Sampah organik dan anorganik lebih banyak terdapat pada limbah domestik. Sampah organik adalah sampah yang dapat diurai atau didegradasi oleh mikroba. Contoh sampah organik adalah sisa makanan, kulit buah, dan daun pisang untuk membungkus makanan. Sementara itu, sampah anorganik adalah sampah yang tidak dapat diurai atau didegradasi oleh mikroba. Contoh sampah anorganik adalah botol plastik, kaleng, dan kaca (Sujarwo, Widyaningsih and Trisanti, 2014). Sumber pencemar tanah yang terakhir adalah deterjen. Polutan ini biasanya ada dalam bentuk limbah cair yang dihasilkan oleh kegiatan

domestik dan industri. Detergen sering langsung dialirkan ke badan air, menyebabkan akumulasi zat kimia di air sehingga terjadi pencemaran air. Pencemaran air selanjutnya dapat terakumulasi pada tanah dan menyebabkan pencemaran juga di tanah (Dewata and Danhas, 2018).

Pencemaran air dapat disebabkan oleh pembuangan limbah industri dan domestik, pestisida dan residu pestisida, juga tumpahan minyak bumi di laut. Limbah industri sering mengandung timbal (Pb), raksa (Hg), zinc (Zn) dan karbon monoksida (CO) yang terakumulasi pada badan air, menjadi racun yang berbahaya bagi makhluk hidup. Air yang tercemar berwarna keruh, memiliki rasa dan berbau, terdapat endapan, dan memiliki pH tidak netral (Dewata and Danhas, 2018; Anjelita, Windarto and Hartama, 2019). Sumber dan bahan pencemar, secara ringkas dapat dilihat pada tabel 4.1. Pada tabel tersebut disajikan data berupa jenis bahan pencemar berdasarkan tempat terjadinya cemar, dan sumber dari bahan pencemar tersebut, apakah domestik atau industri.

Tabel 4.1: Sumber dan Bahan Pencemar (Dewata and Danhas, 2018)

Tempat Terjadinya Pencemaran	Jenis Bahan Pencemar	Sumber Pencemar	
		Domestik	Industri
Udara	Senyawa belerang (SO _x dan H ₂ S)		V
	Senyawa nitrogen (NO _x)	V	V
	<i>Chloro Floro Carbon</i> (CFC)	V	V
	Karbon monoksida (CO)	V	V
	<i>Particulate matter</i> (PM)	V	V
Tanah	Sampah anorganik	V	V
	Sampah organik	V	V
	Deterjen	V	V
	Pestisida dan residu pestisida		V
Air	Limbah industri		V
	Limbah domestik	V	
	Tumpahan minyak bumi di laut		V

4.2.2 Parameter dan Jenis Pencemaran Lingkungan

Untuk mengidentifikasi dan mengetahui tingkat pencemaran di lingkungan, diperlukan suatu parameter. Parameter sendiri adalah jumlah bahan tercemar atau polutan yang terukur untuk menggambarkan keadaan pencemaran yang

terjadi. Parameter pencemaran lingkungan yang akan dibahas adalah parameter kimia, biokimia, biologi, dan fisik. Parameter kimia di antaranya oksigen (O_2), karbondioksida (CO_2), pH, alkalinitas, fosfor, dan logam-logam berat, di mana keberadaan kandungan unsur tersebut menjadi penentu tingkat pencemaran yang terjadi. Interval pH 6,5-8,5 menunjukkan bahwa air sungai belum tercemar. Apabila terdapat bahan organik sebagai bahan pencemar di sungai, maka kondisi air menjadi lebih asam (pH kurang dari 6,5). Sebaliknya, air dapat menjadi lebih basa (pH lebih dari 8,5) jika terdapat zat kapur di dalamnya. Perubahan pH air tergantung pada polutan. Kadar O_2 dan CO_2 terlarut dalam air dapat menjadi parameter pencemaran lingkungan. Kadar oksigen terlarut di dalam air yang tidak tercemar berkisar antara 5-7 ppm. Apabila terdapat mikroorganisme pencemar dalam jumlah banyak di dalam air, maka kadar O_2 terlarut menjadi berkurang dan CO_2 terlarut menjadi meningkat (Dewata and Danhas, 2018).

Parameter selanjutnya adalah parameter biokimia, yaitu pengukuran tingkat pencemaran dengan menggunakan parameter kimia melalui makhluk hidup/jasad renik. Contoh parameter biokimia adalah *Biochemical Oxygen Demand* (BOD) dan *Chemical Oxygen Demand* (COD). Polutan organik dapat diuraikan oleh bakteri air dengan menggunakan oksigen terlarut di air. Semakin banyak bahan pencemar organik yang ada di perairan, semakin banyak oksigen yang dibutuhkan, sehingga kadar oksigen terlarut semakin kecil. Banyaknya oksigen terlarut yang diperlukan bakteri untuk mengoksidasikan bahan organik disebut dengan BOD. Parameter biologi meliputi ada atau tidaknya organisme seperti bakteri *E. coli*, plankton, atau virus. Parameter fisik meliputi temperatur/suhu, warna, rasa, bau, dan kekeruhan. Parameter tersebut dapat menjadi indikator tingkat pencemaran terhadap air secara relatif (Dewata and Danhas, 2018; Sari, 2019).

Pencemaran lingkungan dapat diklasifikasikan menjadi 4 jenis, yaitu pencemaran udara, pencemaran air, pencemaran tanah, dan pencemaran suara. Selain 4 jenis pencemaran ini, ada juga jenis pencemaran lain yang lebih jarang terjadi, di antaranya pencemaran cahaya, pencemaran termal, dan pencemaran radioaktif. Walaupun jarang terjadi, pencemaran radioaktif memiliki dampak sangat berbahaya dan dapat menyebabkan kematian. Pencemaran udara berarti adanya polutan atau kontaminan berbahaya di udara/atmosfer. Pencemaran air terjadi ketika di badan air terdapat kontaminan atau indikasi terjadinya pencemaran. Pencemaran tanah mengacu pada kondisi adanya degradasi tanah oleh kontaminan. Pencemaran suara adalah adanya jumlah suara yang

berlebihan di lingkungan yang mengganggu keseimbangan alam, bahkan dapat menimbulkan dampak bagi kesehatan. Pencemaran suara bersumber dari suara kendaraan bermotor, suara dari kegiatan pabrik/ industri, atau bisa juga suara televisi dan mesin cuci di rumah.

4.3 Lingkungan dan Kesehatan

Hubungan antara lingkungan dan kesehatan sudah disadari sejak tahun 1980-an. Masyarakat di Eropa pada waktu itu menyadari bahwa lingkungan yang tidak sehat merupakan penyebab utama terjadinya perkembangan penyakit dan berakibat kematian. Dampak yang berbahaya dan mematikan serta terjadi dalam jangka waktu yang panjang akibat pencemaran lingkungan, dirasakan terutama setelah industrialisasi dan Perang Dunia II pada tahun 1990-an. Beberapa contoh kaitan antara lingkungan dan kesehatan tercatat oleh sejarah, di antaranya adalah the great smog di Kota London, Inggris yang terjadi pada bulan Desember 1952. Banyaknya pabrik-pabrik industri yang menggunakan batubara pada waktu itu mengakibatkan adanya kabut yang mencemari udara Kota London. Beberapa minggu berselang sejak munculnya kabur, dilaporkan ribuan orang meninggal dan ada ratusan ribu orang menderita penyakit kronis. Kasus lainnya adalah tragedi minamata yang terjadi di Jepang pada tahun 1956, akibat cemaran merkuri pada air limbah industri. Merkuri yang mencemari badan air terakumulasi dalam biota air, salah satunya kerang, yang merupakan makanan bagi masyarakat Jepang dan hewan-hewan peliharaan. Akibat pencemaran itu, di Kota Minamata terjadi banyak kasus sindrom neurologis hingga kematian pada manusia dan binatang peliharaan dalam kurun waktu yang lama (Dewata and Danhas, 2018).

4.3.1 Pengaruh Lingkungan terhadap Kesehatan

Dalam ilmu epidemiologi, dikenal sebuah konsep yang disebut dengan trias epidemiologi. Konsep ini menggambarkan hubungan antara tiga faktor utama yang berperan dalam proses terjadinya penyakit atau suatu gangguan kesehatan. Tiga faktor utama tersebut adalah host (penjamu/tuan rumah), agent (penyebab), dan environment (lingkungan). Apabila interaksi semua faktor seimbang atau berada di titik ekuilibrium, maka individu berada dalam keadaan sehat. Namun, apabila terjadi pergeseran lingkungan, misalnya, di mana lingkungan mengalami kerusakan, maka agen atau host menjadi tidak seimbang, sehingga

dapat menyebabkan terjadinya penyakit. Interaksi yang terjadi bisa antara agen penyakit dan lingkungan, antara penjamu/ manusia dan lingkungan, antara penjamu dengan agen penyakit, dan juga antara agen penyakit, penjamu, dan lingkungan secara bersamaan. Contoh dari interaksi terakhir adalah kasus waterborne disease (penyakit yang menular lewat perantara air) seperti muntaber, yang diakibatkan oleh pencemaran air sumur oleh kotoran manusia. Kondisi itu meningkatkan populasi agen penyakit (dari kotoran manusia) di lingkungan, bersamaan dengan itu juga terjadi pencemaran lingkungan, kemudian cemaran berupa agen penyakit masuk ke dalam tubuh manusia melalui saluran cerna (Irwan, 2017).

Rute atau jalan masuk kontaminan dan polutan ke dalam tubuh manusia ada 4, yaitu melalui inhalasi, absorpsi pada kulit atau mata, ingesti, dan injeksi. Inhalasi adalah rute atau jalur masuk utama untuk polutan dalam bentuk gas, uap, atau partikulat. Setelah diinhalasi, polutan akan dibuang kembali ke udara, ataupun tersimpan di saluran nafas. Tersimpannya polutan di saluran atau organ pernafasan dapat menyebabkan kerusakan melalui kontak langsung antara polutan dengan jaringan, juga dapat berdifusi ke darah dan menyebar ke organ lain. Polutan yang masuk melalui penyerapan kulit atau mata biasanya menyebabkan iritasi atau gangguan pada kulit atau mata tempat masuknya. Polutan yang terabsorpsi ini akan masuk ke aliran darah kemudian menyebar ke seluruh tubuh, menyebabkan dampak yang berbahaya. Jalur selanjutnya adalah melalui ingesti. Polutan yang melalui jalur ini, masuk lewat mulut dan tertelan ke saluran gastrointestinal/ saluran cerna. Contoh kasus polutan yang masuk melalui jalur ini sudah dibahas di paragraf sebelumnya. Masuknya substansi atau senyawa ke dalam tubuh melalui injeksi terjadi apabila ada tusukan jarum yang terkontaminasi. Dampak terhadap kesehatan terjadi jika substansi itu bersirkulasi di darah dan tersimpan di organ target (EHS, 2002).

4.3.2 Dampak Pencemaran Lingkungan terhadap Kesehatan

Tidak bisa dipungkiri bahwa, pencemaran lingkungan memiliki dampak negatif bagi kesehatan manusia. Penyakit atau gangguan kesehatan yang terjadi pada manusia dapat disebabkan oleh polutan yang bersifat fisik, kimia, juga mikroorganisme seperti virus, bakteri, jamur, protozoa, cacing, dan serangga. Menyebarnya penyakit dapat terjadi secara langsung, maupun tidak langsung melalui perantara udara, air, tanah, hewan, atau tumbuhan (Adyatma and Kartika, 2013; Marlinae et al., 2019). Selanjutnya akan dibahas mengenai

dampak pencemaran lingkungan terhadap kesehatan, berdasarkan tempat terjadinya pencemaran, yaitu pencemaran udara, air, dan tanah.

Pencemaran udara telah menjadi masalah besar di seluruh dunia karena dampaknya bukan hanya terhadap perubahan iklim, tetapi juga terhadap kesehatan manusia dan hewan. Terlebih lagi, baik di negara maju maupun negara berkembang, terjadi peningkatan pencemaran udara akibat meningkatnya aktivitas manusia pada bidang transportasi dan industrialisasi (Abulude, 2016; Manisalidis et al., 2020). Bahan cemar di udara memiliki perbedaan sifat fisika dan kimia, yang menjelaskan perbedaan kapasitas masing-masing polutan untuk menghasilkan dampak yang berbahaya. Sebagai contoh, senyawa aerosol memiliki toksisitas lebih besar disbanding senyawa berwujud gas karena ukuran senyawa aerosol sangat kecil di atmosfer, sehingga kemampuan untuk menembus jaringan, menyebabkan kerusakan paru-paru dan masuk ke aliran darah, hingga menyebabkan banyak kasus kematian dini setiap tahunnya (Manisalidis et al., 2020).

Pencemaran udara dapat dibedakan menjadi dua, yaitu pencemaran udara dalam ruangan (*indoor air pollution*) dan pencemaran udara luar ruangan (*outdoor air pollution*). Sementara itu, polutan yang paling umum di udara adalah *Particulate Matter (PM)*. Kelompok populasi yang harus berhati-hati terhadap pencemaran udara adalah anak-anak, lansia, pasien diabetes mellitus, juga orang dengan riwayat penyakit jantung dan paru, terutama asma. Dampak yang dapat terjadi mulai dari ketidaknyamanan dalam jangka waktu singkat dan sementara, misalnya iritasi pada mata, hidung, kulit, tenggorokan, mengi, batuk dan sesak nafas, hingga yang lebih serius seperti asma, pneumonia, bronkitis, serta gangguan jantung dan paru. Paparan singkat terhadap cemar di udara juga dapat menyebabkan sakit kepala, pusing, dan mual. Gangguan kesehatan ini bisa makin parah seiring dengan penambahan lama waktu paparan, dan tentu saja berbahaya bagi sistem saraf, reproduksi, dan respirasi. Bahkan dampaknya bisa menyebabkan kanker dan kematian. Mengetahui bahayanya pencemaran udara terhadap kesehatan, masalah pencemaran udara harus segera diatasi. Kolaborasi dan kerjasama antara pemerintah dengan lembaga social dan kesehatan, serta upaya edukasi masyarakat perlu dilakukan, agar masalah pencemaran ini dapat diatasi dengan baik (Adyatma and Kartika, 2013; Manisalidis et al., 2020).

Bahasan selanjutnya adalah pencemaran air. Air merupakan sumber daya alam dan komponen yang sangat penting bagi kehidupan. Dalam melakukan aktivitas, manusia membutuhkan air, baik untuk dikonsumsi maupun digunakan

dalam banyak kegiatan, seperti memasak, mencuci, dalam bidang agrikultur maupun industri. (Warlina, 2004; Adyatma and Kartika, 2013; Marlinae et al., 2019). Sayangnya, banyak terjadinya pencemaran air menyebabkan kualitas sumberdaya air mengalami penurunan. Penelitian yang dilakukan oleh Rusydi et al. (2015) menyimpulkan bahwa terdapat pencemaran pada air tanah bebas di Kabupaten Bandung. Kontaminasi pada kasus tersebut berupa pencemar solid dari limbah domestik, senyawa nitrat dari kegiatan pertanian yang sudah berlangsung lebih dari seratus tahun di lingkungan itu, ammonium dari limbah domestik berupa urin dan feses yang ada di sekitar sumur, juga coliform yang berasal dari tinja manusia dan hewan berdarah panas yang terdapat dalam tangki septik dan saluran air terbuka yang digunakan sebagai toilet. Di Teluk Jakarta, terjadi pencemaran akibat air limbah domestik masyarakat Jakarta. Air limbah tersebut mengandung detergen yang menyebabkan tingginya beban pencemaran sehingga BOD meningkat dan oksigen terlarut (DO) menipis. Akibat kondisi ini, beberapa tahun ini terjadi fenomena kematian massal ikan di Teluk Jakarta (Sachoemar and Wahjono, 2018).

Air dapat berperan dalam terjadinya berbagai macam penyakit karena air dapat menjadi media untuk hidup mikroba patogen dan vektor penyakit. Air yang tidak cukup banyak juga membuat manusia tidak dapat membersihkan diri, menyebabkan sanitasi rendah, dan bisa meningkatkan risiko terjadinya penyakit. Mikroba patogen yang ada dalam air tercemar dapat menyebar ke masyarakat dan menyebabkan penyakit. Penyakit yang menyebar melalui perantara air, disebut juga water borne disease. Contoh dari water borne disease ini adalah diare, kolera, tifoid, disentri, dan kecacingan (Warlina, 2004). Pencemaran air oleh senyawa anorganik yang banyak mengandung unsur logam juga dapat menyebabkan keracunan bahkan kematian pada manusia (Marlinae et al., 2019).

Pencemaran tanah banyak disebabkan oleh limbah domestik, tetapi juga bisa disebabkan oleh limbah industri dan limbah pertanian. Limbah domestik ada yang berwujud padat dan cair. Limbah berwujud padat ini umumnya menjadi sumber pencemaran tanah/ daratan. Contoh limbah berwujud cair adalah tinja, deterjen, oli, cat. Jika meresap ke dalam tanah, deterjen, oli, dan cat dapat merusak kandungan air tanah dan bisa membunuh mikro-organisme di dalam tanah. Padatan maupun lumpur hasil pengolahan limbah buangan industri sering mengalami reaksi kimia, menghasilkan gas, mencemari tanah, dan menimbulkan bau tidak sedap. Pupuk dan pestisida yang digunakan terus-menerus menyebabkan penurunan unsur hara dalam tanah, mencemari

lingkungan, dan mengakibatkan hama kebal terhadap pestisida (Adyatma and Kartika, 2013; Muslimah, 2015).

Dampak pencemaran tanah terhadap kesehatan tergantung dari jalur masuk, kerentanan populasi, dan tipe polutan. Kromium dan berbagai pestisida bersifat karsinogenik. Timbal dapat menyebabkan kerusakan otak dan ginjal. Paparan benzene yang terus-menerus dan terjadi dalam jangka waktu yang lama dapat meningkatkan risiko penyakit leukemia. Merkuri dapat menyebabkan kerusakan ginjal, dan organofosfat menyebabkan gangguan pada sistem saraf. Gejala ringan dari gangguan kesehatan akibat pencemaran tanah dapat berupa iritasi mata dan ruam kulit, sakit kepala, pusing dan letih. Apabila paparan terjadi dalam waktu yang lebih lama dengan dosis yang lebih besar, bukan tidak mungkin, pencemaran tanah menyebabkan terjadinya kematian (Muslimah, 2015).

Bab 5

Manajemen Sumber Daya Air

5.1 Pengertian Manajemen/Pengelolaan Sumber Daya Air

5.1.1 Pengertian-pengertian

Dikatakan air adalah semua jenis air baik pada di atas atau di bawah permukaan tanah, seperti contoh air permukaan, air tanah, air hujan, air laut yang berada di daratan. Sumber air adalah tempat atau wadah air alami dan atau buatan yang terdapat pada di atas atau di daerah permukaan tanah. Daya Air adalah potensi yang terkandung dalam air dan atau sumber daya air yang dapat bagi kehidupan manusia dan lingkungannya. Sumber Daya Air berpotensi air, sumber air, dan daya air yang terkandung di dalamnya.

Manajemen Sumber Daya Air adalah suatu kegiatan atau aktivitas merencanakan, mengembangkan, mendistribusikan, dan mengelola penggunaan sumber daya air secara optimal. Manajemen sumber daya air ini merupakan sub bagian dari manajemen siklus air. Dikatakan kondisi yang ideal, maka perencanaan sumber daya air memperhatikan semua kebutuhan air dan mengalokasikan air berbasis kesehatan yang dapat memuaskan semua pengguna air.

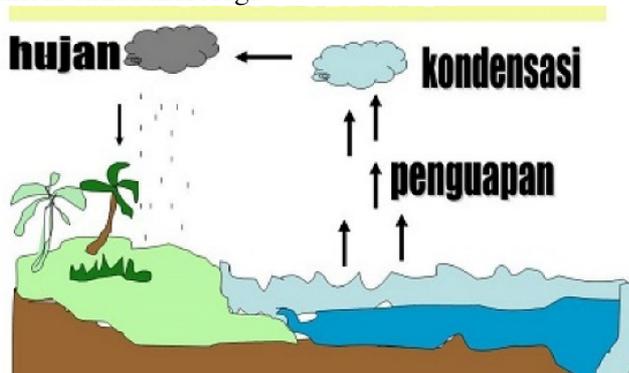
Pengelolaan Sumber Daya Air lebih mengarah ke Daerah Aliran Sungai yang merupakan suatu wilayah daratan yang merupakan satu kesatuan dengan sungai dan anak sungai yang berfungsi untuk menampung, menyimpan, dan mengalirkan air yang berasal dari curah hujan ke danau atau ke laut secara alami. Pembatasan di darat adanya pemisah topografi dan batas laut sampai dengan daerah perairan yang masih terpengaruh dengan aktivitas daratan.

Sumber air merupakan wadah air alami dan atau bantuan yang terdapat di atas tanah atau di bawah tanah. Daya air merupakan potensi yang terkandung dalam air dan atau pada sumber air yang dapat memberikan manfaat ataupun kerugian bagi kehidupan dan penghidupan manusia serta lingkungannya. Sumber Daya Air adalah air dan semua potensi yang terdapat dalam air, sumber air, termasuk sarana dan prasarana pengairan yang dapat dimanfaatkan, namun tidak termasuk kekayaan hewani yang ada di dalamnya.

Keberadaan air di bumi meliputi air yang berada di atmosfer, di atas permukaan dan bawah permukaan tanah diperkirakan jumlah air di bumi ini sekitar $1.400 \times 10^4 \text{ m}^3$ yang terdiri dari air laut 97% dan 3% air tawar sebagai salju, es, gletser, air tanah, air danau, butir-butir daerah tidak jenuh, awan, kabut, embun, hujan, dan air sungai. Peredaran alami secara alamiah diatur melalui siklus atau disebut sebagai daur hidrologi (Susanto, 2017).

Siklus Hidrologi diatur oleh 2 macam energi pokok di antaranya:

1. Energi pancar matahari (adanya penguapan, pindah, pemekatan dan kondensasi)
2. Energi gravitasi (turun hujan, aliran, perkolasi), di bawah ini dapat dilihat gambar siklus hidrologi:



Gambar 5.1: Siklus/daur hidrologi

5.1.2 Konsep Pengembangan Sumber Daya Air

Konsep Pengembangan sumber daya air ini berhubungan dengan proses penataan ruang yang mempunyai pengaruh sangat besar terhadap kegiatan permukiman dan pengelolaan sumber daya air. Berdasarkan Undang-Undang Nomor 24 Tahun 1992 berisi tentang Penataan Ruang yang disebutkan bahwa penataan ruang mencakup pengembangan lahan, air, udara dan sumberdaya lainnya. Dengan demikian pengelolaan sumber daya air adalah bagian dari penataan ruang.

Pada prinsipnya, sasaran strategis pengelolaan sumber daya air adalah untuk menjaga keberlanjutan dan ketersediaan potensi sumber daya air melalui upaya konservasi dan pengendalian kualitas sumber air baku. Upaya strategis ini ditempuh melalui empat tahapan yang saling berhubungan, yaitu pada proses perencanaan, pemanfaatan, perlindungan, dan pengendalian.

Penataan ruang ini bertujuan untuk mengatur hubungan antar berbagai kegiatan dengan fungsi ruang guna tercapainya pemanfaatan sumber daya alam secara efisien, produktif dan berkelanjutan, hal ini merupakan pendekatan yang fundamental di dalam pengelolaan sumber daya air sebagai bagian dari sumber daya alam, terutama di dalam meletakkan sasaran fungsional konservasi dan keseimbangan neraca air (water balance).

Undang-Undang Nomor 24 Tahun 1992 berisi tentang Penataan Ruang, terdapat hirarki perencanaan berdasarkan skala yang berbeda meliputi: Rencana Tata Ruang Wilayah Nasional (RTRWN), Rencana Tata Ruang Wilayah Propinsi (RTRWP), Rencana Tata Ruang Wilayah Kabupaten dan Kota (RTRWK). Selain itu, dikenal adanya rencana-rencana tata ruang yang sifatnya strategis-fungsional, seperti Rencana Tata Ruang Pulau, Rencana Tata Ruang Kawasan, hingga Rencana Detail Tata Ruang Kota. Secara Nasional, Rencana Tata Ruang Wilayah Nasional memberikan arahan makro dalam pengelolaan sumber daya air, di mana pengelolaan dan manajemen sumber daya air harus selaras dengan pengembangan kawasan permukiman dan kawasan andalan. Pengelolaan dan manajemen sumber daya air harus memperhatikan keseimbangan antara *supply* dan *demand* dalam mendukung aktivitas ekonomi pada wilayah tersebut.

Skala kawasan contohnya Jabotabek, pengelolaan sumber daya air dibedakan ke dalam beberapa karakteristik daerah atau titik yang spesifik, yaitu:

- a. Titik I merupakan wilayah rendah sepanjang garis pantai, seringkali banjir, memiliki tanah yang lembek dan adanya intrusi air laut ke air bawah tanah
- b. Titik II merupakan zona rendah, berisiko banjir, baik untuk budidaya tanaman pangan, dan air tanah yang sensitif (rawan) terhadap polusi
- c. Titik III merupakan zona datar dengan muka tanah yang relatif tinggi, memiliki slope cukup, kualitas air tanah yang baik, dan tidak ada risiko banjir, walaupun kerap tergenang.
- d. Titik IV merupakan zona berbukit, berlokasi pada dataran agak tinggi, tidak ada risiko banjir maupun genangan, lahan relatif subur, namun ketersediaan air tanah sedikit karena merupakan daerah tangkapan air (catchment area) bagi zona I, II, dan III.
- e. Titik V merupakan zona pegunungan dengan kelerengan (slope) yang tinggi dan kecepatan aliran permukaan (fastflowing surface water) yang tinggi pula

5.1.3 Permasalahan dan Mengapa Manajemen Sumber Daya Air Diperlukan

Permasalahan pokok yang sering terjadi di lapangan, sehingga manajemen sumber daya air ini sangat diperlukan antara lain:

- a) Masalah yang umum terjadi meliputi:
 1. Krisis air, karena: adanya pertumbuhan penduduk, over eksploitasi, adanya air yang terlalu banyak, terlalu sedikit dan terlalu kotor.
 2. Krisis perilaku, karena: pencemaran dari ulah manusia, adanya kerusakan ekosistem.
 3. Krisis penyelenggaraan dan pengelolaan, karena: sektoral, top down, tidak terlegitimasi, biaya pengelolaan ditanggung pemerintah.
- b) Masalah Aktual
 1. Ketahanan Pangan
Pangan merupakan makanan kebutuhan dasar manusia yang harus dipenuhi setiap saat, dan hal ini diatur dalam UUD 1945 pada pasal

27 yang menyatakan bahwa hak memperoleh pangan adalah hak asasi setiap manusia.

2. Pelayanan Air Bersih

Berdasarkan perhiungan WHO paa tahun 2010, Kebutuhan air manusia sebanyak 20 liter/individu/hari. Misalkan saja jumlah penduduk 252 juta jiwa, maka per hari jumlah air yang dikonsumsi oleh penduduk sebanyak 7,56 mili/liter, sedangkan untuk 10 tahun ke depannya maka prediksinya sebesar 285 juta, maka jumlah konsumsi air per hari menjadi 8,55 ml. Setiap harinya hampir 1000 anak meninggal dunia karea penyakit-penyakit yang berhubungan dengan buruknya kualitas air dan sanitasi.

c) Banjir

Banjir yang terjadi merupakan fenomena alam ketika sungai tidak dapat menampung limpahan air hujan tersebut karena adanya proses infiltrasi yang mengalami penurunan. Jika terjadi banjir yang dirasakan makin sering terjadi frekuensinya serta dimensi yang disebabkan adanya degradasi Daerah Aliran Sungai yang menurunkan kapasitas infiltrasi dan meningkatkan koefisien aliran permukaan air.

d) Pencemaran

Adanya berbagai macam pencemaran di lingkungan sekitar yang terjadi karena adanya industri dengan banyaknya pabrik yang dibangun dan menyebabkan berbagai populasi.

Pencemaran air terjadi karena adanya perubahan zat atau kandungan di dalam air sungai, air danau, atau air laut yang luas, pencemaran juga sudah terjadi pencemaran pada tanah sehingga memengaruhi kualitas air. Berdasarkan informasi pencemaran pada sungai di Indonesia mencapai 82% dari 550 sungai yang tersebar di seluruh Indonesia yang airnya tidak layak untuk dikonsumsi (Zuraya, 2019).

Contohnya: pencemaran yang terjadi pada sungai citarum yang tercemar logam berat, disebabkan karena terdapat 500 pabrik yang berada di sepanjang aliran sungai citarum.

e) Adanya Degradasi Daerah Aliran sungai

Pertambahan jumlah penduduk akan memerlukan lahan yang lebih luas untuk kegiatan perumahan, industri, bercocok tanam dan lainnya, hal ini akan menyebabkan adanya perubahan penggunaan lahan sehingga akan memengaruhi kelestarian lingkungan dari sumber

adanya air adanya perubahan dari kawasan hutan menjadi kawasan pertanian, perumahan, perkebunan dan perindustrian. Apabila kegiatan tersebut tidak dikelola dan di manaj dengan baik maka akan menyebabkan kelebihan air saat musin hujan turun dan terjadi kekeringan saat musim kemarau. Walaupun sudah dilakukan upaya dan program gerakan rehabilitasi lahan dari kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan serta kementerian pertanian dengan upaya bimbingan kepada masyarakat tentang penanaman lahan, sedangkan kementerian PUPR mebuat kebijakan pengendalian banjir, usaha-usaha tersebut belum memberikan hasil yang memuaskan.

Contoh permasalahan yang terjadi di wilayah Jogjakarta, dalam pengelolaan Sumber Daya Air (Jogjakarta, 2019) adalah:

a. Aspek Konversi Sumber Daya Air

Konversi SDA dalam pengelolaan ini bermaksud untuk menjamin tersedianya air dalam kuantitas dan kualitas secara berkelanjutan, dengan prinsip memperbesar daya tangkap air di bagian hulu melalui pengembangan tampungan air yaitu embung, waduk dan bertujuan meningkatkan resapan air untuk memperbesar recharge air tanah, melalui kegiatan konservasi secara vegetatif, dan sipil teknis, serta pemberdayaan masyarakat. Untuk mencapai tujuan konservasi sumber daya air yang meliputi menjaga kelangsungan, keberadaan, daya dukung, daya tampung, dan fungsi sumber daya air, dapat dilakukan melalui beberapa kegiatan seperti di bawah ini:

1) Perlindungan dan Pelestarian Sumber Air

- a. Sebagian besar DAS-DAS di WS POS termasuk dalam kondisi Daerah Aliran Sungai Prioritas I, yaitu DAS sangat kritis, yang perlu segeraditangani;
- b. Pemanfaatan lahan kurang sesuai dengan peruntukan/daya dukung lahan (RT/RW);
- c. Belum optimalnya perlindungan sumber air, khususnya di daerah hulu; dan
- d. Belum optimalnya pemberdayaan masyarakat dalam kegiatan konservasi sumber daya air.

- 2) Pengawetan air
 - a. Kekurangan air baku untuk air bersih dan air irigasi di musim kemarau, terutama di kawasan Gunung Sewu Kabupaten Gunungkidul dan perbukitan Menoreh di Kabupaten Kulonprogo; dan
 - b. Ketersediaan air yang tidak mencukupi pada saat musim kemarau di Sungai Serang, Sungai Opak, dan Sungai Oyo.
- 3) Pengelolaan kualitas air dan pengendalian pencemaran air
 - a. Semakin menurunnya kualitas air akibat perkembangan penduduk beserta aktivitasnya yang menjadi sumber pencemar baik pertanian, domestik, maupun industri;
 - b. Kualitas air sungai di hampir semua sungai di WS POS berada di bawah baku mutu kelas kualitas air yang sudah ditetapkan;
 - c. Belum tercukupinya jumlah IPAL terpusat/komunal dibandingkan dengan jumlah penduduk yang membutuhkan;
 - d. Masih adanya industri, rumah sakit, hotel, restoran, yang belum mempunyai instalasi IPAL secara mandiri untuk mengolah limbah yang berasal dari aktivitas kegiatannya;
 - e. Kurangnya sosialisasi tentang pentingnya IPAL terpusat/komunal dan belum tegasnya sanksi hukum terhadap para pelanggaran;
 - f. Terbatasnya lokasi yang dapat digunakan untuk lokasi pembangunan IPAL komunal, IPAL terpusat, dan TPA sampah;
 - g. Belum menyeluruhnya pemantauan kualitas air pada sungai-sungai di WS POS; dan
 - h. Gaung Program Kali Bersih mulai sirna dan terbatas hanya sungai-sungai besar di Kota Yogyakarta (Sungai Winongo, Sungai Codedan Sungai Gajahwong).

Mengapa diperlukan Manajemen Sumber Daya Air ?

- a) Saat ini pulau Jawa, Bali, Nusa Tenggara telah defisit air
- b) Hampir semua sungai di Jawa, Bali, tercemar dan potensi menimbulkan penyakit akibat air tercemar.
- c) Hampir 90% sejak tahun 1990 terjadi bencana alam yang berhubungan dengan air.
- d) Peningkatan jumlah penduduk akan menjadi penggerak utama dalam pengelolaan sumber daya air untuk jangka 50 tahun yang akan datang.

- e) Pada Tahun 2021 ini, penyediaan air perpipaan di Indonesia hanya mampu melayani 12,8% dari total populasi masyarakat Indonesia sebanyak 270,2 juta jiwa. (Fadli, 2021)

5.2 Perkembangan dan Arah Penerapan Pengelolaan dan Manajemen Sumber Daya Air

- a. Perkembangan Pengelolaan Sumber Daya Air
- 1) Proyek Ekaguna, kegiatan ini memiliki tujuan tunggal untuk memenuhi kebutuhan mendesak pada suatu saat, mengakomodasi kepentingan komunitas setempat, melakukan peninjauan tempat lain. Konsep ini bisa disebut sebagai pendekatan proyek ekaguna (single purpose project approach) yang skalanya dapat berkembang pesat.
 - 2) Multiguna, Adanya perkembangan kebutuhan masyarakat yang beragam mulai menyebabkan pertentangan antar pengguna air. Adanya kerusakan, seperti adanya kerusakan di Sind-Punjab, peraturan pada waktu itu “yang terdahulu mengambil air mendapatkan prioritas”
 - 3) Terpadu, Adanya konsep bangunan multiguna sebagai perkembangan dari bangunan ekaguna, yang sukses dalam memenuhi kebutuhan air setempat dengan cara efisien pada pembangunan sejumlah proyek, namun gagal dalam memenuhi kebutuhan air bagi seluruh DAS.
 - 4) Kementerian Perencanaan Pembangunan Nasional (PPN)/Badan Perencanaan Pembangunan Nasional (Bappenas) telah menyusun Rencana Pembangunan Jangka Menengah Nasional (RPJMN) 2020-2024 di bidang sumber daya air. Menurut Direktur Pengairan dan Irigasi Kementerian PPN/Bappenas menyampaikan ada tujuh program unggulan di bidang perairan, yaitu smart water management; water for food security and nutrition; multipurpose storage for water, food, flood and energy; disaster resilience

infrastructure; north java integrated coastal development; water safety plan; dan green infrastructure. (Alaydrus, 2018)

- b. Arah Penerapan Pengelolaan Sumber Daya Air
 1. UNCED 1992 di Rio de Janeiro memberikan rekomendasi dalam pengelolaan Sumber Daya Air harus direncanakan secara:
 - a. Terpadu, holistic untuk mencegah terjadinya kekurangan air dan pencemaran.
 - b. Memenuhi kebutuhan dasar manusia dan kelanjutan ekosistem sebagai prioritas utama.
 - c. Pemanfaatan air seharusnya dipungut biaya sebatasnya
 - d. Membuat program pengelolaan Sumber Daya Air berdasarkan Daerah Aliran Sungai dan penghematan air.
 2. Prinsip Rio-Dublin, 1992 memberikan rekomendasi dengan cara:
 - a. Air adalah sumber daya yang terbatas dan rentan terhadap ekosistem, harus di kelola dan dimanaj dengan baik, sehingga dapat berkelanjutan keberadaan dan fungsinya.
 - b. Dikelola dengan partisipasi stakeholders dan melibatkan unit pengambilan keputusan pada tingkat yang paling rendah.
 - c. Mengakui peran sentral perempuan dalam pengambilan keputusan;
 - d. Air mempunyai nilai dan fungsi social, ekonomi, lingkungan dan budaya.
 3. Rekomendasi GWP tentang IWRM

Manajemen Sumber Daya Air secara terpadu merupakan prosen pengelolaan sumber daya air yang memadukan antara sumber daya air dengan sumber daya lainnya antar sector, antar wilayah, antar lingkungan secara berkelanjutan tanpa harus mengorbankan lingkungan dan dilakukan dengan pendekatan partisipatif.

Langkah-langkah perbaikan Sumber Daya Air adalah:

- a. The enabling environment memperbaiki kebijakan, perundangan, system pembiayaan sumber daya air.
- b. Institutional Frameworks/Roles memperbaiki kelembagaan, struktur, tugas dan tanggungjawab, wewenang, capacity building sumber daya manusia (pusat, daerah, wilayah sungai dan masyarakat)

- c. Manajemen instrument melengkapi prosedur kata kerja kelembagaan
- d. Sarana terpenuhinya keseimbangan air untuk kehidupan dan air sebagai sumber daya.

Keterpaduan sistem alam dan sistem manusia, antara lain:

1. Keterpaduan sistem alam: lahan/air, air permukaan/air tanah, kuantitas/kualitas, hulu/hilir, in-stream/offstream, dan lainnya.
2. Keterpaduan sistem manusia: pemilik kepentingan, sasaran, kebijakan, sumber daya air terkait, antar sektor, antar generasi, pengelolaan air/limbah, dan lain-lain
3. Kriteria keberhasilan (keadilan, efisien dalam penggunaan air secara berkelanjutan)
4. Rekomendasi dari UU no.7 Tahun 2004 tentang Sumber Daya Air, bahwa:
 1. Manajemen Sumber Daya Air menyeluruh mencakup semua bidang pengelolaan yang meliputi konversi, pendayagunaan, dan pengendalian daya rusak air, serta meliputi satu sistem wilayah pengelolaan secara utuh yang mencakup semua proses perencanaan, pelaksanaan, serta pemantauan dan evaluasi.
 2. Manajemen Sumber Daya Air yang berwawasan lingkungan hidup adalah pengelolaan yang memperhatikan keseimbangan ekosistem dan daya dukung lingkungan.
 3. Manajemen Sumber Daya Air berkelanjutan adalah pengelolaan yang tidak hanya ditujukan untuk kepentingan generasi sekarang saja, akan tetapi juga termasuk untuk kepentingan generasi yang akan datang.
 4. Manajemen Sumber Daya Air secara terpadu adalah pengelolaan SDA secara menyeluruh, berwawasan lingkungan berkelanjutan serta dilaksanakan dengan melibatkan semua pemilik kepentingan antar sektor dan antar wilayah administrasi.

Menurut Undang-undang No. 7 Tahun 2004 tentang Sumber Daya Air, wilayah sungai merupakan gabungan dari beberapa Daerah Aliran sungai (DAS), oleh karena itu segala adanya perubahan yang terjadi di Daerah Aliran sungai akan berdampak pada alur sungai tersebut. Dengan adanya perubahan aliran sungai maka akan berdampak terhadap ekosistem yang ada di sekitar sungai. UU No.11 tahun 1974 berisi tentang pengairan atau UU pengairan menyebutkan bahwa

UU No.7 memberikan ruang yang lebih banyak untuk pihak swasta melalui beberapa pasal terkait hak guna air serta peran badan usaha swasta dalam penyelenggaraan pengembangan sistem penyediaan air minum. (Elisiya, 2018)

5. Apa Yang diperlukan dalam Manajemen Sumber Daya Air

Penegelolaan Sumber Daya Air memerlukan beberapa persiapan secara integrasi dan integrasi antara sistem alam dan sistem social.

a) Integrasi Sistem Alam

Integrasi system alamiah dengan faktor yang paling penting adalah ketersediaan sumber daya air, kualitas dan kuantitas, yang pada dasarnya terdiri dari beberapa integrasi sebagai berikut:

1. Integrasi pengelolaan air tawar dengan pengelolaan air asin di daerah pantai
2. Integrasi pengelolaan air dengan pengelolaan tanah
3. Integrasi pengelolan air permukaan dan air tanah
4. Integrasi aspek kuantitas adan kualitas dalam pengelolaan air
5. Integrasi kepentingan hulu hilir yang berkaitan dengan air

b) Integrasi Sistem Sosial

Integrasi Sistem Sosial dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor diantaranya penggunaan sumber daya air, produksi limbah cair dan padat, pencemaran air dan sumber air, penentuan prioritas pembangunan. Beberapa integrasi social antara lain:

1. Pengutamaan Sumber Daya Air
2. Integrasi lintas sector dalam kebijakan pembangunan Nasional
3. Dampak ekonomi makro dalam pembangunan Sumber Daya Air
4. Dampak pembanguna sector ekonomi yang berpengaruh terhadap Sumber Daya Air.
5. Integrasi seluruh pemangku kebijakan dalam proses perencanaan dan pengambilan keputusan.
6. Integrasi pengelolaan air minum dan air limbah. (Sutikno, 2017)

5.3 Strategi Program Manajemen Sumber Daya Air

Strategi dalam sistem pengelolaan dan manajemen sumber daya air menurut teorinya Tasambar Mochtar tahun 2000, menyatakan bahwa untuk dapat meningkatkan efisiensi pemanfaatan kualitas dan keterjangkauan pelayanannya. Di bawah ini adalah beberapa program yang dilakukan di antaranya:

- 1) Pengembangan Konservasi Sumber daya Air
Program ini bertujuan meningkatkan produktivitas pemanfaatan sumber daya air melalui peningkatan efisiensi dan efektivitas prasarana pengairan, mendayagunakan sumber daya air bagi sebesar-besarnya kemakmuran rakyat. Di samping itu program ini bertujuan untuk meningkatkan kesejahteraan masyarakat yang masih hidup di bawah garis kemiskinan dan terisolir. Untuk mencapai tujuan tersebut, perlu dukungan kebijakan pembangunan di wilayah DAS dan areal resapan air lainnya, khususnya di bagian hulu dan bantaran sungai. Usaha penghijauan kota melalui penanaman pohon-pohon juga pengembalian fungsi ruang hijau yang dipakai untuk kegiatan lain.
- 2) Program Penyediaan dan Pengelolaan Air Baku
Program ini bertujuan untuk meningkatkan penyediaan air baku dan produktivitas prasarananya untuk memenuhi kebutuhan air bagi hajat hidup rakyat banyak, baik di daerah perkotaan maupun pedesaan. Program ini juga bertujuan untuk meningkatkan kesejahteraan masyarakat yang masih hidup di bawah garis kemiskinan di pedesaan dan di daerah terisolir.
- 3) Program Pengelolaan Sungai, Danau dan Sumber Daya Air lainnya.
Program ini bertujuan untuk melestarikan kondisi dan fungsi sumber air sekaligus menunjang daya dukung lingkungannya, serta meningkatkan nilai manfaat sumber air sehingga dapat dipergunakan untuk berbagai kepentingan.
- 4) Program Pengembangan Sungai, Danau, dan Sumber Daya Air lainnya
Program ini bertujuan untuk mendukung upaya mempertahankan kemandirian di bidang pangan dan meningkatkan produksi pertanian lainnya, meningkatkan peran serta petani dalam pengelolaan jaringan irigasi melalui organisasi Perkumpulan Petani Pemakai Air (P3A

Darma Tirta) serta Koperasi (KUD). Disamping itu, program ini bertujuan untuk meningkatkan kesejahteraan masyarakat yang masih hidup di bawah garis kemiskinan di pedesaan dan di daerah terisolir. Konsep Pengelolaan Sumber Daya Air pada dasarnya mencakup upaya serta kegiatan pengembangan, pemanfaatan dan pelestarian sumber daya air berupa penyaluran air dalam konteks ruang dan waktu serta komponen mutu untuk memenuhi kebutuhan kehidupan makhluk hidup (Sjarief and Kimpraswil, 2002).

Bab 6

Aspek Kesehatan dan Penyediaan Air

6.1 Pendahuluan

Ketersediaan air yang bersih, sehat dan cukup merupakan hal yang sangat penting dalam keberlangsungan hidup organisme dan kelancaran fungsi ekosistem, masyarakat dan perekonomian. Penurunan kualitas air telah menjadi masalah global, sebagaimana peningkatan populasi manusia, kegiatan industri, pertanian dan perubahan iklim yang mengancam sehingga menyebabkan perubahan besar pada siklus hidrologi (Waterquality, 2011). Kualitas air tanah dan air permukaan dipengaruhi oleh proses alam dan aktivitas manusia. Secara alami air mengandung partikel-partikel kimia terlarut dan partikel kimia tidak terlarut, mikroorganisme, yang sebenarnya merupakan material dan mikroorganisme yang memang diperlukan untuk menjaga kualitas air, material tersebut berperan penting dalam siklus biogeokimia. Namun tidak semua material yang terdapat dalam air, merupakan material yang baik bagi kualitas air. Ada beberapa material partikel kimia yang keberadaannya pada air akan mengganggu kualitas air. Sebagai contoh, kejadian di Bangladesh, di mana 90% penduduknya menggunakan air tanah sebagai sumber air utama, namun hampir 70 juta penduduknya berisiko terpapar arsenik dalam beberapa dekade terakhir (Van Halem et al., 2009).

Sumber utama pencemaran air berasal dari kegiatan rumah tangga, industri, dan pertanian. Faktor negatif yang berkaitan dengan kegiatan ini yaitu pembuangan air limbah yang tidak higienis dan pengolahan limbah manusia dan ternak yang tidak memadai, serta pengelolaan limbah industri yang tidak tepat, kegiatan pertanian dan pembuangan limbah padat yang tidak aman. Sebagai contoh, lebih dari 80% limbah cair di negara berkembang di buang pada badan air tanpa pengolahan terlebih dahulu (Heikkinen et al., 2016). Setiap tahun, industri membuang limbahnya ke badan air, yang mengandung logam berat, zat padat terlarut, lumpur beracun, dan limbah lainnya (4dlm water quality). Nitrat yang berasal dari aktivitas pertanian merupakan zat kimia yang paling sering ditemukan di dalam lapisan akuifer air tanah. Pada beberapa negara dengan salinasi air yang tinggi, terdapat juga masalah pada sanitasi air. Lebih dari 16 Juta Hectar lahan irigasi di Negara Argentina, China, India, Sudan dan Asia Tengah memiliki salinasi air yang tinggi. Intrusi air laut ke dalam lapisan akuifer tanah menjadi penyebab salinasi air di wilayah pesisir, terutama pada daerah yang pengambilan air tanah secara berlebihan (Heikkinen et al., 2016).

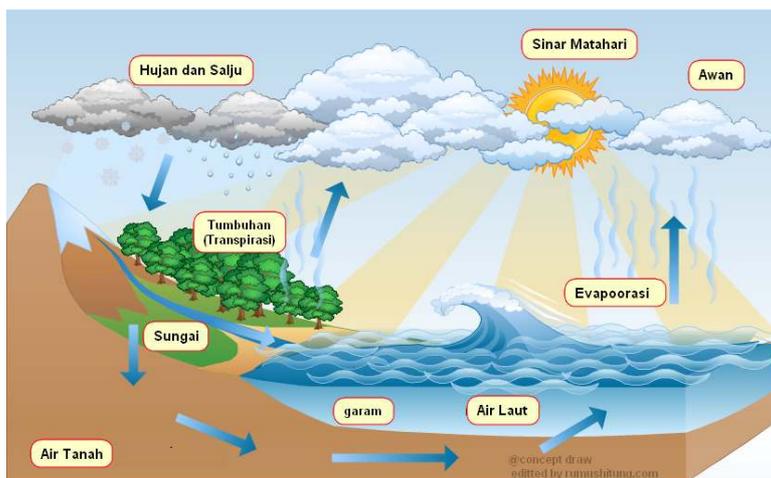
Pencemaran dan kontaminasi dari sumber-sumber tersebut termanifestasikan dengan peningkatan keasaman dan konsentrasi pada sedimen, logam, bahan kimia, dan toksin lainnya serta organisme patogen berbahaya yang dapat berkembang pada air hangat. Unsur hara yang berlimpah juga menjadi salah satu masalah terhadap kualitas air, yang sangat merusak ekosistem air tawar dan pesisir. Selain itu, semakin banyak kontaminan baru yang terdeteksi berada pada sumber air di dunia. Kontaminan baru tersebut seperti senyawa kontaminan yang berasal dari produk farmasi, steroid, dan hormon, zat aditif yang berasal dari industri dan bahan bakar. Keberadaan kontaminan baru telah menjadi tantangan bagi manajemen kualitas air karena data tentang ekotoksikologi dan risiko terkait kontaminan tersebut masih kurang. Selain itu, interaksinya dengan kontaminan dan polutan yang telah ada dapat menghasilkan masalah kompleks yang sulit diolah dan efeknya bagi lingkungan dan kesehatan belum jelas.

Kualitas air perlu mendapat perhatian yang terus meningkat seiring dengan kuantitas air dalam pengelolaan sumber daya air. Namun, mengingat kompleksitas dan besarnya tantangan yang ada, maka penyelesaian masalah kualitas air harus melibatkan perhatian semua pihak, baik itu pemerintah, swasta dan masyarakat.

6.2 Kualitas Air

6.2.1 Siklus Hidrologi

Siklus hidrologi adalah perjalanan air dari permukaan laut ke atmosfer, kemudian ke permukaan tanah dan kembali lagi ke laut dan berlangsung secara terus menerus. Sungai, waduk/danau, dan lapisan tanah akan menahan air untuk sementara sehingga dapat dimanfaatkan oleh manusia atau makhluk hidup lainnya. Pada siklus hidrologi, energi panas matahari dan faktor-faktor iklim lainnya menyebabkan terjadinya proses evaporasi pada permukaan vegetasi dan tanah, di laut, dan badan air lainnya. Selanjutnya, uap air sebagai hasil proses evaporasi akan terbawa oleh angin melintasi daratan yang bergunung maupun datar, dan apabila keadaan atmosfer memungkinkan, maka sebagian dari uap air akan terkondensasi dan turun sebagai air hujan, proses tersebut terlihat pada gambar 6.1.



Gambar 6.1: Siklus Hidrologi (<https://cerdika.com/siklus-hidrologi/>)

Sebelum mencapai permukaan tanah, air hujan akan tertahan pada tajuk vegetasi. Sebagian dari air hujan tersebut akan tersimpan di permukaan tajuk/daun selama proses pembasahan tajuk, dan sebagian lainnya akan jatuh keatas permukaan tanah melalui sela-sela daun (throughfall) atau mengalir ke bawah melalui permukaan batang pohon (stemflow). Sebagian air hujan ada yang tidak akan pernah sampai di permukaan tanah, melainkan akan terevaporasi kembali ke atmosfer dari tajuk dan batang selama dan setelah

berlangsungnya hujan (interception loss). Air hujan yang dapat mencapai permukaan tanah, sebagian akan meresap ke dalam tanah (infiltration). Sedangkan air hujan yang tidak terserap ke dalam tanah akan tertampung sementara dalam cekungan-cekungan permukaan tanah (surface detention) untuk selanjutnya mengalir di atas permukaan tanah ke tempat yang lebih rendah (runoff) lalu masuk ke sungai, waduk/danau. Air infiltrasi akan tertahan di dalam tanah oleh gaya kapiler yang selanjutnya akan membentuk kelembaban tanah. Jika tingkat kelembaban air tanah telah cukup jenuh, maka air hujan yang baru masuk ke dalam tanah akan bergerak secara lateral (horizontal) untuk selanjutnya pada tempat tertentu akan keluar lagi ke permukaan tanah (subsurface flow) dan akhirnya mengalir kembali ke sungai. Alternatif lainnya, air hujan yang masuk ke dalam tanah akan bergerak vertikal ke tanah yang lebih dalam dan menjadi bagian dari air tanah (groundwater). Pada musim kemarau, air tanah tersebut akan mengalir secara perlahan ke sungai, danau, ataupun tempat penampungan air alamiah lainnya (baseflow) (Asdak, 2010).

Tidak semua air infiltrasi (air tanah) mengalir ke sungai, atau tampungan air lainnya, melainkan ada sebagian yang tetap tinggal di dalam lapisan tanah bagian atas (top soil) dan selanjutnya akan diuapkan kembali ke atmosfer melalui permukaan tanah (soil evaporation) dan melalui permukaan tajuk vegetasi (transpiration). Untuk membedakan proses intersepsi hujan dari proses transpirasi, dapat dilihat dari asal air yang diuapkan ke atmosfer. Jika air yang diuapkan oleh tajuk berasal dari hujan yang jatuh di atas tajuk tersebut, maka proses penguapannya disebut intersepsi. Dan jika air yang diuapkan berasal dari dalam tanah melalui mekanisme fisiologi tanaman, maka proses penguapannya di sebut transpirasi. Dengan kata lain, intersepsi terjadi selama dan segera setelah berlangsungnya hujan. Dan proses transpirasi berlangsung ketika tidak terjadi hujan. Gabungan kedua proses penguapan tersebut disebut evapotranspirasi. Besarnya angka evapotranspirasi umumnya di tentukan selama satu tahun, yaitu gabungan antara besarnya evaporasi musim hujan (intersepsi) dan musim kemarau (transpirasi) (Asdak, 2010).

6.2.2 Kualitas Air

Kualitas air yang buruk akan berdampak langsung terhadap ketersediaan air dalam kehidupan. Air yang tercemar tidak dapat digunakan untuk keperluan air minum, sanitasi, industri ataupun pertanian sehingga akan mengurangi jumlah air yang digunakan untuk keperluan tersebut pada suatu wilayah. Pemakaian air dengan kualitas yang buruk (air asin atau air payau) akan berdampak pada

langsung pada produktivitas air tersebut, misalnya pada irigasi dan pertanian, sehingga akan menurunkan kualitas dan keamanan pangan serta pendapatan masyarakat. Sekitar 700 juta orang di 43 negara saat ini menderita akibat penyakit yang ditimbulkan oleh kualitas air yang buruk, serta kuantitas air yang tidak mencukupi untuk memenuhi kebutuhan rata-rata jangka panjang (Palaniappan Meena, 2010). Diperkirakan pada tahun 2025, 1,8 miliar orang akan tinggal di negara atau wilayah dengan kualitas air yang buruk, dan dua pertiga dari populasi di dunia akan hidup di bawah kondisi kualitas air yang buruk. Di tambah lagi dengan perubahan iklim yang ada, hampir setengah dari populasi dunia akan hidup di daerah dengan kekurangan air pada tahun 2030, termasuk sekitar 75 juta dan 250 juta orang di Afrika (Palaniappan Meena, 2010).

Sesuai dengan Peraturan Pemerintah Nomor 20 tahun 1990 tentang Pengendalian Pencemaran Air maka air digolongkan menurut peruntukannya menjadi 4, yaitu:

1. Golongan A, yaitu air yang dapat digunakan sebagai air minum secara langsung tanpa pengolahan terlebih dahulu
2. Golongan B, yaitu air yang dapat di gunakan sebagai air baku untuk keperluan air minum
3. Golongan C, yaitu air dapat digunakan untuk keperluan perikanan dan peternakan
4. Golongan D, yaitu air yang dapat digunakan untuk keperluan pertanian dan dapat dimanfaatkan untuk usaha perkotaan, industri, dan pembangkit listrik

Kualitas air bersih di Indonesia sebagaimana yang terlihat pada tabel 6.1, diatur dalam Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia No.416/MENKES/PER/IX/1990 tentang syarat-syarat dan pengawasan kualitas air, yang dimaksud dengan air bersih adalah air yang jernih, tidak berwarna, tidak berbau, tidak berasa dan tidak mengandung mineral/kuman yang membahayakan tubuh (Ningrum, 2018).

Tabel 6.1: Kriteria Kualitas Air Bersih (Permenkes No.416/MENKES/PER/IX/1990)

No	Parameter	Satuan	Kadar Maksimum	Keterangan
A.	Fisika			
1	Bau	-	-	Tidak berbau
2	Suhu	°C	Suhu udara ± 3°C	
3	Zat padat terlarut	mg/L	1.500	
4	Rasa	-	-	Tidak berasa
5	Kekeruhan	Skala NTU	25	-
6	Warna	Skala TCU	50	
B.	Kimia			
	a. Kimia Anorganik			
1	Air raksa	mg/L	0,001	Merupakan batas minimum dan maksimum, khusus air hujan pH minimum 5,5
2	Besi	mg/L	0,05	
3	Arsen	mg/L	0,05	
4	Flourida	mg/L	1,5	
5	Kadmium	mg/L	0,005	
6	Kesadahan (CaCO ₃)	mg/L	500	
7	Klorida	mg/L	600	
8	Kromium, Valensi 6	mg/L	0,05	
9	Mangan	mg/L	0,5	
10	Nitrat, sebagai N	mg/L	10	
11	Nitrit, sebagai N	mg/L	1,0	
12	pH	-	6,5 – 9,0	
13	Selenium	mg/L	0,01	
14	Seng	mg/L	15	
15	Sianida	mg/L	0,1	
16	Sulfat	mg/L	400	
17	Timbal	mg/L	0,05	
	b. Kimia Organik			
1	Aldrin dan Dieldrin	mg/L	0,0007	
2	Benzena	mg/L	0,01	
3	Benzo (a) pyrene	mg/L	0,00001	
4	Chlordane (total isomer)	mg/L	0,007	
5	Coloform	mg/L	0,03	
6	2,4 D	mg/L	0,010	
7	DDT	mg/L	0,03	
8	Detergen	mg/L	0,5	
9	1,2 Discloroetane	mg/L	0,01	
10	1,1 Discloroetane	mg/L	0,0003	

11	Heptachlor dan heptachlor epoxide	mg/L	0,003	
12	hexachlorobenzene	mg/L	0,00001	
13	Gamma-HCH (Lindane)	mg/L	0,004	
14	Methoxychlor	mg/L	0,10	
15	Pentachlorophanol	mg/L	0,01	
16	Pestisida Total	mg/L	0,10	
17	2,4,6 urichlorophenol	mg/L	0,01	
18	Zat organik (KMnO ₄)	mg/L	10	
C	Mikrobiologi			
1	Total koliform (MPN)	Jumlah/100ml	50	Bukan air perpipaan
2	Total koliform (MPN)	Jumlah/100ml	10	Air perpipaan
D	Radioaktivitas			
1	Aktivitas Alpha (Gross Alpha Activity)	Bq/L	0,1	
2	Aktivitas Beta (Gross Beta Activity)	Bq/L	1,0	

Sumber (Menteri Kesehatan RI, 1990)

Keterangan :

mg = miligram

mL = mililiter

L = liter

Bq = Becquerel

NTU = Nephelometrik Turbidity Units

TCU = True Colour Unita

Logam berat merupakan logam terlarut

6.3 Penyakit Akibat Air

Kualitas air yang buruk akan berdampak pada kesehatan masyarakat, yang menjadi perhatian dalam penularan penyakit dari air yaitu mikroorganisme yang terdapat di air dan efek toksik bahan kimia yang terdapat di dalam air. Secara khusus, pengaruh air terhadap kesehatan dapat bersifat tidak langsung dan langsung. Pengaruh tidak langsung, adalah pengaruh yang timbul sebagai akibat pendayagunaan air yang dapat meningkatkan ataupun menurunkan kesejahteraan masyarakat. Seperti, penggunaan air sebagai pembangkit tenaga listrik untuk industri, irigasi, perikanan, pertanian, pariwisata akan meningkatkan kesejahteraan masyarakat. Namun selain itu, pencemaran air

dapat menurunkan kesejahteraan masyarakat, seperti : pencemaran badan air oleh zat-zat kimia yang menurunkan kadar oksigen terlarut, zat-zat kimia tidak beracun yang sulit diuraikan secara alamiah dan menyebabkan masalah khusus seperti estetika, kekeruhan karena adanya zat-zat tersuspensi (Soemirat, 2011).

Pengaruh langsung air bagi kesehatan tergantung pada kualitas air, dan terjadi karena air selain untuk air minum, juga berfungsi sebagai penyalur ataupun penyebar agen penyakit, ataupun juga sebagai sarang serangga/ insecta penyebar penyakit. Kualitas air dapat berubah apabila kapasitas air untuk membersihkan dirinya telah terlampaui. Hal ini disebabkan pertambahan jumlah dan intensitas kegiatan manusia yang tidak hanya meningkatkan kebutuhan akan air, tetapi juga meningkatkan jumlah dan memperburuk kualitas air buangan. Buangan-buangan inilah yang menjadi sumber pencemar perairan.

Mekanisme penularan penyakit pada air terbagi atas empat (4) jenis, yaitu :

- a. Water borne disease, mekanisme penularan penyakit melalui mikroorganisme yang terdapat pada air, seperti kolera, disenteri, hepatitis-A
- b. Water washed disease, mekanisme penularan penyakit yang disebabkan kurangnya jumlah air yang akan digunakan, seperti penyakit skabies, trachoma
- c. Water based disease, mekanisme penularan penyakit yang disebabkan oleh mikroorganism yang hospes sementara berada di dalam air, seperti : penyakit dracontosis, schistosomiasis
- d. Water related insect vector disease, mekanisme penularan penyakit melalui serangga yang hidup, sebagian hidupnya berada di dalam air, seperti penyakit demam berdarah dengue (DBD), malaria, chikungunya.

Mikroorganisme termasuk bakteri, virus, protozoa, dan alga dapat ditemukan pada semua sumber air. Sebagian besar mikroorganisme di air tidak berbahaya, namun dapat menyebabkan penyakit karena organisme tersebut bersifat patogen. Organisme tersebut masuk ke sumber air akibat pencemaran oleh kotoran manusia dan hewan, serta pembuangan air limbah yang tidak diolah terlebih dahulu maupun yang diolah dengan kualitas yang buruk. Keberadaan organisme ini akan menyebabkan penyakit seperti kolorea, diare, thypus, disenteri. Oleh karena itu, sebelum dikonsumsi air harus diolah terlebih dahulu

serta didesinfeksi sehingga air aman untuk dikonsumsi. (Schutte, 2013). Tabel 6.2 berikut ini menunjukkan jenis organisme dalam air, penyakit yang disebabkan serta sumber mikroorganisme tersebut.

Tabel 6.2: Jenis Organisme Dalam Air dan Penyakit Yang Ditimbulkan

Jenis Mikroorganisme	Penyakit Yang Ditimbulkan	Sumber Mikroorganisme
<i>Salmonella typhi</i>	Demam tifoid	Kotoran manusia
<i>Salmonella paratyphi</i>	Demam paratiroid	Kotoran manusia
<i>Shigella</i>	Disentri basiler	Kotoran manusia
<i>Vibrio cholera</i>	Kolera	Kotoran manusia
<i>E.Coli enteropatogenik</i>	Gastroenteritis	Kotoran manusia
<i>Yersinia enterocolitica</i>	Gastroenteritis	Kotoran manusia dan hewan
<i>Legionella pneumophila</i>	Legionellosis	Pemandian air hangat
<i>Micobacterium tuberculosis</i>	Tuberkolosis	Dahak, ludah manusia
Virus polio	Polio	Kotoran manusia
Echovirus	Meningitis aseptik	Kotoran manusia
Reovirus	ISPA, penyakit gastrointestinal	Kotoran manusia
Rotavirus	gastroenteritis	Kotoran manusia
<i>Giardia lamblia</i>	Giardiasis	Kotoran manusia dan hewan
<i>Entamoeba histolytica</i>	Disentri amuba	Kotoran manusia

Sumber (Schutte, 2013)

Air juga dapat menjadi media penularan penyakit tidak menular. Penyebab penyakit ini dapat dikelompokkan sebagai zat-zat kimia maupun zat-zat fisik. Beberapa kejadian epidemi terkait keracunan pada air telah dilaporkan antara lain: wabah yang disebabkan oleh keracunan air raksa, cobalt, dan cadmium. (Soemirat, 2011).

6.4 Penyediaan Air Bersih

Berdasarkan Permendagri No.23 Tahun 2006 tentang Pedoman Teknis dan Tata Cara Pengaturan Tarif Air Minum pada Perusahaan Daerah Air Minum, menyatakan bahwa, “Standar kebutuhan pokok air minum adalah kebutuhan air sebesar 10 meter kubik/kepala keluarga/bulan. Direktorat Jenderal Cipta Karya Departemen Pekerjaan Umum, membagi standar kebutuhan air minum

berdasarkan lokasi wilayah (Badan Pengembangan Sumber Daya Manusia Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat, 2015), yaitu:

- a. Pedesaan dengan kebutuhan 60 liter/kapita/hari
- b. Kota kecil dengan kebutuhan 90 liter/kapita/hari
- c. Kota sedang dengan kebutuhan 110 liter/kapita/hari
- d. Kota besar dengan kebutuhan 130 liter/kapita/hari
- e. Kota metropolitan dengan kebutuhan 150 liter/kapita/hari

Pengolahan air adalah suatu proses yang digunakan untuk membuat sumber air baku atau air limbah menjadi air yang dapat diterima bagi pengguna akhir sesuai dengan standar yang dibutuhkan, termasuk air bersih, air minum, dan air untuk proses industri, air pengobatan dan air untuk keperluan lainnya. (Hendra, 2015). Tujuan dari semua proses pengolahan air adalah untuk menghilangkan kontaminan dalam air, atau mengurangi konsentrasi kontaminan hingga menjadi air yang diinginkan sesuai kebutuhan (pengguna akhir) tanpa merugikan dampak ekologis. Proses-proses yang terlibat dalam pemisahan kontaminan dapat menggunakan proses fisik seperti pengendapan, serta proses dengan proses kimia seperti desinfeksi dan koagulasi. Selain itu, proses biologi juga digunakan dalam pengolahan air limbah, seperti penggunaan lumpur aktif.

Proses – proses pengolahan air menjadi air baku, antara lain :

- a. Koagulasi dan Flokulasi
Koagulasi dan flokulasi adalah proses pengolahan air secara kimia dan fisika. Proses ini bertujuan untuk menghilangkan kekeruhan yang disebabkan oleh zat organik maupun zat anorganik. Proses koagulasi dan flokulasi adalah suatu proses pemisahan partikel-partikel halus penyebab kekeruhan dari dalam air. Proses pemisahan dilakukan dengan cara menambahkan bahan koagulan ke dalam air dan dilakukan pengadukan dengan cepat sehingga menyebabkan partikel-partikel halus terikat dengan koagulan tersebut dan membentuk gumpalan yang lebih besar, sehingga mudah di pisahkan dari air dengan cara diendapkan. (Said and Ruliasih, 2008).

Proses koagulasi flokulasi dipengaruhi oleh beberapa hal, (Hendra, 2015) yaitu:

- 1) Karakteristik partikel
Partikel akan tersuspensi dengan ukuran $> 5\mu\text{m}$, dan partikel dengan ukuran $< 5\mu\text{m}$, yang disebut larutan.
- 2) Tingkat kekeruhan

Makin rendah tingkat kekeruhan, makin sulit flok terbentuk. Partikel yang terbentuk akan makin berkurang, karena jarang terjadi tumbukan antar partikel/flok, oleh sebab itu makin sedikit kesempatan flok terbentuk.

3) Suhu

Suhu berpengaruh terhadap daya koagulasi dan akan menyebabkan pemakaian bahan kimia secara berlebihan untuk mendapatkan hasil yang sesuai. Perubahan suhu juga akan menyebabkan perubahan viskositas, di mana semakin panas suhu, viskositas akan semakin kecil. Pengaruh perubahan viskositas akan menyebabkan perubahan gradien kecepatan.

4) Gradient kecepatan pengadukan

Gradient kecepatan digunakan untuk pencampuran fluida dan dinyatakan dalam detik⁻¹. Gradien kecepatan berhubungan dengan adanya waktu pengadukan (td). Nilai G (gradien kecepatan) yang terlalu besar dapat mengganggu pembentukan titik akhir flok. Proses koagulasi memerlukan gradien kecepatan lebih tinggi daripada proses flokulasi.

5) Komposisi zat kimia dalam air

Garam-garam mineral terlarut yang terdapat dalam air akan berpengaruh terhadap proses koagulasi. Hal ini disebabkan karena kemampuannya dalam menggantikan kedudukan ion hidroksida pada senyawa kompleks hidroksida.

6) Turbulensi

Turbulensi adalah aliran fluida yang bergolak karena gesekan fluida. Turbulensi diperlukan dalam proses koagulasi untuk meratakan koagulan ke seluruh bagian fluida dan memberikan kesempatan pada partikel koloid untuk saling bergabung membentuk inti flok.

7) Zeta potensial

Adalah potensial elektrostatik yang ada di sekitar kulit suatu partikel yang dapat mempengaruhi stabilitas koloid. Elektrolit yang ada di sekitar partikel yang bermuatan negatif. Lapisan ion ini akan menarik ion yang bermuatan positif yang terdapat di dalam air. Dan hanya zat potensial yang memengaruhi tingkat kemudahan partikel koloid yang terdapat di dalam air.

b. Pengendapan (Sedimentasi)

Proses ini merupakan proses lanjutan setelah koagulasi flokulasi, pada tahap ini terjadi pemisahan gumpalan-gumpalan kotoran dari air

melalui proses pengendapan, gumpalan tersebut akan jatuh ke bawah dengan adanya proses gravitasi. Endapan yang terkumpul pada dasar bak pengendapan secara periodik akan dibuang, sementara air bersih yang berada di bagian atas akan disalurkan ke bagian penyaringan.(Said and Ruliasih, 2008)

c. Penyaringan

Proses penyaringan meruapak suatu proses pembersihan dengan car melewati air yang akan dibersihkan melalui suatu media berpori. Partikel atau sisa-sisa flok yang tidak dapat dipisahkan secara pengendapan, maka akan dipisahkan melalui proses penyaringan.(Said and Ruliasih, 2008) Jenis penyaringan yang sering digunakan masyarakat adalah saringan pasir. Saringan pasir merupakan teknologi penjernihan air dengan memanfaatkan pasir sebagai saringan. Media lapisan yang biasa digunakan yaitu pasir, kerikil, antrasit, ijuk. Pasir adalah media penyaring yang paling sering digunakan , karena harganya murah, mudah ditemukan dan efektivitas hasilnya cukup tinggi. Penyusunan jenis media dalam satu perangkat sistem penyaringan adalah pasir kuarsa pada bagian atas dan kerikil kecil pada bagian bawah.

Dengan gaya gravitasi, air akan mengalir dari atas ke bawah melalui media penyaring. Selama proses penyaringan berlangsung, akan terbentuk lapisan kotoran yang tertahan pada media filter, pembentukan lapisan ini semakin lama akan semakin tebal, sehingga terjadi pressure drop atau pengurangan tekanan air diatas media filter, di mana apabila hal tersebut terjadi maka penyaring harus di cuci secara back wash yaitu dengan cara mengalirkan air dari bawah ke atas.

d. Desinfeksi

Proses desinfeksi bertujuan untuk membunuh bakteri patogen dan mengendalikan jumlah dan jenis mikroorganisme. Desinfeksi biasanya menggunakan bahan kimia khlorine. Zat khlorine berfungsi sebagai desinfektan juga sebagai zat pengoksidasi. Khlorine tersedia dalam bentuk sodium dan kalsium hipoklorit. Khlorine dapat membunuh bakteri patogen melalui reaksi antara HOCl dengan struktur sel bakteri yang akan menonaktifkan proses-proses yang dibutuhkan mikroorganisme untuk dapat hidup.

Tabel 6.3: Kriteria Pemilihan Metode Penjernihan Air

Teknik	Kualitas Air Baku	Pengolahan
Khlorinasi	1. Coliform grup max 50 (per 100 ml) 2. Parameter yang lain sesuai dengan standar kualitas air	Hanya klorinasi
Saringan pasir lambat	1. Coliform grup <1.000 (per 100ml) 2. Kekeruhan rata-rata pertahun < 10 derajat	<ul style="list-style-type: none"> • Tidak memerlukan bak sedimentasi (kekeruhan <10 derajat) • Memerlukan bak sedimentasi biasa (kekeruhan 10 < K < 30 derajat) • Memerlukan bak sedimentasi dengan bahan kimia (kekeruhan > 30 derajat)
Saringan pasir cepat	Kekeruhan10 <K<1.000 derajat	<ul style="list-style-type: none"> • Bak sedimentasi dengan bahan kimia • Bak flokulasi
Pengolahan khusus	Karbon dioksida bebas	Aerasi, pengolahan alkali
	pH	Pengolahan alkali
	Besi	Prekhlorinasi, aerasi, kontrol pH, metode bakteri besi
	Mangan	1. Oksidasi + Flokulasi, Saringan pasir, pre khlorinasi, pengolahan potassium permanganat, Ozonisasi 2. Saringan kontak, saringan mangan, saringan ganda 3. Metode bakteri besi
	Plankton	Pengolahan kimia (tembaga sulfat, khlorine, tembaga khloride), saringan ganda, saringan mikro
	Bau	Penghilangan organisme, aerasi, pengolahan karbon aktif, khlorinasi, ozonisasi
	Detergen dan phenol	Pengolahan karbon aktif (ozonisasi)
	Warna	Flokulasi, Pengolahan karbon aktif, ozonisasi
	Flourine	Alumina aktif, pengolahan arang aktif, proses elektrolit

Sumber : (Said and Ruliasih, 2008)

Bab 7

Pengelolaan Limbah dan Tinjau

7.1 Pengertian Limbah

Berdasarkan Peraturan Pemerintah No. 18/1999 Jo.PP 85/1999, limbah didefinisikan sebagai sisa atau buangan dari suatu usaha atau kegiatan manusia. Limbah adalah zat atau bahan buangan yang dihasilkan dari suatu proses produksi, baik industri maupun domestik (rumah tangga), yang kehadirannya pada suatu saat dan tempat tertentu tidak dikehendaki lingkungan karena tidak memiliki nilai ekonomis. Berkaitan dengan bahan buangan di lingkungan, perlu kita mengenal tentang baku mutu lingkungan, yakni ambang batas / batas kadar maksimum suatu zat akan komponen yang tidak diperbolehkan berada di lingkungan agar tidak menimbulkan dampak negatif (Limbah et al., 2011).

Karakteristik limbah terdiri dari :

1. Berukuran mikro
2. Dinamis (tidak diam)
3. Penyebarannya berdampak luas
4. Berdampak jangka panjang

7.2 Jenis Limbah

1. Berdasarkan jenis senyawa penyusun.

a. Limbah Organik adalah

- limbah yang berasal dari makhluk hidup.
- limbah yang dapat diurai secara alami oleh mikroorganisme.
- limbah yang mengandung unsur karbon (C).

Contoh: limbah dedaunan, ranting, buah, kotoran hewan, bangkai hewan, dan lain-lain.

b. Limbah Anorganik adalah

- limbah yang berasal dari selain makhluk hidup.
- limbah yang tidak dapat diurai oleh alam (mikroorganisme)
- Dapat diurai tetapi membutuhkan waktu yang sangat lama.
- limbah ini tidak mengandung unsur karbon (C).

Contoh: limbah kaca, limbah plastik, logam, kertas, dan lain-lain (Suyasa, 2015).

2. Berdasarkan Wujud.

a. Limbah Padat ciri-ciri :

- limbah yang berwujud padat.
- Biasanya bersifat kering.
- tidak dapat berpindah kecuali ada yang memindahkan.
- sering disebut juga sampah.

b. Limbah Cair ciri-ciri :

- terlarut dalam air.
- selalu berpindah mengikuti aliran air.

Contoh: air bekas cucian, air bekas pewarna pakaian, air cat bekas, dan lain-lain (Arianto et al., 2016).

Macam-macam limbah cair:

1. Hukum Eksretasi (faster dan urin), seperti: Pembuangan tinja secara tidak baik dapat menyebabkan kontaminasi dan menjadi sumber infeksi.

2. Air limbah (Sewage) Parameter air limbah :
 - a. Adanya perubahan suhu air
 - b. Adanya perubahan pH.
 - c. Adanya perubahan warna, bau, dan rasa.
 - d. Timbulnya endapan, koloid, bahan terlarut.
 - e. Adanya mikroorganisme
 - f. Meningkatnya radioaktivitas air lingkungan.
3. Limbah cair Industri Berasal dari limbah cair industri tekstil, kertas, plastik, cat, dan lain-lain (Sunarsih, 2014).

7.3 Pengolahan dan Penanganan Limbah

Penanganan limbah yang baik akan menjamin kenyamanan bagi semua orang. Dipandang dari sudut sanitasi, penanganan limbah berdampak pada (Oktarina and Haki, 2013b):

1. Menjamin tempat tinggal / tempat kerja yang bersih
2. Mencegah timbulnya pencemaran lingkungan
3. Mencegah berkembangbiaknya hama penyakit dan vektor penyakit

Usaha untuk mengurangi dan menanggulangi pencemaran lingkungan meliputi 2 cara pokok, yaitu :

1. Pengendalian non teknis, yaitu suatu usaha untuk mengurangi pencemaran lingkungan dengan cara menciptakan peraturan perundang-undangan yang dapat merencanakan, mengatur, mengawasi segala bentuk kegiatan industri dan bersifat mengikat sehingga dapat memberi sanksi hukum bagi pelanggarnya.
2. Pengendalian teknis, yaitu suatu usaha untuk mengurangi pencemaran lingkungan dengan cara-cara yang berkaitan dengan proses produksi seperti perlu tidaknya mengganti proses, mengganti sumber energi/bahan bakar, instalasi pengolah limbah atau menambah alat yang lebih modern /canggih. Dalam hal ini yang perlu diperhatikan adalah :
 - a. Mengutamakan keselamatan manusia
 - b. Teknologinya harus sudah dikuasai dengan baik

- c. Secara teknis dan ekonomis dapat dipertanggung jawabkan (Nadeak, 2017).

7.4 Penanganan Limbah Cair

Sekitar 80% air yang digunakan manusia untuk aktivitasnya akan dibuang lagi dalam bentuk air yang sudah tercemar, baik itu limbah industri maupun limbah rumah tangga. Untuk itu diperlukan penanganan limbah dengan baik agar air buangan ini tidak menjadi polutan (Rosita et al., 2000).

Tujuan penanganan limbah cair ini adalah:

1. Untuk mencegah pengotoran air permukaan (sungai, waduk, danau, rawa)
2. Untuk melindungi biota dalam tanah dan perairan
3. Untuk mencegah berkembangbiaknya bibit penyakit dan vektor penyakit seperti nyamuk, kecoa, lalat.
4. Untuk menghindari pemandangan dan bau yang tidak sedap.

Pengolahan limbah cair dapat dilakukan dengan cara-cara :

1. Cara Fisika, yaitu pengolahan limbah cair dengan beberapa tahap proses kegiatan yaitu :
 - a. Proses Penyaringan (screening), yaitu menyisahkan bahan tersuspensi yang berukuran besar dan mudah mengendap.
 - b. Proses Flotasi, yaitu menyisahkan bahan yang mengapung seperti minyak dan lemak agar tidak mengganggu proses berikutnya.
 - c. Proses Filtrasi, yaitu menyisahkan sebanyak mungkin partikel tersuspensi dari dalam air atau menyumbat membran yang akan digunakan dalam proses osmosis.
 - d. Proses adsorpsi, yaitu menyisahkan senyawa anorganik dan senyawa organik terlarut lainnya, terutama jika diinginkan untuk menggunakan kembali air buangan tersebut, biasanya menggunakan karbon aktif.
 - e. Proses reverse osmosis (teknologi membran), yaitu proses yang dilakukan untuk memanfaatkan kembali air limbah yang telah diolah sebelumnya dengan beberapa tahap proses kegiatan.

Biasanya teknologi ini diaplikasikan untuk unit pengolahan kecil dan teknologi ini termasuk mahal (Rachmawan, 2001).

2. Cara kimia, yaitu pengolahan air buangan yang dilakukan untuk menghilangkan partikel-partikel yang tidak mudah mengendap (koloid), logam-logam berat, senyawa fosfor dan zat organik beracun dengan menambahkan bahan kimia tertentu yang diperlukan. Metode kimia dibedakan atas metode nondegradatif misalnya koagulasi dan metode degradatif misalnya oksidasi polutan organik dengan pereaksi lemon, degradasi polutan organik dengan sinar ultraviolet (Rosita et al., 2000).
3. Cara biologi, yaitu pengolahan air limbah dengan memanfaatkan mikroorganisme alami untuk menghilangkan polutan baik secara aerobik maupun anaerobik. Pengolahan ini dianggap sebagai cara yang murah dan efisien (Warsito, 2018).

7.5 Metode Pengolahan Limbah Cair

1. Dillution (pengenceran), air limbah dibuang ke sungai, danau, rawa atau laut agar mengalami pengenceran dan konsentrasi polutannya menjadi rendah atau hilang. Cara ini dapat mencemari lingkungan bila limbah tersebut mengandung bakteri patogen, larva, telur cacing atau bibit penyakit yang lain. Cara ini boleh dilakukan dengan syarat bahwa air sungai, waduk atau rawa tersebut tidak dimanfaatkan untuk keperluan lain, volume airnya banyak sehingga pengenceran bisa 30 - 40 kalinya, air tersebut harus mengalir.
2. Sumur resapan, yaitu sumur yang digunakan untuk tempat penampungan air limbah yang telah mengalami pengolahan dari sistem lain. Air tinggal mengalami peresapan ke dalam tanah, dan sumur dibuat pada tanah porous, diameter 1 – 2,5 m dan kedalaman 2,5 m. Sumur ini bisa dimanfaatkan 6 – 10 tahun.
3. Septic tank, merupakan metode terbaik untuk mengelola air limbah walaupun biayanya mahal, rumit dan memerlukan tanah yang luas. Septic tank memiliki 4 bagian ruang untuk tahap-tahap pengolahan, yaitu :

- a. Ruang pembusukan, air kotor akan bertahan 1-3 hari dan akan mengalami proses pembusukan sehingga menghasilkan gas, cairan dan lumpur (sludge)
- b. Ruang lumpur, merupakan ruang empat penampungan hasil proses pembusukan yang berupa lumpur. Bila penuh lumpur dapat dipompa keluar
- c. Dosing chamber, berfungsi sebagai pengatur kecepatan air yang akan dialirkan ke bidang resapan agar merata
- d. Bidang resapan, bidang yang menyerap cairan keluar dari dosing chamber serta menyaring bakteri patogen maupun mikroorganisme yang lain. Panjang minimal resapan ini adalah 10 m dibuat pada tanah porous.
- e. Riol (parit), menampung semua air kotor dari rumah, perusahaan maupun lingkungan. Apabila riol inidigunakan juga untuk menampung air hujan disebut combined system. Sedang bila penampung hujannya dipisahkan maka disebut separated system. Air kotor pada riol mengalami proses pengolahan sebagai berikut:
 - Penyaringan (screening), menyaring benda-benda yang mengapung di air
 - Pengendapan (sedimentation), air limbah dialirkan ke dalam bak besar secara perlahan supaya lumpur dan pasir mengendap.
 - Proses biologi (biologycal process), menggunakan mikroorganisme untuk menguraikan senyawa organik
 - Saringan pasir (sand filter)
 - Desinfeksi (desinfection), menggunakan kaporit untuk membunuh kuman
 - Dillution (pengenceran), mengurangi konsentrasi polutan dengan membuangny di sungai / laut (Nadeak, 2017).

7.6 Dampak Pengolahan Limbah Terhadap Lingkungan

Pengolahan limbah yang baik dapat memberi manfaat bagi masyarakat dan lingkungan, akan tetapi bila tidak dikelola dengan baik dapat memberi dampak negatif bagi lingkungan (Sunarsih, 2014).

1. Dampak positif pengolahan limbah
Pengolahan limbah yang benar akan memberikan dampak positif, yaitu :
 - a. Limbah dapat digunakan untuk menimbun lahan atau dataran rendah
 - b. Limbah dapat digunakan untuk pupuk
 - c. Limbah dapat digunakan sebagai pakan ternak , baik langsung maupun mengalami proses pengolahan lebih dulu
 - d. Mengurangi tempat perkembangbiakan penyakit atau vektor penyakit
 - e. Mengurangi kemungkinan terjadinya penyakit menular
 - f. Menghemat biaya pemeliharaan kesehatan karena masyarakat yang sehat.
2. Dampak negatif bila limbah tidak dikelola dengan baik
Pengolahan limbah yang kurang baik akan memberikan dampak negatif, seperti :
 - a. Menjadi tempat berkembangbiaknya kuman penyakit atau vektor penyakit
 - b. Menyebabkan gangguan kesehatan seperti sesak nafas, insomnia maupun stress
 - c. Lingkungan menjadi kotor, bau, saluran air tersumbat, banjir
 - d. Lingkungan menjadi tidak indah dipandang
 - e. Menurunkan minat orang datang ketempat tersebut
 - f. Meningkatkan angka kesakitan bagi masyarakat
 - g. Membutuhkan dana besar untuk membersihkan lingkungan
 - h. Menurunkan pemasukan pendapatan daerah karena kurangnya wisatawan yang berkunjung.

7.7 Tinja

Tinja dan limbah cair merupakan komponen limbah cair yang timbul secara alami dari kegiatan alam dan kehidupan manusia. Tinja adalah limbah yang dilepaskan dari tubuh manusia melalui anus dan merupakan sisa dari proses pencernaan makanan di sepanjang sistem saluran pencernaan (Wardhana and Karunia, 2009).

Lumpur tinja terdiri dari semua cairan dan semi-cair yang terkandung dari lubang dan kibah yang terakumulasi di instalasi on-site sanitasi, yaitu jamban umum atau pribadi yang tidak diperhatikan, toilet, aqua privies dan septic tank. Cairan ini biasanya beberapa kali lebih terkonsentrasi pada padatan tersuspensi dan terlarut dibandingkan air limbah. Lumpur tinja berasal dari teknologi on-site sanitasi dan belum diangkut melalui saluran pembuangan dengan kondisi belum diolah atau sebagian telah diolah dalam bentuk bubur atau semipadat, dan merupakan hasil dari pengumpulan, penyimpanan atau pengolahan dari kombinasi kotoran dan blackwater, dengan atau tanpa greywater. Contoh on-site teknologi adalah lubang kakus, tangki septik, penukaran termasuk jamban, tempat wudhu yang tidak memiliki selokan air, septic tank, aqua privies, dan toilet kering. Manajemen lumpur tinja termasuk penyimpanan, pengumpulan, transportasi, pengolahan dan penggunaan akhir yang aman atau pembuangan lumpur tinja. Lumpur tinja sangat bervariasi dalam konsistensi, kuantitas, dan konsentrasi (Oktarina and Haki, 2013b).

Manusia dalam kondisi normal diperkirakan dapat menghasilkan sekitar 83 gram tinja dan 970 gram air seni dalam satu hari, yang terdiri dari zat-zat organik (20% tinja dan 2,5% air seni) dan zat-zat anorganik seperti nitrogen, asam fosfat, sulfur dan sebagainya.

Tabel 7.1: Komposisi tinja dan air seni

Komponen	Kandungan	Kandungan dalam
	dalam Tinja (%)	Air Seni (%)
Air	66-80	93-96
Bahan Organik	88-97	65-85
Nitrogen (dari berat kering)	5-7	15-19
Fosfor (P ₂ O ₅) (dari berat kering)	3-5,4	2,5-5
Potassium (sebagai K ₂ O) (dari berat kering)	1-2,5	3-4,5
Karbon (dari berat kering)	40-55	11-17
Kalsium (sebagai CaO) (dari berat kering)	4-5	4,5-6
C/N rasio (dari berat kering)	5-10	-

Tabel 7.2: Kuantitas tinja dan air seni

Jenis Limbah	Gram/orang/hari	
	Berat Basah	Berat Kering
Tinja	135-270	35-70
Air seni	1.000-1.300	50-70
Jumlah	1.135-1.570	85-140

Tabel 7.3: Karakteristik utama limbah tinja dan parameter yang digunakan untuk mendeskripsikannya

No.	Parameters untuk menggambarkan limbah tinja	Karakteristik parameter
1.	pH	Konsentrasi ion hidrogen merupakan parameter kualitas yang penting untuk limbah tinja. Air limbah dan limbah tinja dengan konsentrasi ion hidrogen yang ekstrim sangat sulit untuk di olah secara biologi.
2.	Total solids (TS)	residu yang tersisa setelah sampel air limbah menguap dan dikeringkan pada suhu tertentu (103–105°C). TS digunakan untuk menilai potensi penggunaan kembali air limbah dan untuk menentukan jenis operasi dan proses perawatan yang paling sesuai.
3.	Electrical conductivity (EC)	Nilai EC yang terukur digunakan sebagai ukuran pengganti konsentrasi total dissolved solids (TDS). Dengan mengukur konduktivitas listrik dari limbah yang terolah, salinitasnya dapat dinilai. Kandungan garam merupakan parameter penting untuk penggunaan kembali air limbah pertanian
4.	Total volatile solids (TVS)	TVS adalah padatan yang dapat berubah dan terbakar ketika TS dinyalakan (500 +/- 50 ° C). Fixed solids (FS) terdiri dari residu yang tersisa setelah sampel telah dinyalakan. Rasio dari TVS ke FS sering digunakan untuk menentukan jumlah bahan organik yang ada.

7.8 Pengelolaan Limbah Tinja

Aspek-Aspek dalam Pengelolaan Limbah Tinja Terdapat 5 (lima) aspek yang perlu diperhatikan dalam pengelolaan kualitas lingkungan, yaitu ('Zuhaelsi Zubir, ST.MT Jakarta, 27 September 2016', 2016):

1. Aspek regulasi dan kebijakan;
Aspek regulasi dan kebijakan memiliki peran penting dalam pengelolaan limbah tinja. Regulasi atau peraturan dibuat untuk mengatur apa-apa saja yang harus diolah dan dikelola, siapa yang menjadi target dari regulasi tersebut, kapan harus dilakukan pengelolaan dan pengolahan, di mana lokasi pengelolaan dan pengolahan, mengapa harus dilakukan pengelolaan dan pengolahan serta bagaimana mekanisme kerjanya.
2. Aspek kelembagaan;
Keberadaan lembaga yang khusus untuk melakukan pengelolaan lingkungan dalam hal ini pengelolaan limbah sangat penting agar pelaksanaan pengelolaan limbah dapat lebih terjamin dan terstruktur secara baik.
3. Aspek teknis;
Dalam melakukan pengelolaan limbah tinja dibutuhkan masterplan perencanaan yang di dalamnya sudah memuat berbagai hal teknis lain yang ingin dicapai dalam pengelolaan limbah tinja. Aspek teknis seperti regulasi, metode pengolahan, baku mutu lingkungan, standar operasional prosedur pengolahan, dan hal-hal lain terkait lainnya dalam Perencanaan pengelolaan limbah tinja berfungsi sebagai tools dalam operasional kegiatan pengelolaan untuk mencapai tujuan yang diinginkan.
4. Aspek Keuangan;
Untuk menjamin terlaksananya tugas pokok dan fungsi lembaga pengelola, dibutuhkan adanya dukungan pendanaan dari Anggaran Pendapatan dan Belanja Negara (APBN) yang memadai untuk Pemerintah Pusat dan anggaran.
5. Aspek peran serta masyarakat
Memiliki keterkaitan antara satu dengan lainnya. Sehingga agar tidak terjadi ketimpangan dalam pelaksanaannya, tidak boleh mengabaikan salah satu aspek yang ada dalam pengelolaan kualitas lingkungan tersebut.

6. Aspek Peran Serta Masyarakat

Salah satu aspek yang penting karena sering kali kualitas lingkungan akan sangat tergantung pada peran serta masyarakat. Setiap aspek yang berpengaruh dalam pengelolaan lingkungan tidak bisa berdiri sendiri dalam menghasilkan kualitas lingkungan yang diinginkan, sehingga dibutuhkannya keterpaduan antar aspek yang ada. Namun, yang sering terjadi adalah kurangnya kesadaran masyarakat dalam melakukan pengelolaan sehingga menyebabkan kurang optimalnya kinerja aspek-aspek yang lain. Kurangnya peran serta masyarakat terkait juga dengan kesadaran mereka dalam pengelolaan lingkungan yang disebabkan kurangnya pemahaman dan pengetahuan terhadap arti penting lingkungan.

Pengolahan lumpur tinja dilakukan dengan tujuan utama, yaitu :

1. Menurunkan kandungan zat organik dari dalam lumpur tinja.
2. Menghilangkan atau menurunkan kandungan mikroorganisme patogen (bakteri, virus, jamur dan lain sebagainya)

Beberapa aspek yang berkaitan dengan desain sistem pengolahan limbah tinja dapat diringkas sebagai berikut (Wardhana and Karunia, 2009) :

1. Langkah awal terdiri dari pemisahan padat dari fraksi cair (misalnya tempat pengeringan atau kolam sedimentasi / tangki) karena sebagian besar materi organik terkandung dalam padatan.
2. Lumpur segar yang tidak tercerna harus distabilkan (misalnya melalui perawatan anaerobik primer di kolam atau aktor). Sludge, yang telah mencapai tingkat stabilisasi yang tinggi, dapat langsung dikeringkan dan mineralisasi lebih lanjut.
3. Jika tujuan utamanya adalah untuk mengurangi pencemaran lingkungan (misalnya permukaan air), sistem perawatan harus mencapai efisiensi penyisihan yang tinggi untuk bahan organik (TOC, COD) dan nutrisi (N & P).
4. Namun, efisiensi penyisihan N dan P yang tinggi menyebabkan hilangnya nutrisi yang berharga. Karena nutrisi ini awalnya diambil di tubuh manusia melalui konsumsi makanan, sistem manajemen sumber daya yang berkelanjutan harus terdiri dalam menutup loop, yaitu memungkinkan nutrisi untuk dikembalikan ke tanah dan digunakan untuk produksi tanaman. Dalam hal ini, sistem pengolahan harus bertujuan menciptakan produk yang berharga untuk digunakan

kembali pertanian dan memungkinkan biosolids (fraksi padat dari kotoran feses) untuk menstabilkan dan higienise sambil membatasi kehilangan nutrisi.

5. Lumpur tinja dan biosolid yang dihasilkan selama proses pemisahan padat / cair mengandung tingkat patogen yang tinggi. Oleh karena itu, perhatian harus diberikan pada pengolahan yang aman (proses pengosongan tangki septik, pengangkutan dan pengolahan) dan pembuangan. Sistem perawatan harus memungkinkan biosolid menjadi higienis sedemikian rupa sehingga penggunaannya sebagai pupuk / pupuk tanah atau pembuangannya tidak memiliki risiko terhadap kesehatan.

Pengolahan lumpur tinja akan menghasilkan lumpur kering dan air olahan yang terpisah dari lumpur yang bisa dimanfaatkan kembali sebagai tanah timbun atau pupuk dan sebagai air proses di IPLT atau untuk keperluan penyiraman tanaman. 24 Lumpur tinja yang diolah di IPLT merupakan hasil kegiatan penyedotan tinja yang dilakukan oleh penyedia jasa atau pemerintah melalui sistem penyedotan secara terjadwal maupun penyedotan yang tidak terjadwal (on call system). Agar pengelolaan lumpur tinja dapat berjalan dengan baik, dibutuhkan Unit-unit yang memiliki kinerja yang baik pula sehingga hasil olahan aman bagi lingkungan.

Unit – unit pengolahan yang biasanya ada IPLT terdiri dari (Arianto et al., 2016):

1. Unit Pengumpul berupa bak penerima dan pengumpul lumpur tinja yang berfungsi untuk menghomogenkan lumpur tinja yang masuk serta mengatur volume debit lumpur tinja yang diolah pada unit selanjut menjadi stabil.
2. Unit penyaringan berupa Bar Screen (manual maupun mekanik) yang bertugas untuk melakukan pemisahan dan penyaringan terhadap benda-benda yang terkandung dalam lumpur tinja.
3. Unit pemisahan partikel yang terdiri dari bak pemisah lumpur dan tangki imhoff memiliki fungsi sebagai pemisah partikel yang mengendap sebagai partikel tunggal (partikel diskrit) agar keberadaannya tidak mengganggu proses pada bak selanjutnya
4. Unit stabilisasi yang biasanya terdiri dari kolam anaerobik, kolam fakultatif, dan kolam maturasi dimanfaatkan untuk mengurangi kandungan bahan organik dari lumpur tinja, baik dengan anaerobik maupun aerobik.

5. Unit Pemekatan, pada IPLT biasanya berupa tangki pemisah lumpur dan imhoff tank yang memiliki fungsi untuk melakukan pemisahan cairan dari padatan yang terkandung pada lumpur tinja sehingga terjadi peningkatan konsentrasi pada cairan lumpur tinja.
6. Unit pengeringan lumpur berupa sebuah bidang atau bak pengering yang dimanfaatkan sebagai berlangsungnya kegiatan penurunan kandungan air dari lumpur olahan dengan metode penguapan atau mekanis (Oktarina and Haki, 2013a).

Bab 8

Pengelolaan Limbah Medis

8.1 Pendahuluan

Limbah medis adalah sampah atau limbah yang dihasilkan dari hasil aktivitas kegiatan di rumah sakit dan fasilitas kesehatan lainnya. Aktivitas pelayanan di fasilitas pelayanan kesehatan (fasyankes) tentunya menghasilkan limbah medis sehingga patut menjadi perhatian bagi kita semua, baik itu limbah yang dihasilkan dalam kegiatan rawat jalan maupun rawat inap di sebuah fasyankes. Secara umum limbah padat di fasyankes terdiri dari dua kategori yaitu sampah domestik (limbah non medis) dan limbah medis. Limbah medis padat tergolong dalam kategori limbah bahan berbahaya dan beracun (B3) karena bersifat infeksius (Kementerian Lingkungan Hidup, 2014). Secara garis besar dari bentuk fisik limbah di rumah sakit terdiri dari limbah padat, cair maupun gas. Dan dibandingkan dengan instansi lain bahwa jenis limbah di rumah sakit termasuk dalam kategori yang sangat kompleks dengan berbagai karakteristik yang ada.

8.2 Definisi Limbah Medis Padat

Limbah medis padat adalah limbah padat yang terdiri dari limbah infeksius, limbah patologi, limbah benda tajam, limbah farmasi, limbah sitotoksik, limbah kimiawi, limbah radioaktif, limbah kontainer, limbah bertekanan dan limbah dengan kandungan logam berat yang tinggi (Kementerian Kesehatan Republik Indonesia, 2004). Pemerintah telah berupaya dengan mengeluarkan berbagai regulasi untuk memberikan batasan-batasan dalam pengelolaan limbah medis sehingga tidak menimbulkan dampak terhadap kesehatan dan lingkungan sekitar. Berdasarkan Peraturan Pemerintah Nomor 101 Tahun 2014 dijelaskan bahwa limbah B3 adalah “zat energi, dan/atau komponen lain yang karena sifat, konsentrasi, dan/atau jumlahnya, baik secara langsung maupun tidak langsung, dapat mencemarkan dan/atau membahayakan lingkungan hidup, kesehatan, serta kelangsungan hidup manusia dan makhluk hidup lain (Pemerintah, 2014).

Rumah sakit sebagai salah satu fasilitas pelayanan kesehatan yang menghasilkan limbah medis padat dalam setiap aktivitasnya wajib melakukan pengelolaan limbah B3 sehingga tidak menimbulkan dampak berupa pencemaran lingkungan, cedera serta penyakit nosokomial. Tahapan dalam pengelolaan limbah tersebut meliputi pengurangan dan pemilahan limbah, penyimpanan limbah, pengangkutan limbah, pengolahan limbah, penguburan limbah dan atau penimbunan limbah (Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan, 2015).

8.3 Jenis-Jenis Limbah Medis Padat

Limbah medis padat yang dihasilkan dari aktivitas di fasyankes tentunya memiliki jenis-jenis yang berbeda tergantung jenis pelayanan di fasyankes tersebut. Limbah medis padat terdiri dari beberapa jenis berdasarkan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan, (2015) dan Kementerian Kesehatan Republik Indonesia, (2004) yaitu

a. Limbah infeksius;

Limbah infeksius adalah limbah yang dihasilkan dari kegiatan pelayanan medis yang diduga mengandung patogen (bakteri, virus, parasit, atau jamur) dalam konsentrasi atau jumlah yang cukup untuk menyebabkan penyakit.

- b. Limbah benda tajam;
Limbah benda tajam merupakan materi yang dapat menyebabkan luka iris atau luka tusuk antara lain jarum, jarum suntik, skalpel dan jenis belati lain, pisau, peralatan infus, gergaji, pecahan kaca, dan paku. Baik terkontaminasi maupun tidak, benda semacam itu biasanya dipandang sebagai limbah layanan kesehatan yang sangat berbahaya
- c. Limbah patologis;
Limbah patologis atau jaringan tubuh merupakan limbah yang dihasilkan dari pelayanan medis terdiri dari jaringan, bagian tubuh, organ, janin manusia, bagian tubuh, darah dan bangkai hewan
- d. Limbah bahan kimia kadaluarsa, tumpahan, atau sisa kemasan;
Limbah kimia mengandung zat kimia yang berbentuk padat, cair maupun gas yang berasal dari aktivitas diagnosa dan eksperimen. Limbah kimia yang tidak berbahaya antara lain gula, asam amino dan garam-garam organik dan non organik.
- e. Limbah radioaktif;
Limbah radioaktif adalah limbah yang berasal dari tindakan kedokteran nuklir, bakteriologis dapat berbentuk padat, cair dan gas, serta radioimmunoassay. Bahan yang terkontaminasi dengan radioisotop yang berasal dari penggunaan media atau riset radionuclida.
- f. Limbah farmasi;
Limbah farmasi merupakan jenis limbah yang berasal dari sisa penggunaan obat-obatan maupun yang sudah mengalami kadaluarsa. Sisa limbah farmasi dalam jumlah besar harus dikembalikan kepada distributor adapun limbah dalam jumlah sedikit dan tidak memungkinkan untuk dikembalikan kepada distributor maka dimusnahkan melalui insinerator pada suhu di atas 1000°C .
- g. Limbah sitotoksik;
Limbah sitotoksik adalah limbah dari bahan yang terkontaminasi dari persiapan dan pemberian obat sitotoksik untuk kemoterapi kanker yang mempunyai kemampuan untuk membunuh atau menghambat pertumbuhan.
- h. Peralatan medis yang memiliki kandungan logam berat tinggi; dan
- i. Tabung gas atau kontainer bertekanan.

8.4 Tahapan Pengelolaan Limbah Medis

Limbah medis padat yang dihasilkan oleh setiap fasyankes tentu saja perlu dikelola dengan baik sehingga tidak menimbulkan masalah bagi masyarakat dan lingkungan sekitar. Untuk itu perlu mendapat perhatian khusus dalam pengelolaan limbah ini karena limbah fasyankes khususnya limbah rumah sakit tergolong limbah B3 karena limbah yang dihasilkan bersifat infeksius. Dalam memutus mata rantai penularan penyakit dan infeksi nosokomial, pentingnya pengelolaan limbah medis maupun limbah non medis di sebuah rumah sakit (Astuti & Purnama, 2014). Berdasarkan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan (2015) pengelolaan limbah medis padat atau limbah B3 yang dihasilkan dari pelayanan kesehatan meliputi beberapa tahapan yaitu :

8.4.1 Pengurangan dan Pemilahan Limbah B3

Penanganan awal dalam pengelolaan limbah medis adalah mengurangi jumlah timbulan sampah dengan jalan melakukan pengurangan dan pemilahan limbah medis, dengan mengurangi jumlah limbah medis baik itu dengan upaya mengurangi penggunaan bahan yang mengandung B3 maupun dengan melakukan pemilahan sesuai dengan jenis limbah yang dihasilkan tentunya hal ini dapat mengurangi jumlah timbulan limbah medis. Salah satu contohnya upaya pengurangan limbah B3 pada sumber telah dilakukan salah satunya oleh RS Roemani Muhammadiyah Semarang menggunakan termometer digital sebagai pengganti dari termometer yang mengandung merkuri di laboratorium (Pertiwi V, Joko T, 2017) dengan langkah mengganti bahan yang mengandung B3 tentunya dapat mengurangi timbulan limbah medis B3 di rumah sakit.

Berdasarkan Kementerian Kesehatan Republik Indonesia (2004) tentang persyaratan kesehatan lingkungan rumah sakit bahwa dalam mengurangi timbulan sampah harus dilakukan upaya minimasi atau pengurangan limbah medis padat dengan cara yaitu melakukan reduksi limbah dari sumber penghasil limbah, mengelola dan mengawasi penggunaan berbagai bahan yang mengandung bahan kimia yang berbahaya dan beracun, melakukan tertib pencatatan stok bahan kimia dan farmasi, setiap peralatan harus melalui sertifikasi dari pihak yang berwenang dari proses pengelolaan limbah medis mulai dari tahap pengumpulan, pengangkutan dan pemusnahan. Sedangkan berdasarkan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan (2015) pengurangan limbah B3 di fasilitas pelayanan kesehatan dapat dilakukan dengan cara menghindari penggunaan bahan yang mengandung B3, melakukan

tata kelola yang baik terhadap pengadaan bahan kimia dan farmasi serta setiap bahan yang dapat menimbulkan gangguan kesehatan, dan perawatan berkala pada peralatan sesuai jadwal.

Langkah dalam mengurangi jumlah timbulan sampah yaitu memisahkan limbah medis padat dan limbah non medis dimulai dari sumber penghasil limbah tersebut (Kementerian Kesehatan Republik Indonesia, 2004). Memisahkan dan memasukkan limbah B3 ke dalam wadah sesuai dengan karakteristik dan jenis limbah (Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan, 2015). Sebagaimana yang telah dilakukan di RSUD Dr. Soetomo dengan melakukan pemilahan sampah mulai dari sumber penghasil limbah berdasarkan jenis wadah limbah medis tajam, wadah limbah medis lunak dan wadah limbah B3 (Purwanti, 2018).

8.4.2 Pewadahan Limbah Medis

Limbah medis padat yang dihasilkan pada setiap aktivitas pelayanan di rumah sakit harus dimasukkan ke dalam wadah di mana wadah tersebut diharapkan tidak menimbulkan risiko bagi lingkungan sekitar. Setiap limbah medis padat yang dihasilkan dari kegiatan pelayanan di rumah sakit harus dimasukkan dalam wadah sesuai dengan ketentuan yaitu (Kementerian Kesehatan Republik Indonesia, 2004):

- a. Wadah terbuat dari bahan yang kedap air, tahan lama, tidak berkarat, dan permukaannya halus
- b. Wadah limbah medis dan non medis terpisah pada setiap ruangan pelayanan
- c. Jika terisi 2/3 bagian maka kantong plastik segera diangkut
- d. Limbah benda tajam dimasukkan dalam safety box
- e. Wadah limbah padat infeksius dan sitotoksik yang kontak langsung dengan limbah medis harus dibuang langsung adapun yang tidak kontak langsung dapat digunakan kembali setelah dibersihkan dengan larutan desinfektan.

Penyimpanan limbah B3 wajib dilakukan oleh penghasil limbah B3 dengan cara menyimpan limbah B3 di fasilitas TPS limbah B3 khusus, limbah disimpan pada wadah sesuai kelompok B3, warna wadah limbah sesuai karakteristik atau jenis limbah dan telah diberi simbol pada wadah limbah B3 tersebut (Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan, 2015). Penyimpanan limbah B3 di TPS limbah B3 sejak limbah dihasilkan paling lama 2 hari pada temperatur lebih

besar 00C atau 90 hari pada temperatur yang sama atau lebih kecil dari 00C, 90 hari untuk limbah B3 yang dihasilkan sebesar 50 kg per hari atau lebih, 180 hari untuk limbah B3 yang dihasilkan kurang dari 50 kg perhari (Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan, 2015). Penyimpanan limbah dilakukan di RSUD Dr.Soetomo di mana limbah medis melalui proses pembakaran menggunakan insinerator setiap hari sehingga limbah medis tidak melebihi 2 hari penyimpanan sejak dihasilkan dengan jumlah limbah 1.200-1.500 kg/hari (Purwanti, 2018).

Tabel 8.1: Jenis dan Warna Label Limbah Medis Padat Sesuai Kategorinya (Kementerian Lingkungan Hidup, 2014)

No	Kategori	Warna Kontainer/ Kantong Plastik	Simbol Berdasarkan Permen LH 14/2013	Keterangan
1	Radioaktif	Merah		Kantong box timbal dengan simbol radioaktif
2	Sangat infeksius	Kuning		Kantong plastik, kuat, anti bocor, atau kontainer yang dapat disterilisasi dengan autoklaf
3	Limbah infeksius, patologi dan anatomi	Kuning		Kontainer plastik kuat dan anti bocor

4	Sitotoksik	Ungu		Kontainer plastik kuat dan anti bocor
5	Limbah kimia dan farmasi	Coklat		Kantong plastik atau kontainer

8.4.3 Pengangkutan Limbah Medis

Limbah medis padat yang telah disimpan dalam wadah sesuai dengan kategori akan diangkat oleh petugas cleaning service dengan menggunakan troli khusus yang tertutup dari setiap ruangan penghasil limbah pada waktu dan jalur khusus yang telah ditentukan pihak pengelola kemudian pengelola harus mengumpulkan dan mengemas pada tempat yang kuat (Kementerian Lingkungan Hidup, 2014). Seperti halnya pengangkutan limbah B3 di RSSA Malang dilakukan selama 2 kali dalam sehari untuk dibawa ke TPS limbah B3 (Pusparini Dian, Artiani Anis, 2018) dan RS Roemani Muhammadiyah Semarang melakukan pengangkutan limbah B3 menggunakan troli khusus 2 kali sehari atau jika $\frac{3}{4}$ wadah telah penuh serta petugas menggunakan APD saat mengangkut limbah B3 (Pertiwi V, Joko T, 2017).

Limbah B3 yang telah diangkat dari sumber dengan menggunakan kendaraan bermotor roda 4 atau roda 3 akan disimpan sementara waktu pada TPS atau depo limbah B3 jika telah memiliki izin sebagai pengelola limbah B3 untuk kegiatan pengolahan. Rumah sakit yang belum melakukan pengolahan terhadap limbah B3 dapat menggunakan jasa pengolah limbah pihak ketiga di mana akan ada pihak yang akan datang mengangkut limbah dari TPS limbah B3 rumah sakit menuju tempat pengolahan akhir yang telah memiliki izin. Pengangkut limbah B3 telah mendapatkan izin pengelolaan limbah B3 dengan menggunakan simbol limbah B3 dilengkapi manifes limbah B3 (Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan, 2015).

Beberapa ketentuan mengenai pengangkutan limbah medis padat (Kementerian Lingkungan Hidup, 2014) yaitu limbah medis padat diletakkan dalam kontainer kuat dan tertutup sebelum dimasukkan dalam kendaraan pengangkut, limbah B3 yang telah dikemas dalam kantong kuning agar aman dari jangkauan manusia atau binatang, serta petugas yang mengangkut limbah menggunakan APD lengkap mulai dari masker, sarung tangan khusus, helm/topi, pelindung mata, pakaian panjang, apron untuk industri dan sepatu boot.

8.4.4 Pengolahan Limbah Medis

Pengolahan limbah B3 dapat dilakukan sebuah rumah sakit jika telah memiliki izin pengolahan limbah B3. Rumah sakit yang tidak dapat melakukan pengolahan limbah medis dapat menggunakan pihak ketiga dalam pengolahan limbah dengan menunjukkan izin pengolahan limbah. Limbah medis padat tidak diperbolehkan dibuang langsung ke tempat pembuangan akhir limbah domestik sebelum aman bagi kesehatan (Kementerian Lingkungan Hidup, 2014) namun berbeda halnya yang terjadi di RS Tadjuddin Chalid Makassar limbah medis padat dan limbah domestik disatukan dalam lubang kemudian dibakar karena rumah sakit ini memiliki insinerator namun belum memiliki izin operasional (Salam, 2013). Penelitian yang dilakukan di 18 rumah sakit di Manado 7 rumah sakit menggunakan jasa pihak ketiga dalam mengolah limbah sisa 11 rumah sakit melakukan pengolahan sendiri dengan insinerator namun belum memiliki izin operasional (Tri Nurwahyuni, Fitria, Umboh, & Katiandagho, 2020).

Pengolahan dapat dilakukan dengan menggunakan peralatan yaitu autoklaf, gelombang mikro, iradiasi frekuensi radio dan atau insinerator (Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan, 2015). Pengolahan limbah B3 di sebuah rumah sakit disesuaikan dengan jenis limbah dan kemampuan rumah sakit baik itu menggunakan insinerator atau autoklaf. Insinerasi limbah medis yaitu proses pengolahan limbah dengan cara pembakaran pada limbah yang bersifat infeksius dalam suatu sistem yang terkontrol dan terisolasi dari lingkungan agar tidak membahayakan bagi lingkungan sekitar (Kementerian Lingkungan Hidup, 2014). Pengoperasian limbah medis padat pada insinerator tidak diperbolehkan bagi limbah B3 radioaktif, limbah b3 mudah meledak dan limbah B3 merkuri (Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan, 2015). Pengolahan limbah dengan menggunakan autoklaf digunakan untuk limbah seperti limbah patologis, bahan kimia kadaluarsa, sisa kemasan, radioaktif, farmasi dan sitotoksik. Limbah medis padat yang akan dimanfaatkan

kembali harus melalui proses sterilisasi. Untuk menguji efektivitas sterilisasi panas harus dilakukan tes *Bacillus stearothermophilus* dan untuk sterilisasi kimia harus dilakukan tes *Bacillus subtilis*. Serta jarum dan syringes harus dipisahkan sehingga tidak dapat digunakan kembali (Kementerian Lingkungan Hidup, 2014).

Pengolahan limbah medis padat dengan melakukan proses pembakaran dengan insinerator harus memenuhi ketentuan (Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan, 2015):

- a) Temperatur pada ruang utama pembakaran minimal 8000C dengan efisiensi pembakaran 99,95%
- b) Temperatur pada ruang bakar kedua paling rendah 10000C
- c) Memiliki alat pengendalian pencemaran udara berupa wet scrubber atau sejenisnya
- d) Ketinggian cerobong minimal 14 m dari permukaan tanah atau 1,5 kali bangunan tertinggi dalam radius 50 m dari insinerator
- e) Cerobong dilengkapi lubang pengambilan contoh uji emisi yang memenuhi kaidah 8De/2De dan fasilitas pendukung pengambilan sampel.

Limbah medis padat yang akan diolah melalui proses insinerasi dibagi dalam beberapa tahapan proses yaitu (Kementerian Lingkungan Hidup, 2014):

- a) Limbah yang akan diolah disiapkan terlebih dahulu
- b) Pengumpulan atau memasukkan limbah medis ke dalam insinerator
- c) Proses pembakaran limbah medis
- d) Pengolahan gas hasil pembakaran akhir menggunakan IPPU (instalasi pengontrol polusi udara)
- e) Penanganan dan pengelolaan abu insinerator yang juga berkategori limbah B3

Pengolahan Limbah Medis Padat berdasarkan jenisnya yaitu (Kementerian Kesehatan Republik Indonesia, 2004) :

1. Limbah Infeksius dan benda tajam
Limbah yang sangat infeksius dari laboratorium harus disterilisasi dengan pengolahan panas dan basah seperti dalam autoclave sedini mungkin. Untuk limbah yang lain cukup dengan cara desinfeksi. Benda tajam harus diolah dengan insinerator bila memungkinkan dan dapat diolah bersama dengan limbah infeksius lainnya. Setelah di

insinerasi atau disinfeksi, residunya dapat dibuang ke tempat penampungan B3 atau di buang ke landfill jika residunya sudah aman.

2. Limbah Farmasi

Limbah farmasi dalam jumlah besar harus dikembalikan kepada distributor sedangkan dalam jumlah kecil dan tidak memungkinkan dikembalikan dimusnahkan melalui insinerator pada suhu di atas 1.0000C.

3. Limbah Sitotoksik

Limbah sitotoksik sangat berbahaya dan tidak boleh dibuang dengan penimbunan atau ke saluran limbah umum. Pembuangan yang dianjurkan adalah dikembalikan ke perusahaan penghasil atau distributornya, insinerasi pada suhu tinggi dan degradasi kimia. Insinerasi pada suhu 1.2000C dibutuhkan untuk menghancurkan semua bahan sitotoksik. Insinerasi pada suhu rendah dapat menghasilkan uap sitotoksik yang berbahaya ke udara. Insineratir juga harus dilengkapi dengan peralatan pembersih gas.

4. Limbah Bahan Kimia

Limbah bahan kimia dapat diolah melalui insinerator yang dilengkapi dengan alat pembersih gas. Jika tidak memungkinkan maka cara lainnya dengan mengembalikan bahan kimia berbahaya tersebut ke distributornya yang akan menanganinya secara aman atau dikirim ke negara lain yang mempunyai peralatan yang cocok untuk mengolahnya.

5. Limbah dengan kandungan logam berat tinggi

Limbah dengan kandungan merkuri atau kadmium tidak boleh dibakar atau di insinerasi karena berisiko mencemari udara dengan uap beracun dan tidak boleh dibuang ke landfill karena mencemari air tanah. Cara yang disarankan adalah dikirim ke negara yang mempunyai fasilitas pengolah limbah dengan kandungan logam berat tinggi.

6. Kontainer bertekanan

Cara yang terbaik untuk menangani limbah kontainer bertekanan adalah dengan daur ulang atau penggunaan kembali. Apabila dalam kondisi utuh dapat dikembalikan ke distributor untuk pengisian ulang gas.

7. Limbah radioaktif

Setiap rumah sakit yang menggunakan sumber radioaktif yang terbuka untuk keperluan diagnosa, terapi atau penelitian harus menyiapkan

tenaga khusus yang terlatih di bidang radiasi. Limbah padat radioaktif sebaiknya dibuang sesuai dengan persyaratan teknis dan peraturan perundang-undangan yang berlaku dan kemudian diserahkan kepada BATAN untuk penanganan lebih lanjut atau dikembalikan ke negara distributornya.

8.4.5 Penguburan dan atau Penimbunan Limbah Medis Padat

Rumah sakit yang tidak memiliki fasilitas insinerator dalam memusnahkan limbah B3 patologis dan benda tajam dapat melakukan penanganan limbah dengan cara penguburan limbah B3. Di mana lokasi dan fasilitas penguburan harus memenuhi syarat yaitu bebas banjir, jarak minimal 20 m dari sumur atau perumahan, kedalaman penguburan maksimal 1,8 m dan diberi pagar pengaman dan papan penanda kuburan limbah B3. Penimbunan limbah B3 oleh penghasil limbah B3 berupa abu terbang insinerator, slag atau abu dasar insinerator. Penimbunan limbah B3 dilakukan di fasilitas penimbunan saniter, penimbunan terkendali dan penimbunan akhir limbah B3 yang memiliki izin (Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan, 2015).

8.5 Pengelolaan Limbah Medis Padat Covid-19

Penyakit Covid 19 saat ini telah menjadi pandemi di seluruh dunia tidak terkecuali Negara Indonesia dengan tingkat kematian yang sangat tinggi sehingga penyakit ini sangat meresahkan di setiap negara di mana seluruh lapisan masyarakat harus merubah tatanan kehidupan normal dengan tatanan baru dengan menerapkan protokol kesehatan dengan menggunakan masker, cuci tangan pakai sabun dan menjaga jarak. Tidak terkecuali para petugas kesehatan sebagai garda terdepan dalam penanggulangan penyakit ini harus menggunakan alat pelindung diri (APD) lengkap agar dapat menjaga diri dan pasien dalam penularan virus tersebut. APD yang digunakan oleh para petugas kesehatan maupun pasien yang mendapatkan pelayanan kesehatan khususnya kasus covid-19 tentu saja akan menghasilkan limbah medis B3 yang bersifat infeksius sehingga perlu penanganan khusus dibandingkan limbah medis

lainnya oleh karena limbah yang dihasilkan oleh pasien dan petugas kesehatan khusus covid-19 tergolong limbah yang sangat infeksius.

Limbah B3 medis padat covid-19 adalah barang atau bahan sisa hasil kegiatan yang tidak digunakan kembali yang berpotensi terkontaminasi oleh zat yang bersifat infeksius atau kontak dengan pasien dan/atau petugas di fasyankes yang menangani pasien Covid-19, meliputi: masker bekas, sarung tangan bekas, perban bekas, tisu bekas, plastik bekas minuman dan makanan, kertas bekas makanan dan minuman, alat suntik bekas, set infus bekas, Alat Pelindung Diri bekas, sisa makanan pasien dan lain-lain, berasal dari kegiatan pelayanan di UGD, ruang isolasi, ruang ICU, ruang perawatan, dan ruang pelayanan lainnya. Sehingga dalam proses pemilahan antara limbah medis padat dan limbah domestik di ruang perawatan pasien covid-19 tidak dilakukan lagi karena semua jenis limbah yang dihasilkan dari aktivitas pelayanan pasien covid-19 termasuk dalam jenis limbah B3 infeksius (Kesling, 2020).

Berdasarkan data rekapitulasi timbulan limbah covid-19 setiap provinsi dari periode 19 maret 2020 – 9 februari 2021 diperoleh total timbulan sekitar 7.502,79 ton. Kemudian pemerintah telah memesan 329,5 juta dosis vaksin covid-19 dengan potensi timbulan limbah medis sekitar 5.578.800 kg yang terdiri dari limbah vial, kapas, spuit bekas dan jarum suntik (Jenderal et al., 2021). Jumlah limbah medis padat yang dihasilkan selama pandemi covid-19 mengalami peningkatan hingga 2 kali lipat (Yolarita & Kusuma, 2020). Hal ini perlu menjadi perhatian serius mengingat jumlah timbulan limbah medis yang akan meningkat sehingga diperlukan pengelolaan limbah medis padat yang tepat agar tidak menimbulkan masalah bagi masyarakat dan lingkungan sekitar.

Direktur Kesehatan Lingkungan Kemenkes RI telah mengeluarkan pedoman bagi fasyankes dalam pengelolaan limbah medis padat yang menangani pasien kasus covid-19 yaitu (Kesling, 2020) :

- 1) Limbah medis B3 dimasukkan ke dalam wadah/bin/ yang dilapisi kantong plastik berwarna kuning yang bersimbol “biohazard”
- 2) Hanya limbah B3 medis padat yang dapat dimasukkan ke dalam kantong plastik limbah B3 medis
- 3) Limbah B3 medis dimasukkan ke dalam kantong dalam keadaan kering
- 4) Setelah $\frac{3}{4}$ penuh atau paling lama 12 jam, sampah/limbah B3 dikemas dan diikat rapat

- 5) Limbah padat B3 medis yang telah diikat setiap 24 jam harus diangkat, dicatat, dan disimpan pada TPS Limbah B3 atau tempat khusus
- 6) Petugas wajib menggunakan APD lengkap
- 7) Pengumpulan limbah B3 medis padat ke TPS Limbah B3 dilakukan menggunakan alat transportasi khusus limbah infeksius dan petugas menggunakan APD.
- 8) Berikan simbol infeksius dan label, serta keterangan “Limbah Sangat Infeksius, Infeksius Khusus”
- 9) Limbah B3 medis yang telah diikat setiap 12 jam di dalam wadah/bin harus diangkat dan disimpan pada TPS Limbah B3 atau tempat yang khusus
- 10) Pada TPS Limbah B3 kemasan sampah/limbah B3 Covid-19 dilakukan desinfeksi dengan menyemprotkan desinfektan (sesuai dengan dosis yang telah ditetapkan) pada plastik sampah yang telah terikat
- 11) Setelah selesai digunakan, wadah/bin di desinfeksi dengan desinfektan seperti klorin 0,5%, lysol, karbol, dan lain-lain
- 12) Limbah B3 Medis padat yang telah diikat, dilakukan desinfeksi menggunakan desinfektan berbasis klorin dengan konsentrasi 0,5% bila akan diangkat ke pengolah
- 13) Pengangkutan dilakukan dengan menggunakan alat transportasi khusus limbah dan petugas menggunakan APD
- 14) Petugas pengangkut yang telah selesai bekerja melepas APD dan segera mandi dengan menggunakan sabun antiseptik dan air mengalir
- 15) Jika tidak dapat langsung dilakukan pengolahan, maka limbah dapat disimpan dengan menggunakan freezer/cold storage yang dapat diatur suhunya di bawah 0°C di dalam TPS
- 16) Melakukan desinfeksi dengan desinfektan klorin 0,5% pada TPS Limbah B3 secara menyeluruh, sekurang-kurangnya sekali dalam sehari
- 17) Pengolahan limbah B3 medis dapat menggunakan insinerator/autoklaf/gelombang mikro. Dalam kondisi darurat, penggunaan peralatan tersebut dikecualikan untuk memiliki izin
- 18) Fasyankes yang menggunakan insinerator, abu/residu insinerator agar dikemas dalam wadah yang kuat untuk dikirim ke penimbun berizin. Bila tidak memungkinkan untuk dikirim ke penimbun berizin, abu/residu insinerator dapat dikubur sesuai konstruksi yang ditetapkan pada Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan nomor P.56 tahun 2015

- 19) Untuk Fasyankes yang menggunakan autoklaf/gelombang mikro, residu agar dikemas dalam wadah yang kuat. Residu dapat dikubur dengan konstruksi yang ditetapkan pada Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan nomor P.56 tahun 2015
- 20) Fasyankes yang tidak memiliki peralatan tersebut dapat langsung melakukan penguburan dengan langkah-langkah sebagai berikut :
- a) Limbah didesinfeksi terlebih dahulu dengan desinfektan berbasis klorin 0,5%
 - b) Limbah dirusak supaya tidak berbentuk asli agar tidak dapat digunakan kembali
 - c) Dikubur dengan konstruksi yang ditetapkan pada Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan nomor P.56 tahun 2015
- 21) Konstruksi penguburan sesuai dengan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan nomor P.56 tahun 2015, seperti pada gambar :



Gambar 8.1: Konstruksi Penguburan Limbah B3 Covid-19

- 22) Pengolahan juga dapat menggunakan jasa pengolahan yang berizin, dengan melakukan perjanjian kerjasama pengolahan
- 23) Pengolahan harus dilakukan sekurang-kurangnya 2 x 24 jam
- 24) Timbulan /volume limbah B3 harus tercatat dalam log book setiap hari
- 25) Memiliki manifest limbah B3 yang telah diolah
- 26) Melaporkan kepada Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan terkait jumlah limbah B3 yang dikelola melalui Dinas Lingkungan Hidup Provinsi/Kabupaten/Kota

Orang dalam pemantauan (ODP) atau pasien yang melakukan isolasi mandiri di rumah tentu menghasilkan limbah medis sehingga perlu mendapat penanganan khusus berbeda dengan pengelolaan limbah domestik. Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan telah mengeluarkan surat edaran berupa langkah-langkah dalam penanganan limbah infeksius dan pengelolaan sampah rumah tangga pasien covid-19 yaitu (Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia, 2020):

1. Limbah infeksius dari ODP yang berasal dari rumah tangga
 - a. mengumpulkan limbah infeksius berupa limbah APD antara lain masker, sarung tangan dan baju pelindung diri
 - b. mengemas tersendiri dengan menggunakan wadah tertutup
 - c. mengangkat dan memusnahkan pada pengelolaan limbah B3
 - d. menyampaikan informasi kepada masyarakat tentang pengelolaan limbah infeksius yang bersumber dari masyarakat
2. Pengelolaan sampah rumah tangga dan sampah sejenis rumah tangga
 - a. seluruh petugas kebersihan atau pengangkut sampah wajib dilengkapi APD khususnya masker, sarung tangan dan safety shoes yang setiap hari harus disucihamakan.
 - b. Dalam upaya mengurangi timbulan sampah masker, maka kepada masyarakat yang sehat dihimbau untuk menggunakan masker guna ulang yang dapat dicuci setiap hari
 - c. Kepada masyarakat yang sehat dan menggunakan masker sekali pakai (disposable mask) diharuskan untuk merobek, memotong atau menggunting masker tersebut dan dikemas rapi sebelum dibuang ke tempat sampah untuk menghindari penyalahgunaan
 - d. Pemerintah daerah menyiapkan tempat sampah / drop box khusus masker di ruang publik.

Bab 9

Penyehatan Makanan dan Minuman

9.1 Pendahuluan

Manusia membutuhkan makanan dan minuman untuk dapat mempertahankan kehidupannya. Makanan dan minuman dikategorikan sebagai pangan olahan yang dihasilkan dari proses dengan metode tertentu dengan ataupun tanpa bahan tambahan (BPOM, 2016). Makanan dan minuman diharapkan dapat memenuhi kebutuhan gizi seperti karbohidrat, protein, lemak, vitamin dan mineral yang bermanfaat bagi tubuh. Akan tetapi, makanan dan minuman tidak akan memiliki dampak yang baik apabila makanan dan minum tersebut masuk kategori tidak aman untuk dikonsumsi.

Makanan dan minuman merupakan kebutuhan pokok bagi makhluk hidup yang tidak dapat ditolerir pemenuhannya yang artinya makanan dan minuman dibutuhkan setiap hari. Makanan dan minuman yang awalnya bermanfaat sebagai pemenuhan kebutuhan dasar saat ini sudah berkembang memiliki fungsi lain seperti fungsi sosial, budaya dan keagamaan. Setiap kegiatan yang dilaksanakan tidak akan lepas dari jamuan makanan dan minuman. Tingginya kebutuhan dan permintaan akan makanan dan minuman akhirnya mendorong munculnya berbagai usaha penyelenggaraan makanan dan minuman.

Makanan dan minuman yang diolah sendiri secara langsung atau tidak langsung oleh konsumen memerlukan perhatian khusus. Upaya penyehatan makanan dan minuman diperlukan untuk menjaga sehingga manfaat makanan sebagai pemenuhan kebutuhan kesehatan dapat dipertahankan. Penyehatan makanan dan minuman adalah upaya yang dilakukan dalam rangka mengendalikan berbagai faktor yang dapat menyebabkan makanan menjadi tidak aman untuk dikonsumsi (Wayansari, Anwar and Amri, 2018).

9.2 Konsep Makanan dan Minuman Sehat

Makanan dan minuman merupakan kebutuhan dasar manusia untuk dapat mempertahankan hidup, melindungi dan menjaga kesehatan serta menjadi sumber energi untuk beraktivitas yang produktif (Mucthadi,2009). Makanan dan minuman diharapkan memiliki zat gizi yang dapat bermanfaat bagi tubuh. Zat gizi adalah komponen kimia yang terkandung dalam bahan pangan yang akan diserap tubuh sehingga memiliki khasiat untuk menormalkan fungsi tubuh manusia (Andriani, 2012).

9.2.1 Kriteria Makanan dan Minuman Sehat

Konsumsi makanan dan minuman dapat memenuhi kebutuhan manusia, akan tetapi makanan yang dikonsumsi tidak hanya terbatas pada sesuatu yang dapat mengenyangkan tetapi harus menyehatkan. Hal ini menurut Pudjirahayu, 2017 akhirnya membuat keamanan pangan saat ini telah menjadi tuntutan sekaligus kebutuhan dalam pemilihan makanan dan minuman.

Sudut pandang makanan dan minuman tidak aman dikonsumsi saat ini bukan hanya dilihat karena adanya bahan tambahan pangan yang dilarang terkandung pada makanan dan minuman tersebut tapi dapat juga dikategorikan pada makanan yang mengandung zat gizi berlebihan seperti natrium, gula dan lemak (de Ridder et al., 2017). Makanan sehat didefinisikan sebagai makanan yang memenuhi empat kondisi yaitu cukup, kandungan zat gizi yang seimbang, energi yang terkontrol, serta bebas ataupun memiliki batas minimal dari komponen cemaran (Pinatih, 2020).

Menurut Muchtadi (2009), ada persyaratan makanan dan minuman sebelum dinyatakan layak untuk dikonsumsi di antaranya:

- a. Persyaratan sensori : penilaian sensori dari makanan dan minuman dapat dilihat dari kriteria organoleptik melalui pemanfaatan indera tubuh yaitu warna, aroma, rasa. Kriteria ini akan menunjukkan penampilan makanan yang menggugah selera serta menunjukkan kelayakan penampilan dari segi cemaran yang dapat merubah organoleptik makanan dan minuman.
- b. Persyaratan nilai gizi : makanan dan minuman yang dikonsumsi mengandung zat gizi yang bermanfaat untuk tubuh yaitu karbohidrat, protein, lemak, vitamin dan mineral. Makanan dan minuman yang dikonsumsi tentunya akan memengaruhi status gizi individu. Kandungan gizi pada makanan dan minuman sangat dipengaruhi oleh bahan makanan serta proses pengolahannya sehingga penting untuk menjaga kualitas nilai gizi pada pengolahan makanan dan minuman.
- c. Persyaratan keamanan : makanan dan minuman yang aman yaitu tidak menyebabkan penyakit dan dampak negatif bagi yang mengkonsumsi. Keamanan makanan dan minuman ditentukan mulai dari bahan makanan, bahan tambahan, proses pengolahan hingga sampai di tangan konsumen.

9.2.2 Pengendalian Makanan dan Minuman Sehat

Tuntutan masyarakat pada makanan dan minuman saat ini yaitu pangan yang sehat, aman, dan bergizi sehingga perlunya pengawasan terhadap produk makanan dan minuman yang beredar. Isu keamanan pangan menjadi perhatian yang banyak didiskusikan. Kontrol terhadap makanan dan minuman yang sehat melibatkan tiga aspek yang saling berkaitan yaitu produsen, konsumen dan pemerintah. Setiap negara memiliki lembaga yang memiliki tugas melakukan pengawasan pada produk yang dikonsumsi di kalangan masyarakat (Pudjirahayu, 2017).

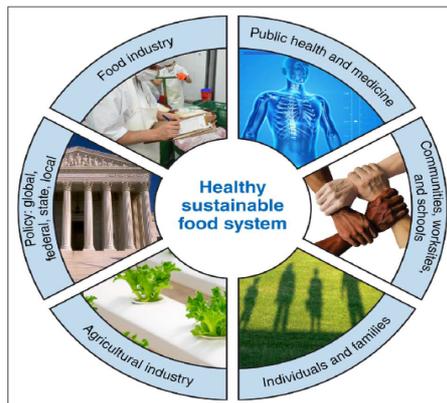
Indonesia memiliki BPOM (Badan Pengawas Obat dan Makanan) sebagai lembaga yang diberi kewenangan untuk mengawasi obat dan makanan yang beredar dengan tujuan menjamin bahwa obat, makanan dan segala yang dikonsumsi oleh masyarakat dalam kategori aman dan tidak membahayakan. Selain BPOM, pemerintah Indonesia juga menunjukan kementerian lain yang juga turut melakukan pengawasan terhadap mutu pangan di Indonesia, di

antaranya kementerian kesehatan, kementerian pertanian, dan kementerian perindustrian dan perdagangan.

Salah satu bentuk contoh regulasi pemerintah terhadap mutu makanan dan minuman yang mengandung bahan berbahaya dituliskan pada pasal 13 dalam Peraturan Bersama Menteri Dalam Negeri dan Kepala Badan Pengawasan Obat dan Makanan Republik Indonesia Nomor 2 tahun 2013 dan Nomor 43 tahun 2013 yaitu produsen mendapatkan sanksi administrasi di antaranya :

- a. Peringatan tertulis
- b. Penghentian sementara kegiatan
- c. Rekomendasi pencabutan izin
- d. Pencabutan izin usaha; dan/atau
- e. Tindakan lain sesuai dengan peraturan perundangan-undangan

Makanan dan minuman yang dikonsumsi akan menjadi sumber zat gizi yang sangat bermanfaat bagi kesehatan tubuh akan tetapi makanan dan minuman yang tidak aman ataupun dikonsumsi secara berlebih menjadi kunci penting terjadinya penyakit tidak menular seperti obesitas, hipertensi, diabetes. Kontrol pemilihan akan makanan dan minuman sehat ada pada konsumen bagaimana mereka selalu menyertakan sayuran dan buah pada setiap pembelian makanan dan minuman. kebijakan untuk memperbaiki penjualan makanan sehat pada semua gerai toko dan memfokuskan gerai toko menyediakan pilihan makanan sehat sangat dibutuhkan (Tawfiq, Bradbury and Ni Mhurchu, 2021).



Gambar 9.1: Berbagai pemangku kepentingan berkontribusi pada sistem pangan yang sehat dan berkelanjutan (Anderson et al., 2019).

Menurut *American Heart Association* (AHA) dengan adanya perkembangan inovasi sistem makanan yang sehat dan berkelanjutan akan berdampak positif pada perubahan perilaku makan, asupan makan dan kesehatan. Inovasi sistem makanan ini dapat terjadi melalui kebijakan, sektor swasta, kesehatan masyarakat, pendekatan medis, komunitas, atau tingkat individu dan yang dapat memicu kerjasama publik dan swasta yang lebih lanjut.

9.3 Cemaran pada Makanan dan Minuman

Pada makanan dan minuman tidak hanya mengandung zat gizi namun juga mengandung non zat gizi yang memengaruhi kesehatan tubuh. Zat non gizi tersebut seperti fitokimia, serat, toksin, polutan, dan terkadang bakteri ataupun parasit. Fotokimia dan serat masih memiliki manfaat positif bagi kesehatan tubuh akan tetapi toksin, polutan dan bakteri ataupun parasit merupakan kategori cemaran yang membahayakan tubuh. Minuman lebih mudah dikontaminasi dengan substrat cemaran yang dapat memengaruhi kesehatan (Pinatih, 2020).

Zat gizi yang terdapat dalam makanan dan minuman akan dapat berkhasiat bagi tubuh apabila makanan dan minuman tersebut belum mengalami penurunan mutu pangan. Penurunan mutu dapat terjadi akibat adanya cemaran dalam makanan dan minuman yang dikonsumsi. Cemaran merupakan sesuatu yang tidak diharapkan masuk ke dalam makanan dan minuman yang dapat berasal dari lingkungan maupun saat proses produksi yang dapat memberikan dampak negatif bagi tubuh (BPOM, 2012).

Makanan dan minuman yang tercemar akan masuk dalam kategori pangan tercemar dan apabila cemaran tersebut berada dalam batas yang tidak dapat ditolerir maka menyebabkan makanan mengalami penurunan kualitas organoleptik hingga tidak layak konsumsi. Cemaran yang dapat memungkinkan ada pada makanan dan minuman dapat berupa cemaran fisik, kimia, dan mikrobiologis. Menurut Adriani (2012) makanan aman harus bebas dari cemaran fisik, kimiawi, dan mikrobiologi. Cemaran ini dapat masuk dalam makanan dan minuman secara sengaja maupun tidak sengaja.

Makanan dan minuman yang tercemar dapat menyebabkan *foodborne disease*. *Foodborne disease* merupakan istilah yang digunakan pada penyakit yang

diakibatkan oleh dampak negatif dari konsumsi makanan dan minuman yang terkontaminasi (WHO,2002).

9.3.1 Cemaran fisik

Cemaran fisik merupakan benda asing bukan bagian bahan pangan yang masuk dalam makanan dan minuman. Adapun contoh dari cemaran fisik di antaranya bagian tubuh manusia (rambut dan kuku), serangga kerikil, pasir, isi staples, plastik dan lain – lain. Cemaran fisik ini setidaknya menyebabkan penurunan selera makan hingga kematian.

Adapun upaya yang dapat dilakukan dalam mencegah masuknya cemaran fisik dimulai dari proses produksi hingga persiapan distribusi di mana penjamah makanan memeriksa dengan teliti setiap alir rantai makanan (Pudjirahayu, 2017).

9.3.2 Cemaran kimia

Cemaran kimia merupakan masuknya unsur maupun senyawa kimia yang tidak diharapkan dalam makanan dan minuman sehingga menyebabkan dampak negatif yang membahayakan tubuh. Cemaran kimia dapat terjadi akibat penurunan mutu bahan pangan sehingga menyebabkan perubahan kimia dalam bahan pangan ataupun adanya unsur kesengajaan untuk keuntungan produsen. Menurut Andriani (2012), cemaran kimia dapat masuk dalam makanan dan minuman cara yaitu secara alamiah berasal dari bahan makanan seperti aflatoksin; sebgaja ditambahkan sebagai bahan tambahan makanan; ataupun tidak sengaja masuk dalam makanan seperti pestisida.

BPOM sebagai badan pengawas yang berwenang di Indonesia memberikan aturan - aturan terkait bahan kimia tambahan yang dilarang digunakan, dinataranya boraks, formalin, rhodamin B, dan kuning metanil (BPOM, 2021).

Bahan kimia yang dengan sengaja ditambahkan dengan tujuan untuk pengawetan dan perbaikan organoleptik yang memengaruhi sifat dan bentuk pangan disebut bahan tambahan Pangan (BTP) yang diatur penggunaannya dalam peraturan kepala BPOM RI no 36 tahun 2013.

Tabel 9.1: Bahan Tambahan Pangan (BTP) yang diizinkan digunakan untuk pangan (Badan Pengawas Obat dan Makanan Republik Indonesia, 2013).

Jenis BTP	Batas maksimal penggunaan
Asam sorbat dan garamnya (Sorbic acid and its salts)	0-25 mg/Kg BB
Asam benzoat dan garamnya (Benzoic acid and its salts)	0-5 mg/Kg BB
Etil para-hidroksibenzoat (Ethyl para-hydroxybenzoate)	0-10 mg/Kg BB
Metil para-hidroksibenzoat (Methyl para-hydroxybenzoate)	0-10 mg/Kg BB
Sulfit (Sulphites)	0-0,7 mg/Kg BB
Nisin (Nisin)	0-33000 unit/Kg BB
Nitrit (nitrites)	0-0,06 mg/Kg BB
Nitrat (Nitrates)	0-3,7 mg/Kg BB
Asam propionat dan garamnya (Propionic acid and its salts)	Tidak dinyatakan spesifik
Lisozim hidroklorida (Lysozyme hydrochlorides)	Tidak dinyatakan spesifik

9.3.3 Cemaran mikrobiologi

Cemaran mikrobiologi ditandai dengan adanya aktivitas mikroba patogen dan pembusuk yang masuk dalam makanan dan minuman, di antaranya bakteri, virus, jamur, khamir ataupun protozoa (Pudjirahayu, 2017). Aktivitas mikroba patogen dan pembusuk ini tidak hanya akan memengaruhi kualitas mutu pangan namun juga dapat menghasilkan racun yang berbahaya bagi tubuh manusia. Aktivitas mikroba akan menyebabkan perubahan organoleptik pada makanan dan minuman seperti perubahan rasa, perubahan warna, dan bentuk makanan dan minuman.

Proses pengawetan menjadi salah satu cara yang dapat digunakan untuk menghambat dan mengendalikan pertumbuhan mikrobia. Salah satu metode pengawetan dengan termal banyak digunakan dalam industri pangan karena selain dapat memperpanjang masa simpan produk dengan membunuh mikroba pembusuk dan patogen juga dapat memperbaiki mutu sensori (Yuswita, 2014).

Tabel 9.2: Bakteri yang dapat menyebabkan penyakit (Wayansari, Anwar and Amri, 2018)

Jenis Bakteri	Sumber	Gejala yang ditimbulkan	Cara pencegahan
Staphylococcus aureus	Penjamah yang sakit	Demam, kram, dan diare	Menjaga personal higine dan sanitasi; mengizinkan penjamah sakit untuk tidak masuk kerja
Escherichia coli	Makanan mentah atau kurang matang	Sakit perut, muntah, diare	Memasak bahan makanan sampai matang; Menjaga personal higine dan sanitasi
Salmonella	Sering ditemui pada daging, telur, unggas, dan kotoran dari tangan penjamah, Kontaminasi silang	Mual, demam, kram, diare	Menyimpan bahan makanan pada suhu dan tempat yang sesuai; menjaga personal higine
Streptococcus	Penjamah dan pelanggan yang sakit	Sakit tenggoroka dan deman	mengizinkan penjamah sakit untuk tidak masuk kerja; menggunakan buffet pelindung makanan
Listeria monocytogenes	Tanah, air, manusia, hewan	Mual, muntah, diare, infeksi leher rahim, keguguran	Menyimpan dan masak bahan makanan pada suhu yang sesuai; menjaga personal higine
Campylobacter jejuni	Hewan dan susu mentah	Diare, kram perut, demam, muntah	Hindari kontaminasi silang,; masak makanan hingga matang sempurna
Clostridium pefringens	Daging, penjamah makanan, tanah	Mual, demam, kram, dan diare	Menjaga makanan agar tidak masuk zona bahaya makanan
Clostridium botulinum	Makanan kaleng	Lesu, sakit kepala, dan pusing hingga kematian	Tidak menggunakan makanan kaleng yang sudah terbuka lama

9.4 Higiene dan Sanitasi pada Makanan dan Minuman

Berdasarkan Depkes (2004) dan Wayansari, Anwar and Amri (2018), Higiene makanan diartikan sebagai upaya pencegahan makanan dari penyakit dengan memfokuskan pada usaha kesehatan perseorangan dalam memelihara dan melindungi diri seperti mencuci tangan, mencuci piring dan lain lain. Sedangkan sanitasi makanan merupakan upaya pencegahan makananan dari penyakit dengan memfokuskan pada usaha kesehatan lingkungan dan faktor lingkungan yang mungkin akan memengaruhi kesehatan ketika mengonsumsi makanan.

Higiene dan sanitasi makanan bertujuan untuk menjamin makanan dengan mengendalikan faktor makanan dan lingkungan agar aman, bebas dari penyakit dan bahaya yang merugikan bagi konsumen (Prabu, 2008).

Adapun prinsip- prinsip higiene dan sanitasi makanan meliputi:

1. Pemelihan bahan makanan
2. Penyimpanan bahan makanan
3. Pengolahan makanan
4. Penyimpanan makanan
5. Pengangkutan makanan
6. Penyajian makanan

Makanan dan minuman sehat berasal dari bahan makanan yang bermutu, pengolahan yang terstandar dan pnyajian yang tepat. Pada industri makanan dan minuman besar adanya penerapan manajemen keamanan pangan terpadu untuk menjaga standar kewanaman produk. Adapun manajemen keamanan pangan terpadu tersebut di antaranya *Standard Sanitation Operating Procedure (SSOP)*, *Good Manufacturing Practices (GMP)*, dan *Hazard Analysis Critical Control Point (HACCP)*.

Akan tetapi pada industri makanan dan minuman dan pengolahan rumah tangga, hal yang menjadi kunci dalam menjamin keamanan pangan adalah melalui penyehatan makanan dan minuman dengan penerapan higiene dan sanitasi pada makanan dan minuman yang diproduksi. Tujuan dari penyehatan makanan dan minuman ini agar para pelaku produksi makanan dan minuman dapat memiliki kemampuan dalam mengelola makanan dan minuman yang aman dan bebas penyakit yang berasal dari keracunan.

Upaya penyehatan makanan minuman melalui penerapan higine dan sanitasi harus diterapkan mulai dari penjamah, tempat penyelenggaraan, peralatan, proses pengolahan, penyimpanan hingga penyajian makanan (Purnomo, 2009 dalam Wayansari, Anwar and Amri, 2018).

Penjamah makanan memiliki peran kunci dalam penyediaan makanan dan minuman yang aman dan sehat sehingga personal higiene dan prilaku sehat penjamah harus sangat diperhatikan. (Wayansari, Anwar and Amri, 2018). Menurut definisi dari FAO (2001) Penjamah makanan diartikan sebagai setiap orang yang berhubungan langsung dengan makanan baik dalam pengemasan, pencucian peralatan ataupun kontak lain dengan permukaan makanan.

Penjamah makanan berisiko tinggi menyebabkan kontaminasi pada makanan melalui kondisi berikut :

1. Penjamah tetap kontak dengan makanan saat kondisi sakit
2. Pejamah kontak dengan makanan saat tangan, jari, kuku kotor
3. Penjamah kontak dengan makanan tanpa menerapkan etika batuuk dan bersin
4. Penjamah makanan kontak dengan makanan setelah memegang benda lain tanpa mencuci tangan terlebih dahulu
5. Penjamah makanan kontak dengan makanan menggunakan perhiasan dan aksesoris di tangan (cincin, gelang, jam tangan).

Selain penjamah makanan, higiene dan santasi peralatan makan juga menjadi faktor yang perlu diperhatikan dalam upaya penyehatan makanan dan minuman. Peralatan makan dan minum yang kotor dapat menjadi sumber utama cemaran. Cemaran biologis akibat bakteri, jamur dan kapang dapat terjadi apabila mencuci peralatan makan dan minum dengan air kotor dan sisa – sisa makanan menempel akibat pencucian kurang bersih. Cemaran fisik dan kimia yang dapat berasal dari peralatan makan melalui penggunaan peralatan makan dengan material yang dilarang.

Tabel 9.3: material peralatan pengolahan makan (Badan Pengawas Obat dan Makanan Republik Indonesia, 2013).

Diperbolehkan	Tidak diperbolehkan
stainless steel , aluminium, kayu keras, logam berlapis	cadmium, antimony, timbal, kooper.

Bab 10

Kesehatan Lingkungan Industri

10.1 Pendahuluan

Bahaya di lingkungan kerja industri yang dapat memengaruhi kesehatan dapat dikendalikan dengan memenuhi persyaratan kesehatan lingkungan di industri. Aspek utama yang wajib dipenuhi adalah dengan menerapkan sistem manajemen keselamatan dan kesehatan kerja di industri. Pemerintah telah banyak mengatur terkait pemenuhan persyaratan kesehatan lingkungan seperti yang tertuang dalam Undang-Undang Nomor 36 Tahun 2009 tentang kesehatan, Peraturan Pemerintah Nomor 50 Tahun 2012 tentang Penerapan Sistem Manajemen Keselamatan dan Kesehatan Kerja, dan Peraturan Pemerintah Nomor 66 Tahun 2014 tentang Kesehatan Lingkungan. Lingkungan kerja di industri yang sehat adalah salah satu faktor yang memengaruhi peningkatan produktivitas kerja dan dapat menurunkan faktor risiko timbulkan gangguan kesehatan maupun penyakit akibat kerja.

Pemenuhan standar kesehatan di lingkungan kerja di industri harus terpenuhi. Pemenuhan standar tersebut adalah persyaratan minimal kesehatan lingkungan kerja di industry. Standar dan persyaratan kesehatan lingkungan kerja industri terdiri atas nilai ambang batas, indikator pajanan biologi, dan persyaratan kesehatan lingkungan kerja industri.

Berkembang pesatnya industri di Indonesia membuat penggunaan teknologi dan proses produksi yang bervariasi dimana hal ini sejalan dengan peningkatan gangguan kesehatan yang dapat dialami oleh pekerja karena terpapar di tempat kerja. Kesehatan Lingkungan Industri adalah sebuah upaya pengendalian penyakit atau gangguan kesehatan dari faktor penyebab penyakit yang bersumber dari lingkungan kerja industri yang terdiri dari faktor bahaya fisik, kimia, biologi, ergonomik dan sanitasi sehingga terwujud status lingkungan kerja industri yang sehat sehingga dapat meningkatkan produktivitas kerja.

10.2 Nilai Ambang Batas Lingkungan Kerja Industri

Nilai Ambang Batas (NAB) adalah kadar konsentrasi rata-rata dari paparan bahaya fisik dan bahaya kimia yang diterima oleh hampir atau seluruh pekerja dan tidak menimbulkan gangguan kesehatan bagi pekerja dalam waktu tidak lebih 8 jam perhari dan 40 jam perminggu baik terdiri dari TWA (Time Weighted Average), STEL (Short Term Exposure Limit), dan Ceiling.

Di Indonesia batas paparan dikenal dengan NAB zat kimia di udara tempat kerja dengan memperhatikan SNI 19-0232-2005. Standar ini memuat tentang NAB rata-rata tertimbang waktu (Time Weighted Average) zat kimia di udara tempat kerja, dimana pekerja yang dapat terpapar zat kimia tidak lebih dari 8 jam/hari atau 40 jam/minggu

ACGIH (American Conference of Governmental Industrial Hygienists) mendefinisikan Nilai Ambang Batas sebagai konsentrasi bahan kimia di udara yang merepresentasikan kondisi dimana hampir seluruh pekerja dapat terpajan berulang kali, hari demi hari pada keseluruhan waktu kerja dalam kehidupannya, tanpa timbulnya efek kesehatan yang merugikan. TLV disusun untuk melindungi pekerja dewasa normal dan sehat (ACGIH, 2015)

OSHA (Occupational Safety & Health Administration) PELs adalah konsentrasi rata-rata tertimbang waktu (TWA) yang tidak boleh tercapai selama 8 jam kerja atau 40 jam perminggu. STEL atau ST adalah konsentrasi 15 menit yang tidak boleh tercapai. C atau disebut Ceiling concentrations adalah konsentrasi tertinggi yang ditetapkan oleh OSHA yang tidak diperkenankan tercapai (Construction Safety Council, 2012).

NIOSH (National Institute for Occupational Safety & Health) RELs, TWA Menunjukkan konsentrasi rata-rata tertimbang waktu hingga 10 jam kerja selama 40 jam perminggu. STEL atau disingkat ST adalah konsentrasi paparan selama 15-menit yang tidak boleh tercapai selama hari kerja. Nilai ambang batas tertinggi atau Ceiling REL disingkat C merupakan konsentrasi tertinggi yang tidak diperkenankan tercapai. NIOSJ juga mengeluarkan nilai IDLH (Immediately Dangerous to Life or Health). (Construction Safety Council, 2012)

10.2.1 Faktor Fisik Lingkungan Kerja

A. Iklim Kerja

Nilai Ambang Batas (NAB) iklim kerja di lingkungan tempat kerja adalah batas paparan iklim lingkungan kerja atau paparan panas (heat stress) yang tidak boleh melebihi 8 jam kerja setiap hari.

Tabel 10.1: Nilai Ambang Batas Iklim Kerja (Permenkes RI No 70 Tahun 2016)

Alokasi Waktu Kerja dan Istirahat	NAB (C ISBB)			
	Ringan	Sedang	Berat	Sangat berat
75 – 100 %	31,0	28,0	*	*
50 – 75 %	31,0	29,0	27,5	*
25 – 50 %	32,0	30,0	29,0	28,0
0 – 25 %	32,5	31,5	30,0	30,0

Catatan:

1. ISBB atau dikenal juga dengan istilah WBGT (Wet Bulb Globe Temperature) adalah parameter iklim lingkungan kerja
2. ISBB luar ruangan = 0,7 Suhu Basah Alami + 0,2 Suhu Bola + 0,1 Suhu Kering
3. ISBB dalam ruangan = 0,7 Suhu Basah Alami + 0,3 Suhu Bola

(*) tidak diperkenankan karena alasan dampak fisiologis

NAB iklim lingkungan kerja ditetapkan berdasarkan peruntukan waktu kerja dan waktu istirahat dalam satu pengaturan waktu kerja (8 jam per hari) serta rerata laju metabolik pekerja. Kategori laju metabolik, yang dihitung berdasarkan rata-rata laju metabolik pekerja, tercantum seperti pada tabel 10.2

Tabel 10.2: Kategori Laju Metabolik dan Contoh Aktivitas (Permenkes RI No 70 Tahun 2016)

Kategori	Laju Metabolik (W)**	Contoh Aktivitas
Istirahat	115 (100 – 125)***	Duduk
Ringan	180 (125 – 235)***	Melakukan pekerjaan ringan dengan tangan dengan posisi duduk, atau dengan tangan dan lengan, dan mengemudi. Melakukan pekerjaan ringan dengan lengan pada posisi berdiri dan sesekali berjalan.
Sedang	300 (235 – 360)***	Melakukan pekerjaan sedang: dengan tangan dan lengan, dengan lengan dan kaki, dengan lengan dan pinggang, atau mendorong atau menarik beban yang ringan. Berjalan biasa

Berat	415 (360 – 465)***	Melakukan pekerjaan intensif: dengan lengan dan pinggang, membawa benda, menggali, menggergaji secara manual, mendorong atau menarik benda yang berat, dan berjalan cepat
Sngat Berat	520 (> 465)***	Melakukan pekerjaan sangat intensif dengan kecepatan maksimal

B. Kebisingan

Nilai ambang batas kebisingan adalah Nilai Ambang Batas (NAB) yang diperbolehkan menurut Keputusan Menteri Tenaga Kerja No. 13 Tahun 2011 adalah 85 dB dengan waktu paparan maksimum 8 jam perhari. Lama waktu paparan bising bergantung pada level kebisingan yang ditimbulkan dari sumber suara. Semakin tinggi level kebisingan maka lama waktu paparan akan semakin kecil. Hal ini dilakukan untuk menghindari keluhan kesehatan dan gangguan pendengaran yang dapat dialami oleh pekerja selama melakukan pekerjaannya. (Permenakertrans, 2011)

Terdapat hal yang harus di perhatian dalam Interpretasi nilai kebisingan yaitu :

1. Nilai ambang batas kebisingan adalah dosis efektif yang boleh diterima oleh telinga dan tidak melebihi batas waktu tertentu oleh pekerja yang tidak menggunakan alat pelindung telinga
2. Pekerja yang terpapar kebisingan selama 8 jam ditempat kerja hanya boleh terpapar bising sebesar 85 desibel
3. Kebisingan di industry diukur dengan menggunakan alat sound level meter dengan mengikuti prosedur yang berlaku
4. Pengukuran dosis efektif yang diterima oleh pekerja dapat diukur menggunakan noise dosimeter.

C. Getaran

Getaran yang diterima oleh pekerja dapat berupa getaran tangan dan lengan serta getaran seluruh tubuh. Nilai ambang batas getaran untuk tangan dan lengan

untuk 8 jam kerja setiap hari adalah 5 meter/detik². Nilai tersebut adalah rata-rata percepatan pada frekuensi dominan berdasarkan pajanan 8 jam/hari yang diterima oleh sebagian atau hampir semua pekerja tanpa menimbulkan keluhan atau gangguan kesehatan. Nilai ambang batas untuk getaran seluruh tubuh mengacu pada Peraturan Menteri Kesehatan Nomor 70 Tahun 2016, di dalam aturan tersebut mengatur pajanan getaran seluruh tubuh untuk aksis x atau y (PERMENKES, 2016).

D. Radiasi Non-Pengion

Nilai ambang batas radiasi non pengion yang diatur dalam Peraturan Menteri Kesehatan Nomor 70 Tahun 2016 adalah radiasi Medan magnet statis (0- 300 Hz), Medan listrik statis (≤ 30 kHz), dan radiasi ultraviolet.

10.2.2 Faktor Kimia Lingkungan Kerja

NAB bahan kimia dalam ppm atau mg/m³ adalah konsentrasi rata-rata pajanan bahan kimia tertentu yang dapat diterima oleh hampir semua pekerja tanpa mengakibatkan gangguan kesehatan atau penyakit dalam pekerjaan sehari-hari untuk waktu tidak melebihi 8 jam perhari dan 40 jam perminggu. NAB terdiri dari TWA, STEL dan Ceiling.

Adapun penjelasan dari masing-masing NAB tersebut sebagai berikut (Construction Safety Council, 2012):

1. TWA (Time Weighted Average) adalah konsentrasi rata-rata tertimbang waktu di tempat kerja yang dapat diterima oleh hampir semua pekerja tanpa mengakibatkan gangguan kesehatan atau penyakit, dalam pekerjaan sehari-hari untuk waktu tidak melebihi 8 jam perhari dan 40 jam perminggu.
2. STEL (Short Term Exposure Limit) adalah konsentrasi rata-rata tertinggi dalam waktu 15 menit yang diperkenankan dan tidak boleh terjadi lebih dari 4 kali, dengan periode antar pajanan minimal 60 menit selama pekerja melakukan pekerjaannya dalam 8 jam kerja perhari.
3. Ceiling adalah konsentrasi bahan kimia di tempat kerja yang tidak boleh dilampaui selama jam kerja

10.3 Indikator Paparan Biologi

Indikator Paparan Biologi (IPB) atau *Biological Exposure Indices* (BEI) adalah nilai yang menjadi standar konsentrasi bahan kimia yang terabsorpsi, hasil metabolisme (metabolit) bahan kimia yang terabsorpsi, atau efek yang ditimbulkan oleh bahan kimia tersebut yang digunakan untuk mengevaluasi paparan biologi dan potensi risiko kesehatan pekerja. Nilai indikator paparan biologi untuk bahan kimia yang ada di tempat kerja dapat dilihat pada Peraturan Menteri Kesehatan Nomor 70 Tahun 2016.

Zat kimia yang masuk ke dalam tubuh pekerja melalui saluran pernafasan, kulit, mata dan saluran pencernaan mengalami proses penyerapan, distribusi, metabolisme dan ekskresi. Konsentrasi bahan kimia yang terabsorpsi dan hasil metabolisme dapat diukur dengan menggunakan specimen seperti urin. Pemantauan biologi tidak digunakan untuk menentukan efek kesehatan atau untuk penentuan diagnosa penyakit akibat kerja.

Nilai IPB adalah nilai acuan untuk mengevaluasi paparan dan potensi risiko yang dapat dialami oleh pekerja. Pemantauan biologi tidak harus dilakukan pada bahan kimia yang memiliki nilai paparan biologi akan tetap pemantauan ini menjadi pelengkap terhadap penilaian paparan yang diterima oleh pekerja (PERMENKES, 2016).

Metode analisis pada pemantauan biologi merujuk pada metode:

1. NMAM (NIOSH Manual Analytical Method),
2. WHO (World Health Organization),
3. ACGIH (American Conference of Governmental Industrial Hygienist) dan
4. MDHS (Methods for the Determination of Hazardous Substances) dari HSE UK

10.4 Standar Baku Mutu Kesehatan Lingkungan Di Industri

Standar Baku Mutu Kesehatan Lingkungan adalah kadar dari setiap indikator media lingkungan yang ditentukan untuk memberi perlindungan kesehatan bagi pekerja sesuai satuan berupa angka minimal yang diperlukan, atau maksimal atau kisaran yang diperbolehkan, bergantung pada karakteristik parameter. Media lingkungan terdiri atas media air, media udara, media tanah, media pangan, sarana dan bangunan, serta vektor dan binatang pembawa penyakit

A. Media Lingkungan Air

Media lingkungan air terdiri atas air minum dan air bersih untuk keperluan higiene dan sanitasi, baik secara kuantitas dan kualitas.

1. Kecukupan kebutuhan air minum dan air bersih untuk keperluan higiene dan sanitasi

Kebutuhan air minum untuk lingkungan kerja industri dihitung dengan mengacu pada jenis pekerjaan dan lama jam kerja untuk setiap pekerja pada setiap hari. Standar baku mutu (SBM) berlaku secara umum. Pekerjaan yang memerlukan jumlah air minum lebih banyak, maka jumlah kebutuhannya disesuaikan pada jenis pekerjaan tersebut. Kebutuhan air untuk keperluan higiene dan sanitasi dihitung dengan mengacu berdasarkan kebutuhan minimal dihubungkan dengan kesehatan dasar dan higiene perorangan. Kebutuhan air sebanyak 20 liter/orang/hari hanya untuk mencukupi kebutuhan higiene dan sanitasi dalam jumlah minimal, sehingga untuk menjaga kondisi kesehatan pekerja yang optimal maka diperlukan volume air yang lebih, biasanya antara 50-100 liter/orang perhari.

Tabel 10.3: Standar Baku Mutu Kecukupan Air Minum dan Air Bersih untuk Keperluan Higiene dan Sanitasi (Permenkes RI No 70 Tahun 2016)

NO	Keperluan	Satuan	Minimum
1	Minum	Liter/org/hari	5
2	Higiene dan Sanitasi	Liter/org/hari	20

2. Kualitas Air Minum dan Air untuk keperluan higiene dan sanitasi
 a. Air Minum

Standar baku mutu (SBM) pada air minum terdiri atas kualitas secara fisik, kualitas secara biologi, kualitas secara kimia dan kualitas secara radioaktivitas. Parameter wajib yang harus diperiksa dengan cara berkala sesuai peraturan yang berlaku. Parameter tambahan adalah parameter wajib yang diperiksa hanya bagi daerah yang terindikasi terdapat pencemaran secara kimia yang berhubungan dengan parameter kimia tambahan. Parameter wajib untuk SBM Fisik air minum terdiri dari 8 parameter yaitu bau, rasa, warna, suhu, kekeruhan, dan zat padat terlarut (TDS). Penentuan kadar maksimum didasarkan pada pertimbangan kesehatan dengan tolerable daily intake sebesar 2 liter/orang/hari dengan berat badan rata-rata 60 kg (PERMENKES, 2016)

Tabel 10.4: Standar Baku Mutu Fisik Air Minum (Permenkes RI No 70 Tahun 2016)

No	Parameter Wajib	Unit	SBM (Kadar maksimum yang diperbolehkan)	Keterangan
	Parameter yang tidak secara langsung berhubungan dengan kesehatan			<ul style="list-style-type: none"> • PMK 492/Menkes/Per/IV/2010 tentang Persyaratan Kualitas Air Minum • WHO (2011)
1.	Bau		Tidak berbau	
2.	Rasa		Tidak berasa	
3.	Suhu	°C	Suhu udara \pm 3	
4.	Warna	TCU	15	True Color Unit

5.	Total Zat Padat Terlarut	Mg/l	500	
6.	Kekeruhan	NTU	5	Nephelometric Turbidity Unit

Standar baku mutu secara biologi untuk air minum yang wajib dipenuhi untuk menjamin kualitas air minum aman dari kontaminasi karena berhubungan langsung dengan kesehatan yaitu tidak terdeteksi *Escherichia coli* dan Total bakteri koliform pada 100 ml sampel air minum yang diperiksa kualitasnya.

Tabel 10.5: Standar Baku Mutu Biologi Air Minum (a) (Permenkes RI No 70 Tahun 2016)

No.	Parameter Wajib	Unit	SBM (Kadar maksimum yang diperbolehkan)	Keterangan
1.	E.coli	CFU / 100 ml sampel	0	0 setara dengan <1 pada MPN (Most Probable Number) index
2.	Total Bakteri Koliform	CFU / 100 ml sampel	0	0 setara dengan <1 pada MPN (Most Probable Number) index

Standar baku mutu secara kimia untuk air minum terdiri atas parameter wajib dan parameter tambahan, baik kimia organik dan anorganik. Seluruh parameter dalam ukuran maksimal yang diperkenankan kecuali derajat keasaman (pH) yang meliputi kisaran terendah dan tertinggi yaitu 6,5 – 8,5 yang diperkenankan.

Standar baku mutu secara radiaktif air minum mengacu pada pedoman WHO tahun 2011 yaitu gross alpha dan gross beta, sebagai filter adanya pencemar radionuklida dalam air minum. Satuan yang digunakan untuk SBM radioaktivitas adalah Becquerel/liter air minum yaitu unit konsentrasi aktivitas radioaktif yang mengalami disintegrasi perdetik. Gross alpha berkaitan dengan total zat padat terlarut karena radiasi alpha sangat mudah diserap oleh partikel dalam air sehingga dengan tingginya total zat padat terlarut dapat mengganggu

sensitivitas pemeriksaan radiasi alpha, sementara radiasi beta berhubungan langsung dengan kadar kalium ($K-40$) dalam air minum

Tabel 10.6: Standar Baku Mutu Biologi Air Minum (b) (Permenkes RI No 70 Tahun 2016)

No.	Parameter Wajib	Unit	SBM (Kadar maksimum yang diperbolehkan)	Keterangan
1.	Gross alpha	Bq/L	0,5	
2.	Gross beta	Bq/L	1	Bq/L (Becquerel/liter)

b. Air untuk keperluan hygiene dan sanitasi

Standar baku mutu air untuk keperluan hygiene dan sanitasi meliputi kualitas secara fisik, kualitas secara biologi, dan kualitas secara kimia. Parameter untuk penentuan kualitas air yang digunakan adalah parameter wajib dan parameter tambahan. Parameter wajib harus diperiksa dengan cara berkala sesuai peraturan perundangan yang berlaku dan parameter tambahan hanya wajib diperiksa jika kondisi geohidrologi terindikasi mengalami yang berhubungan dengan parameter kimia. Tambahan. Parameter fisik yang wajib diperiksa untuk keperluan higiene dan sanitasi sama dengan untuk air minum yang membedakan adalah kadar maksimum yang diperkenankan karena air tersebut tidak diminum hanya untuk keperluan sanitasi seperti urinoir dan toilet.

Tabel 10.7: Standar Baku Mutu Fisik Air untuk Keperluan Higiene Dan Sanitasi (Permenkes RI No 70 Tahun 2016)

No	Parameter Wajib	Unit	SBM (Kadar maksimum yang diperbolehkan)	Keterangan
1.	Bau		Tidak berbau	
2.	Rasa		Tidak berasa	

3.	Suhu	°C	Suhu udara ± 3	
4.	Warna	TCU	50	True Color Unit
5.	Total Zat Padat Terlarut	Mg/l	1000	
6.	Kekeruhan	NTU	25	Nephelometric Turbidity Unit

Parameter wajib standar baku mutu air untuk keperluan higiene dan sanitasi sama dengan kebutuhan air minum, yang membedakan hanya kadar maksimum untuk parameter total coliform. Batas tersebut diperkenankan karena fungsi penggunaan air tersebut bukan untuk diminum melainkan hanya untuk kebutuhan higiene dan sanitasi

Tabel 10.8: Standar Baku Mutu Biologi Air untuk Keperluan Higiene dan Sanitasi (Permenkes RI No 70 Tahun 2016)

No.	Parameter	Unit	SBM (Kadar maksimum yang diperbolehkan)	Keterangan
1.	E.coli	CFU / 100 ml sampel	0	
2.	Total Bakteri Koliform	CFU / 100 ml sampel	50	

Standar baku mutu kimia air untuk keperluan higiene dan sanitasi meliputi parameter wajib dan parameter tambahan. Sebanyak 9 parameter kimia air yang wajib diperiksa secara berkala dan 10 parameter untuk parameter tambahan dengan kadar masing-masing sebagai berikut :

Tabel 10.9: Standar Baku Mutu Kimia Air untuk Keperluan Higiene dan Sanitasi (Permenkes No 70 Tahun 2016)

No	Parameter	Unit	SBM (Kadar maksimum yang diperbolehkan)	Keterangan
Wajib				
	pH		6,5 – 8,5	
Anorganik				
1.	Besi	mg/l	1	
2.	Fluorida	mg/l	1,5	
3.	Kesadahan (CaCO ₃)	mg/l	500	
4.	Mangan	mg/l	0,5	
5.	Nitrat sebagai N	mg/l	10	
6.	Nitrit sebagai N	mg/l	1	
7.	Sianida	mg/l	0,1	
Organik				
8.	Detergen	mg/l	0,05	
9.	Pestisida total	mg/l	0,1	
Tambahan				
Anorganik				
1.	Air raksa	mg/l	0,001	
2.	Arsen	mg/l	0,05	

3.	Kadmium	mg/l	0,005	
4.	Kromium	mg/l	0,05	
5.	Selenium	mg/l	0,01	
6.	Seng	mg/l	15	
7.	Sulfat	mg/l	400	
8.	Timbal	mg/l	0,05	
Organik				
9.	Benzene	mg/l	0,01	
10.	Zat organic (KMNO4)	mg/l	10	

B. Media Lingkungan Udara

1. Media Lingkungan Udara

Standar baku mutu media udara terdiri atas baku mutu udara dalam ruangan (indoor air quality) dan udara ambien (ambient air quality). Kualitas udara dalam ruangan (Indoor Air Quality) menunjukkan kualitas udara di dalam dan di sekitar ruangan, terutama yang berhubungan dengan kesehatan dan kenyamanan pekerja saat bekerja di dalam ruangan. Kesehatan manusia sangat dipengaruhi oleh kualitas udara. Kualitas udara dalam sebuah ruangan dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu parameter fisik, pajanan bahan kimia serta kontaminasi (Slezakova, Morais and Carmo pereira, 2016). Selain itu, kualitas udara dalam ruangan juga dipengaruhi oleh udara yang berasal dari luar ruangan yang masuk ke dalam ruangan melalui ventilasi udara.

Baku mutu udara dalam ruangan mengacu pada Keputusan Menteri Kesehatan No 1405 Tahun 2002. Dalam aturan tersebut mengatur baku mutu suhu dan kelembaban udara, kadar debu, pertukaran udara dan gas pencemar. Penyehatan udara dalam ruangan perlu dilakukan agar suhu dan kelembaban, kadar debu, pertukaran udara, bahan pencemar

dan mikroba di ruang kerja industri memenuhi persyaratan sehingga tidak menimbulkan gangguan kesehatan. (MENKES, 2002)

Tata cara pelaksanaan penyehatan udara dapat dilakukan sebagai berikut :

a. Suhu dan kelembaban

Ruang kerja di industri dapat memenuhi persyaratan kesehatan bila dilakukan upaya-upaya sebagai berikut :

- 1) Tinggi langit-langit dari lantai minimal 2,5 m
- 2) Jika suhu udara > 30 oC dianjurkan menggunakan alat penata udara seperti Air Conditioner (AC), kipas angin, dll
- 3) Jika suhu udara luar < 18 oC dianjurkan menggunakan alat pemanas ruang (heater)
- 4) Apabila kelembaban udara dalam ruang kerja > 95 % dianjurkan menggunakan alat dehumidifier.
- 5) Apabila kelembaban udara ruang kerja < 65 % dianjurkan menggunakan humidifier (misalnya : mesin pembentuk aerosol).

b. Debu

Kandungan debu di dalam udara ruang kerja industri harus memenuhi persyaratan kesehatan. Pemenuhan persyaratan dapat dilakukan dengan menempuh beberapa upaya meliputi :

- 1) Pada sumber yang menghasilkan debu dapat dilengkapi dengan penangkap debu (dust enclosure).
- 2) Debu yang timbul akibat proses produksi perlu dipasang ventilasi lokal (lokal exhauster) yang dihubungkan dengan cerobong sehingga debu dapat di tangkap yang dilengkapi dengan penyaring debu (filter)
- 3) Ruang proses produksi dipasang dilusi ventilasi (memasukkan udara segar).

c. Pertukaran udara

Proses pertukaran udara dalam ruangan industri dapat berjalan dengan baik sehingga perlu dilakukan upaya-upaya sebagai berikut :

- 1) Dimasukkannya udara segar kedalam ruangan untuk mencapai persyaratan NAB dengan menggunakan ventilasi/AC.
- 2) Memenuhi kebutuhan suplai udara segar 10 lt/org/dtk.
- 3) Saring/filter udara AC dibersihkan secara periodik sesuai ketentuan pabrik.

d. Gas pencemar

Kandungan gas pencemar di dalam ruang kerja di industri tidak melebihi baku mutu lingkungan. Untuk memenuhi persyaratan tersebut perlu dilakukan beberapa tindakan sebagai berikut :

- 1) Pada sumber gas pencemar dipasang hood (penangkap gas) yang dihubungkan dengan local exhauster dan dilengkapi dengan filter penangkap gas.
- 2) Melengkapi ruang proses produksi dengan alat penangkap gas.
- 3) Mensuplai udara segar ke dalam ruangan produksi

e. Mikroba

Nilai angka kuman di dalam udara ruang kerja industri tidak boleh melebihi Nilai Ambang Batas (NAB). Beberapa tindakan dapat dilakukan yaitu :

- 1) Pada industri yang prosesnya dapat mencemari udara dengan mikroba untuk melengkapi ventilasi/AC dengan sistem saringan udara secara bertingkat yang berfungsi untuk menangkap mikroba atau dapat pula ditempuh upaya desinfeksi dengan sinar ultra violet atau bahan kimia.
- 2) Agar sistem ventilasi dapat berfungsi dengan baik perlu dilakukan perawatan yang maksimal.
- 3) Pemeliharaan sistem AC secara rutin

Udara ambien adalah udara bebas di permukaan bumi yang berada pada lapisan troposfir yang sangat dibutuhkan dan dapat memengaruhi kesehatan manusia, makhluk hidup, dan unsur lingkungan hidup lainnya. Baku mutu udara ambien mengacu pada Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No 41 Tahun 1999, seluruh parameter udara ambien telah diatur dalam peraturan tersebut.

C. Media Lingkungan Tanah

Standar baku mutu tanah yang berhubungan dengan kesehatan terdiri atas kualitas tanah dari aspek biologi, aspek kimia dan aspek radioaktivitas.

1. Standar Baku Mutu Biologi Tanah

Standar Baku Mutu (SBM) biologi tanah meliputi angka telur cacing (*Ascaris lumbricoides*) dan fecal coliform yang mengindikasikan adanya pencemaran tanah oleh tinja. Jumlah angka telur cacing dan fecal coliform dalam tanah adalah nol per 10 gram tanah kering sampel untuk diperiksa.

2. Standar Baku Mutu Kimia Tanah

Baku mutu tanah untuk parameter kimia meliputi kimia anorganik dan kimia organik. Kimia anorganik terdiri atas parameter arsen, cadmium, timah hitam, senyawa merkuri, krom, tembaga dan boron. Satuan baku mutu kimia anorganik adalah mg/kg untuk setiap parameternya. Parameter organik meliputi DDT, PCP, BaP, Doksina (TCDD), Dieldrin dan Dioxin-like PCBs. Satuan baku mutu kimia organik adalah mg/kg dan $\mu\text{g/kg}$ TEQ (khusus Dioxin dan Dioxin-like PCBs)

3. Standar Baku Mutu Radioaktivitas Tanah

Radon adalah indikator pencemaran tanah dengan satuan Bq/m³ dengan kadar maksimum yang diperkenankan berkisar antara 100-300 Bq/m³ (PERMENKES, 2016)

D. Media Lingkungan Pangan

1. Standar Baku mutu fisik

Standar kualitas fisik untuk pangan meliputi suhu penyimpanan bahan makanan yang terdiri atas 4 kategori bahan makanan dan suhu penyimpanan makanan siap saji terdiri atas 4 kategori. Suhu penyimpanan bahan makanan berdasarkan kategori jenis dan bahan makanan dapat dilihat dalam tabel dibawah ini :

Tabel 10.10: Suhu Penyimpanan Bahan Pangan (Permenkes RI No 70 Tahun 2016)

No	Jenis dan bahan pangan	Digunakan dalam waktu		
		≤ 3 hari	≤ 1 minggu	≥ 1 minggu
1.	Daging, ikan, udang dan Olahannya	-5 ° s/d 0°C	-10° s/d – 5° C	< -10°C
2.	Telur, susu dan olahannya	-5° s/d 7°C	-5° s/d – 0° C	< -5°C
3.	Sayur, buah dan minuman	10°C	10°C	10°C
4.	Tepung dan biji	25 °C atau suhu ruang	25 °C atau suhu ruang	25 °C atau suhu ruang

Standar baku mutu untuk suhu penyimpanan makanan siap saji dikategorikan atas pangan kering, pangan basah, pangan cepat basi dan pangan yang disajikan dalam keadaan dingin dengan suhu yang berbeda untuk setiap waktu penyajian makanan

Tabel 10.11: Standar Baku Mutu Suhu Penyimpanan Makanan Siap Saji (Permenkes RI No 70 Tahun 2016)

No	Jenis dan bahan pangan	Suhu penyimpanan		
		Disajikan dalam waktu lama	Akan segera disajikan	Belum segera disajikan
1.	Pangan kering	25 ° s/d 30°C		
2.	Pangan basah (berkuah)		>60°C	10°C
3.	Pangan cepat basi (santan, telur dan susu)		≥ 65,5°C	-5° – 1°C
4.	Pangan disajikan dingin		5° s/d – 10°C	< 10°C

2. Standar baku mutu biologi makanan

Baku mutu biologi makanan siap saji terdiri atas parameter wajib dan parameter kimia. Parameter wajib harus diperiksa untuk semua jenis makanan siap saji dari berbagai kategori industri. Parameter tambahan bakteri patogen hanya diwajibkan kepada industri dengan skala besar. Standar baku mutu biologi makanan siap saji dapat dilihat pada Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia No 70 Tahun 2016.

3. Standar baku mutu kimia makanan

Parameter kimia pangan tergabung dalam kelompok logam berat yaitu Arsen, Timah, Merkuri, Kadmium, dan Timbal dengan mengacu ke peraturan perundang-undangan mengenai pangan (PERMENKES, 2016)

E. Sarana dan Bangunan

Standar sarana dan bangunan meliputi standar baku mutu ruang kerja, sarana higiene dan sanitasi serta sarana pembuangan air limbah cair.

1. Standar ruang kerja

Standar ruang kerja di industri disesuaikan dengan luas lantai ruangan dengan tinggi langit-langit bangunan. Luas ruang kerja minimum perorang adalah 11 m³. Volume ruang kerja per orang minimum merupakan hasil perkalian luas lantai ruangan dengan tinggi langit-langit yang diperuntukkan kepada pekerja dan tidak termasuk peralatan.

2. Standar sarana higiene dan sanitasi

Standar untuk sarana toilet bagi pekerja industri ditetapkan berdasarkan rasio yaitu perbandingan jumlah toilet dengan jumlah pekerja. Perbandingan jumlah sarana toilet berbeda antara laki-laki dan perempuan. Toilet untuk pekerja laki-laki harus dilengkapi dengan peturusa/urinoir dengan jumlah paling banyak 1/3 dari jumlah toilet yang disediakan (PERMENKES, 2016)

Tabel 10.12: Standar Baku Mutu Sarana Toilet (Permenkes RI No 70 Tahun 2016)

No.	Jumlah Toilet	Jumlah Pekerja
1.	1	15
2.	2	16 – 35
3.	3	35 -55
4.	4	56 – 80
5.	5	81 – 110
6.	6	111 – 150
Ditambah 1 toilet setiap tambah 40 orang		> 150

F. Sarana dan Bangunan

Standar baku mutu limbah cair setiap industri berbeda-beda tergantung pada jenis produksi dan bahan baku yang digunakan. Dalam Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Nomor 5 Tahun 2014 telah mengatur baku mutu air limbah dari 35 jenis industri yang ada di Indonesia (PERMENKES, 2016).

Vektor dan Binatang Pembawa Penyakit

1. Standar Baku Mutu Vektor

Baku mutu vector terdiri atas vector *Aedes aegypti*, malaria (*Anopheles*) dan *Culex* sp. Parameter untuk vector malaria yaitu angka paritas, jumlah gigitan nyamuk permalam, kapasitas vector, kemampuan menginfeksi dan indeks habitat dengan larva yang dikategorika rendah dan tinggi.

Parameter untuk vector *Aedes aegypti* yaitu indeks kontainer. Indeks kontainer adalah persentase kontainer yang mengandung larva. Kontainer yang tidak terdapat larva diberikan kategori rendah yang diartikan baik karena tidak terdapat larva di kontainer sedangkan kontainer yang terdapat larva diberikan kategori tinggi yang diartikan memiliki potensi menjadi tempat perkembangbiakan vector.

Standar vector *Culex* sp. ditentukan dengan mengacu pada nilai indeks kontainer yaitu persentase container di lingkungan kerja industri yang di dalamnya terdapat larva. Indeks container dengan nilai kurang dari 1 maka disimpulkan lingkungan kerja tersebut kondisi baik dan berisiko rendah untuk menjadi tempat perkembangbiakan vector *Culex* sp.

2. Standar Baku Mutu Binatang Pembawa Penyakit

Baku mutu binatang pembawa penyakit meliputi tikus, lalat dan kecoa. Kategori untuk setiap jenis binatang pembawa penyakit adalah rendah atau tinggi berdasarkan persentase binatang yang ditangkap sesuai jenis perangkapnya.

Baku mutu untuk tikus dikategorikan ke dalam rendah dan tinggi bergantung pada jumlah persentase tikus yang tertangkap. Jika jumlahnya kurang atau sama dengan 1 persen maka dikategorikan rendah atau baik sedangkan jika persentase tikus yang tertangkap lebih besar dari 1 persen maka dapat dikatakan lingkungan industri tersebut kurang baik.

Standar baku mutu lalat dikategorikan rendah dan tinggi tergantung besar persentase lalat yang menempel pada flygrill. Jika kurang atau sama dengan 2 persen maka dikategorikan rendah atau baik. Sebaliknya jika persentase lalat yang tertangkap lebih dari 2 persen maka dapat dikatakan lingkungan industri tersebut kurang baik

Standar baku mutu kecoa meliputi 4 jenis kecoa yang dihitung mengacu pada indeks populasi atau rata-rata populasi lipas setiap malam waktu penangkapan. Jenis kecoa tersebut adalah *Periplaneta Americana* (PA), *Blattella germanica* (BG), *Supella longipalpa* (SL), dan *Blatta orientalis* (BO) (PERMENKES, 2016)

Bab 11

Kesehatan Lingkungan Bencana

11.1 Pendahuluan

Bahaya kesehatan lingkungan adalah ancaman terhadap kesehatan manusia dari paparan agen penyebab penyakit. Hal ini terkait erat dengan bencana dan keadaan darurat dalam berbagai cara. Berbagai macam kegiatan dapat dirancang untuk memungkinkan sektor kesehatan mencegah, mengurangi dan menanggapi bahaya tersebut sehingga tidak menimbulkan adanya suatu bencana.

Sifat fisik dari suatu kejadian alam yang ekstrem yang dapat memicu terjadinya bencana, pada dasarnya tidak mengalami perubahan. Suatu penelitian menyimpulkan bahwa penyebab bertambahnya kerugian dan penderitaan akibat bencana bukan karena alam menjadi lebih kejam, tetapi karena masyarakat menjadi lebih rentan. Hampir 20 tahun kemudian, faktor sosial, ekonomi, dan politik, seperti migrasi massal, urbanisasi, perusakan sumber daya alam dan perang, terus menyebabkan kerugian yang semakin besar hingga tidak sedikit mengakibatkan terjadinya bencana (Demiroz & Haase, 2019).

Bencana dan pembangunan dihubungkan dengan cara-cara yang melibatkan kontribusi para ahli kesehatan lingkungan. Melalui pendidikan yang lebih baik dan pendapatan yang lebih tinggi, pembangunan dapat meningkatkan kapasitas masyarakat dalam mengatasi bahaya kesehatan lingkungan. Di sisi lain, jenis

pembangunan tertentu dapat menciptakan bahaya baru atau kelompok baru orang yang rentan terhadap bahaya kesehatan lingkungan. Bencana dapat menghambat pembangunan, tetapi juga dapat memberikan peluang pengembangan baru. Oleh karena itu, perencanaan strategis untuk meningkatkan kapasitas masyarakat dalam menahan bahaya bencana harus mencakup perhatian terhadap masalah kesehatan lingkungan juga (Demiroz & Haase, 2019; Perry, 2018).

Kegiatan kesehatan lingkungan bersifat interdisipliner, melibatkan ilmu teknik, ilmu kesehatan, kimia, biologi, berbagai ilmu sosial, manajemen, dan informasi. Di masa bencana dan pemulihan, orang-orang dari berbagai latar belakang terlibat dalam aktivitas yang dirancang untuk memantau, memulihkan, dan memelihara kesehatan masyarakat. Petugas kesehatan harus bekerja sama dengan orang lain untuk membantu pekerjaan yang tidak berhubungan dengan kesehatan, seperti pencarian dan penyelamatan, atau pekerjaan yang secara tidak langsung terkait dengan kesehatan, seperti edukasi publik.

Bab ini menunjukkan bagaimana, dalam bidang teknis seperti kesehatan lingkungan, bahkan upaya kecil dalam perencanaan dan kesiapsiagaan dapat menghasilkan manfaat yang besar dalam hal pencegahan terhadap suatu kerugian. Pada bab ini pula akan diajarkan cara mengidentifikasi faktor fisik dan sosial serta proses yang menentukan kerentanan bencana dan berbagai opsi pengurangan kerentanan dalam pembangunan, mitigasi bencana, dan aspek sosial lainnya yang relevan dengan perlindungan kesehatan dan lingkungan dalam keadaan darurat dan bencana.

11.2 Definisi Bencana

Berdasarkan beberapa referensi, bencana dapat diartikan sebagai berikut:

1. Bencana adalah peristiwa yang terjadi ketika sejumlah besar orang terpapar kejadian ekstrem yang membuat mereka rentan yang mengakibatkan cedera dan kematian serta sering kali digabung dengan kerusakan properti dan mata pencaharian (Perry, 2018).
2. Bencana, biasanya mengarah ke situasi darurat, terjadi dalam berbagai situasi disemua bagian dunia, baik di pedesaan yang jarang penduduknya maupun di perkotaan yang padat penduduk daerah, serta

dalam situasi yang melibatkan bahaya alam dan buatan manusia (Shaw, Shiwaku, & Takeuchi, 2011).

3. Bencana adalah gangguan sistem ekologi manusia yang melebihi kapasitas komunitas yang terkena dampak untuk merespons, menangani efeknya, dan berfungsi secara normal (López-Carresi, Fordham, Wisner, Kelman, & Gaillard, 2013).
4. Menurut Undang-Undang RI No. 24 Tahun 2007 Peristiwa atau rangkaian peristiwa yang mengancam dan mengganggu kehidupan dan penghidupan masyarakat yang disebabkan, baik oleh faktor alam dan/atau faktor nonalam maupun faktor manusia sehingga mengakibatkan timbulnya korban jiwa manusia, kerusakan lingkungan, kerugian harta benda, dan dampak psikologis (Indonesia, 2007).

11.3 Jenis Bencana

Ada banyak contoh dari bencana yang terjadi di lingkungan, yang secara umum termasuk kedalam salah satu dari jenis bencana yang dijelaskan di bawah ini, meskipun memang tidak ada bencana yang disebabkan hanya oleh faktor tunggal (single causal) namun dapat juga disebabkan oleh kombinasi beberapa faktor (multi causal).

1. Bencana alam (natural disaster)

Bencana alam adalah peristiwa alam yang berdampak besar bagi manusia yang diakibatkan oleh proses alam di bumi yang dapat menyebabkan hilangnya nyawa atau kerusakan harta benda, dan biasanya menyebabkan beberapa kerusakan ekonomi setelahnya, yang parahnya tergantung pada ketahanan penduduk yang terkena dampak (Perry, 2018). Contoh dari bencana alam mini seperti banjir, tsunami, badai, angin topan, tornado, letusan gunung berapi, gempa bumi, dan proses geologi lainnya.

2. Bencana non-alam (man-made disaster)

Bencana non-alam atau akibat manusia memiliki elemen niat atau unsur kesengajaan, kelalaian, atau kesalahan dari manusia yang mengakibatkan kegagalan sistem buatan manusia (Demiroz & Haase, 2019; Perry, 2018). Beberapa contoh dari bencana yang disebabkan

oleh faktor manusia adalah kejahatan, pembakaran, kekacauan, terorisme, perang, dan lain sebagainya.

3. Bencana sosial (multifactor)

Bencana sosial adalah bencana yang disebabkan karena kombinasi dari faktor alam dan faktor akibat ulah manusia (Shaw et al., 2011). Bencana sosial juga dapat diartikan sebagai akibat dari interaksi antarmanusia yang meliputi konflik sosial antarkelompok atau konflik antar komunitas masyarakat (Perry, 2018). Contoh dari bencana sosial seperti perang antar suku, atau bencana banjir yang terjadi di perkotaan yang tidak terlalu dekat dengan sungai atau perairan, abrasi air laut di pinggiran pantai akibat pohon bakau yang ditebang oleh penduduk, dan contoh lainnya.

4. Bencana teknologi

Bencana teknologi adalah peristiwa yang disebabkan oleh tidak berfungsinya suatu struktur teknologi yang dapat disebabkan karena kesalahan manusia dalam pengendalian atau penanganan teknologi. Dampak bencana terhadap penduduk mungkin berlangsung lama dan bertahan selama bertahun-tahun. Namun, gejalanya mungkin muncul secara bertahap, dan dampaknya mungkin tidak langsung terlihat (Shaw et al., 2011).

Bencana teknologi cenderung memengaruhi kelompok pekerjaan tertentu. Dalam kasus tumpahan minyak Deepwater Horizon/BP, industri perikanan dan pariwisata sangat terpengaruh karena sumber daya alam terbarukan yang rusak akibat tumpahan minyak tersebut. Selain itu, dampak sosial dan ekonomi dari bencana ini sangat luas dan berdampak pada masyarakat di lima negara bagian pesisir.

5. Wabah (outbreak)

Bencana yang diakibatkan adanya penyebaran penyakit menular kewilayah yang sangat luas. Ini dapat terjadi dan dapat disebut sebagai bencana besar karena fakta banyaknya jumlah orang yang terinfeksi atau sakit dan jumlah kematian yang diakibatkan pandemi atau wabah ini (Perry, 2018). Beberapa contoh bencana wabah yang pernah terjadi adalah wabah ebola, flu burung, flu babi, dan wabah covid-19.

11.4 Faktor Risiko Lingkungan dalam Bencana

Faktor risiko adalah faktor-faktor yang dapat mempercepat terjadinya suatu hal. Terjadinya bencana tidak hanya disebabkan oleh satu faktor risiko saja namun juga dapat disebabkan oleh beberapa faktor risiko yang saling memengaruhi. Berikut ini adalah beberapa contoh faktor risiko dari terjadinya suatu bencana (Pathirage, Seneviratne, Amaratunga, & Haigh, 2012).

1. Faktor risiko geografi dan iklim
 - a. Persebaran gunung vulkanik
 - b. Interaksi lempeng tektonik
 - c. Kekuatan angin
 - d. Struktur tanah
 - e. Kondisi iklim
2. Faktor demografi
 - a. Populasi penduduk
 - b. Keberagaman etnis, budaya, dan agama
 - c. Tingkat pendidikan
 - d. Umur
 - e. Kecepatan mobilitas
3. Faktor kesehatan, sosial, ekonomi dan politik
 - a. Gizi
 - b. Imunisasi
 - c. Pandemi penyakit
 - d. Angka kemiskinan
 - e. Pekerjaan dan pendapatan
 - f. Urbanisasi
 - g. Desentralisasi
 - h. Krisis ekonomi
4. Faktor lingkungan
 - a. Pencemaran air
 - b. Pencemaran tanah
 - c. Pencemaran udara
 - d. Degradasi lingkungan

11.5 Dampak Bencana

Salah satu cara bencana dapat menyebabkan atau memperburuk situasi darurat adalah melalui kerusakan yang diakibatkan terhadap fasilitas dan layanan kesehatan lingkungan. Banjir, listrik mati, pipa yang tersumbat, dan dan jalan yang rusak dapat mengganggu layanan terhadap kesediaan air bersih, pengolahan limbah, dan penanganan makanan selama berjam-jam atau sehari-hari. Kerusakan yang lebih parah pada struktur bangunan dari jembatan hingga saluran air dapat menyebabkan gangguan selama sehari-hari atau berminggu-minggu. Semua permasalahan tersebut memerlukan rencana perbaikan segera dalam pengaturan pasokan air dan alternatif penyediaan sarana sanitasi yang diperlukan.

Kesulitan transportasi dan kekurangan tenaga sumber daya penanganan dampak bencana, dapat menyebabkan terganggunya program pengendalian vektor. Beberapa kondisi seperti banjir dapat menyebabkan perkembangbiakan vektor yang sulit ditangani oleh program pengendalian vektor lokal. Selain itu masalah kekeringan, dapat menghasilkan serangkaian masalah untuk pasokan air dan sistem pengolahan limbah sebagai akibat aliran rendah dari intake dan penyumbatan *intake*.

Selain seperti yang dijelaskan diatas, beberapa dampak yang dapat ditimbulkan akibat terjadinya suatu bencana antara lain adalah (Okuyama & Santos, 2014):

1. Meningkatkan angka kematian dan angka kesakitan
2. Mengubah pola penularan penyakit
3. Mengubah lingkungan
4. Berdampak pada produksi dan keamanan pangan
5. Berdampak pada program dan fasilitas kesehatan
6. Berdampak pada kesehatan mental dan perilaku masyarakat
7. Berdampak pada ekonomi dan perkembangan

11.6 Unsur Bencana

11.6.1 Bahaya (Hazard)

Bahaya (Hazard) merupakan sumber potensi bahaya bagi komunitas, termasuk populasi, lingkungan, properti pribadi dan umum, infrastruktur, dan bisnis (Hunter, 2017).

Jenis bahaya dibedakan atas:

1. Bahaya alami
 - a. Tektonik (gempa bumi, tsunami)
 - b. Mass-Movement (Debris movement, Penurunan tanah)
 - c. Hydrologic (banjir, kekeringan dan desertifikasi)
 - d. Meteorologic (Badai tropis, angin muson, tornado, badai es dan salju)
 - e. Biologic (epidemi manusia, livestock (epidemi hewan), agricultural (epidemi tumbuhan))
2. Bahaya teknologi
 - a. Transportasi (Kecelakaan pesawat, kereta, darat (mobil, bus, dll))
 - b. Infrastruktur (Kegagalan jaringan komputer dan telekomunikasi, krisis makanan, fasilitas kesehatan terbebani, kegagalan ekonomi)
 - c. Industri (Pencemaran lingkungan akibat aktivitas industri)
3. Bahaya intensional
 - a. Terorisme
 - b. Agen biologi (senjata yang biasanya terdapat organisme seperti bakteri atau virus)
 - c. Senjata nuklir
 - d. Cyber terrorism
 - e. Narco terrorism
 - f. Perang
4. Bahaya kimia, biologi, fisika, psikososial

Identifikasi bahaya sering digunakan untuk memulai pembuatan profil bahaya, yang merupakan proses mendeskripsikan bahaya dalam konteks lokalnya. Ini termasuk deskripsi umum bahaya, latar belakang sejarah lokalnya, kerentanan lokal, kemungkinan konsekuensi, dan perkiraan kemungkinan

Cara identifikasi bahaya:

1. Wawancara/diskusi dengan ahli bencana
2. Melihat sejarah bencana disuatu tempat (dilihat dari berita atau laporan pemerintah mengenai daerah tersebut)
3. Mengkaji rencana yang sudah ada
4. Menginvestigasi usaha identifikasi bahaya yang dilakukan negara lain yang mirip dengan negara ini
5. Identifikasi data pemukiman, topografi, hidrologi, lingkungan dan teknologi lainnya di daerah tersebut menggunakan peta
6. Wawancara warga sekitar dan sektor terkait
7. Kunjungan ke daerah tersebut

Setelah dilakukan identifikasi, data yang didapatkan dianalisis untuk menentukan tindakan yang akan digunakan. Bentuk analisis bayu:

1. Pernyataan mengenai bahaya yang ada di lingkungan atau disebut juga sebagai profil bencana yang dibuat berdasarkan hasil kajian
2. Peta bahaya
Peta yang menggambarkan potensi bahaya bencana yang mengancam masyarakat, dalam bentuk kumpulan titik-titik, garis-garis, dan area-area yang didefinisikan oleh lokasinya dengan sistem koordinat tertentu dan oleh atribut non-spasialnya, menggunakan penandaan warna-warna tertentu, dibuat secara visual, dan dengan batasan sesuai dengan skala dan proyeksi tertentu.

11.6.2 Kerentanan

Kerentanan adalah sejauh mana populasi, organisasi atau individu tidak mampu mengantisipasi, menanggulangi, menahan, dan memulihkan diri dari dampak bencana (Pathirage et al., 2012). Kerentanan juga dapat diartikan sebagai fungsi dari *susceptibility* (faktor-faktor yang memungkinkan terjadinya bahaya / bencana) dan *resilience* atau ketahanan (kemampuan untuk menahan kerusakan yang disebabkan oleh keadaan darurat dan bencana dan kemudian pulih).

Beberapa bencana mungkin melibatkan kejadian ekstrim yang memengaruhi populasi yang rentan secara langsung, sehingga mata pencaharian dan kehidupan yang mendukung kebutuhan dasar mereka terganggu untuk jangka waktu yang signifikan. Namun, mungkin juga gangguan mata pencaharian bersifat tidak langsung dan meskipun situasi darurat mungkin tidak

berkembang, kerentanan orang terhadap bencana di masa mendatang dapat meningkat.

Ledakan dan kebakaran akibat kegagalan teknologi pada industri mungkin tidak membunuh atau melukai siapa pun secara langsung, tetapi pekerjaan dan pendapatan dari sejumlah besar pekerja dan keluarganya mungkin akan terganggu. Secara tidak langsung, juga dapat menjadi ancaman tambahan bagi kepuasan kebutuhan dasar di mana sejak menganggur pekerja mungkin tidak mampu membeli makanan yang memadai, kesulitan membayar sewa dan atau membayar perawatan kesehatan. Inilah jenis keadaan yang dapat meningkatkan kerentanan keluarga untuk bencana di masa depan.

Konsep kerentanan dapat membantu mengidentifikasi anggota populasi yang kemungkinan besar menderita secara langsung dan tidak langsung dari suatu bencana. Ini juga berguna dalam mengidentifikasi mereka yang lebih mungkin menderita gangguan mata pencaharian dan garis kehidupan jangka panjang, serta mereka yang akan merasa lebih sulit untuk membangun kembali kebiasaan mereka (Pathirage et al., 2012).

Kemiskinan (termasuk juga konsekuensi umumnya seperti malnutrisi, tunawisma atau perumahan yang buruk, dan kemelantaran) adalah kontributor utama kerentanan. Dalam banyak situasi, perempuan dan anak-anak paling rentan terhadap keadaan darurat atau bencana. Ini memiliki implikasi penting dalam menentukan prioritas untuk pengurangan kerentanan.

Beberapa yang termasuk dalam indikator utama kerentanan yaitu (López-Carresi et al., 2013):

1. Kerentanan tinggi

Tempat tinggal atau memiliki pekerjaan di atau dekat zona bahaya yang diketahui merupakan salah satu kerentanan tinggi yang mudah untuk dipetakan. Contoh tempat tinggal di atau dekat zona bahaya yang potensial untuk terjadi bencana adalah seperti masyarakat yang tinggal di dataran banjir, di pantai yang tidak terlindungi, atau dataran rendah pulau-pulau yang rawan badai hebat, di lereng gunung berapi aktif, atau dekat industri yang menggunakan atau membuang zat radioaktif atau bahan kimia berbahaya. Selain itu, beberapa pekerjaan memiliki kerentanan yang tinggi terhadap bencana tertentu. Misalnya, mereka yang bekerja di industri kehutanan (baik di sektor formal

maupun informal) mungkin lebih rentan terhadap kebakaran besar. Populasi yang mengandalkan penangkapan ikan mungkin lebih rentan terhadap badai.

2. Kerentanan rendah

Masyarakat dengan prevalensi penyakit yang tinggi yang berhubungan dengan kesehatan lingkungan mungkin saja lebih berisiko terhadap bencana daripada yang lain. Gizi buruk dan pola penyakit yang dipengaruhi musiman pola menjadi predisposisi orang dalam mengurangi ketahanan mereka. Orang dengan disabilitas dan lansia yang lemah akan lebih sulit untuk dievakuasi. Anak-anak dan wanita hamil lebih rentan terhadap penyakit serius dari paparan beberapa industri bahan kimia. Orang-orang dalam kelompok sosial ekonomi terendah mungkin yang paling banyak sulit untuk mendapatkan peringatan bahaya karena mereka tidak memiliki alat komunikasi.

11.6.3 Kapasitas

Seberapa besar potensi masyarakat dalam menghindari dampak negative bencana dan pengambilan langkah yang nyata demi mengurangi risiko bencana. Kapasitas juga dapat diartikan sebagai kemampuan untuk memberikan tanggapan terhadap situasi tertentu dengan sumber daya yang tersedia (fisik, manusia, keuangan, dan lainnya). Kapasitas ini dapat merupakan kearifan lokal masyarakat yang diceritakan secara turun menurun dari generasi ke generasi (Hunter, 2017).

11.6.4 Risiko Bencana

Kapasitas ini dapat merupakan kearifan lokal Risiko bencana adalah potensi kerugian yang dapat ditimbulkan oleh bencana dapat berupa kematian, luka, sakit, jiwa terancam, hilangnya rasa aman, mengungsi, kerusakan atau kehilangan harta, dan gangguan kegiatan masyarakat (Pathirage et al., 2012).

$$\text{Risk (R)} = H \times V/C$$

Keterangan:

R = Risiko Bencana

H = Hazard (bahaya)

V = Vulnerability (kerentanan)

C = Capacity (kapasitas)

11.7 Siklus Bencana

Manajemen bencana merupakan seluruh kegiatan yang meliputi aspek perencanaan dan penanggulangan bencana, pada sebelum, saat dan sesudah terjadi bencana yang dikenal sebagai Siklus Manajemen Bencana. Siklus manajemen bencana terdiri dari tahapan kesiapsiagaan, manajemen pra bencana, manajemen saat terjadi bencana, dan manajemen pasca bencana. Manajemen ini merupakan suatu tahapan yang terus berlanjut yang pada dasarnya tidak memiliki akhir dan ujung sehingga disebut sebagai suatu siklus. Setelah melakukan manajemen pasca bencana bukan berarti tahapan selesai namun tahapan kesiapsiagaan tetap harus dilakukan (Malilay et al., 2014).

11.7.1 Kesiapsiagaan

Serangkaian kegiatan yang dilakukan untuk mengantisipasi bencana melalui pengorganisasian serta melalui langkah yang tepat guna dan berdaya guna. Kesiapsiagaan bencana berbasis masyarakat adalah program pemberdayaan kapasitas masyarakat untuk mengambil tindakan inisiatif dalam mengurangi dampak bencana yang terjadi di lingkungan tempat tinggalnya (Malilay et al., 2014).

Tujuannya Meningkatkan kapasitas masyarakat dalam melaksanakan upaya-upaya kesiapsiagaan dan pengurangan risiko/dampak bencana yang terjadi di lingkungannya. Meningkatkan kapasitas tenaga kesehatan dalam memberikan pelayanan yang cepat, tepat dan terkoordinasi kepada para korban bencana.

Prinsip Manajemen Bencana

1. Cepat dan akurat
2. Prioritas
3. Koordinasi
4. Keterpaduan antar sektor
5. Efektif
6. Efisien
7. Transparansi

8. Akuntabilitas
9. Kemitraan
10. Pemberdayaan
11. Nondiskriminasi
12. Nonproletisi

11.7.2 Manajemen Kesehatan Lingkungan Saat Pra Bencana

Kegiatan yang dapat dilakukan sebagai tindakan manajemen saat bencana meliputi (Malilay et al., 2014):

1. Environmental health assessment
 - a. Menentukan kapasitas suatu daerah
 - b. Mengidentifikasi potensi bahaya
 - c. Menilai risiko kesehatan
 - d. Menentukan prioritas dan rekomendasi tindakan
 - e. Menentukan tujuan, strategi dan prioritas intervensi
 - f. Mengidentifikasi kebutuhan sumber daya untuk intervensi
2. Hazard mapping
Identifikasi bahaya dan potensi paparan bahaya
 - a. Bahaya alam: cek catatan, data fisik dan peta nasional dengan data kemiringan tanah, potensi curah hujan dan angin, aktivitas tektonik dan vulkanik
 - b. Bahaya non alam: Peta zona industri mengenai rute pengangkutan bahan berbahaya dan beracun, pembuangan limbah dan asap pabrik
3. Penilaian kerentanan kesehatan lingkungan
 - a. Survei dasar awal semua bahaya dan pola kerentanan (wilayah geografis dan juga harus profil kerentanan yang berbeda etnis dan kelompok sosial ekonomi)
 - b. Prevalensi penyakit vector-borne dan menular menurut wilayah
4. Pencegahan dan mitigasi
 - a. Mengurangi kerentanan masyarakat melalui peningkatan kesehatan lingkungan jangka panjang
 - 1) Melakukan perbaikan dalam pasokan air dan sistem sanitasi
 - 2) Perencanaan sistem pasokan air skala besar
 - 3) Pendidikan publik dalam pengolahan air rumah tangga dan PHBS di keluarga

- b. Peraturan kesehatan lingkungan untuk memberikan pelayanan kesehatan
 - 1) Membuat peraturan untuk standarisasi kebutuhan pada saat bencana seperti lokasi pengungsian, pemilihan gedung untuk pengungsian, pemenuhan kebutuhan sanitasi dan pemantauan kualitas air bersih
 - 2) Peraturan untuk desain fasilitas umum yang tahan bencana seperti tahan gempa
- c. Mengurangi Kerentanan Infrastruktur Kesehatan Lingkungan
 - 1) Mengurangi kerentanan dengan memilih lokasi, desain, dan pemeliharaan lingkungan infrastruktur kesehatan
 - 2) Pemetaan bahaya dapat mengungkapkan risiko
 - 3) Program Bangunan Pendidikan UNESCO

Seorang petugas kesehatan lingkungan di daerah harus mampu memberikan informasi sebagai berikut:

- 1) Lokasi dan besarnya kerusakan yang diketahui
- 2) Kerusakan struktural atau fungsional
- 3) Ukuran dan lokasi dari populasi
- 4) Sumber daya perbaikan yang tersedia
- 5) Perkiraan waktu perbaikan
- 6) Perkiraan kebutuhan khusus untuk kesehatan lingkungan di rumah sakit dan lembaga lainnya.
- 7) Kapasitas lokal untuk penanggulangan bencana.

11.7.3 Manajemen Kesehatan Lingkungan Saat Bencana Atau Emergency

Kegiatan yang dilakukan pada saat bencana meliputi (Malilay et al., 2014):

1. Emergency assessment
 - a. Keputusan awal mengenai bantuan yang diperlukan
 - b. Menilai kapasitas lokal memadai dan sumber daya eksternal yang dibutuhkan
 - c. Menetapkan prioritas intervensi
 - d. Identifikasi sumber daya yang dibutuhkan
 - e. Pengumpulan data dasar
 - f. Penggalangan dana dan advokasi

Teknik penilaian lapangan dapat berupa:

- 1) On-site visual assessment
- 2) Pengecekan dan pengukuran oleh tenaga ahli
- 3) Survei
- 4) Wawancara dengan kepala daerah dan masyarakat terdampak
- 5) Penilaian faktor risiko dan dampak bencana

Prioritas kesehatan lingkungan pada saat tanggap darurat

- 1) Menyediakan jamban dan fasilitas pembuangan yang aman dan sehat
- 2) Melindungi pasokan air dari kontaminasi
- 3) Menyediakan air untuk minum, memasak, dan keperluan rumah tangga
- 4) Memastikan setiap keluarga memiliki wadah air untuk menampung dan menyimpan air bersih
- 5) Penyediaan peralatan memasak dan makanan yang cukup
- 6) Memastikan tempat pengungsian layak huni
- 7) Memastikan setiap orang memiliki pengetahuan dan pemahaman untuk upaya pencegahan penyakit
- 8) Memastikan setiap orang memiliki air dan sabun untuk mencuci tangan
- 9) Menghilangkan sumber kontaminasi bahan kimia atau radiologi agar saat evakuasi tidak terpapar
- 10) Pengendalian vector

11.7.4 Manajemen Kesehatan Lingkungan Pasca Bencana

Kegiatan manajemen bencana yang dapat dilakukan meliputi (Malilay et al., 2014):

1. Rehabilitasi
 - a. Perbaikan lingkungan daerah bencana
 - b. Perbaikan prasarana dan sarana umum
 - c. Pemberian bantuan perbaikan rumah masyarakat
 - d. Pemulihan social psikologis
 - e. Pelayanan kesehatan
 - f. Rekonsiliasi dan resolusi konflik
 - g. Pemulihan social ekonomi budaya
 - h. Pemulihan keamanan dan ketertiban
 - i. Pemulihan fungsi pemerintahan
 - j. Pemulihan fungsi pelayanan public

2. Rekonstruksi

- a. Melibatkan partisipasi masyarakat sebesar mungkin
- b. Memanfaatkan kearifan lokal berdasarkan pada kondisi actual di lapangan
- c. Mendorong pengembangan kapasitas dalam pelaksanaan rekonstruksi
- d. Mengutamakan solusi jangka panjang
- e. Memberikan perhatian khusus kepada usaha-usaha berkelanjutan yang bersifat lokal
- f. Menggunakan proses perencanaan yang terintegrasi

Informasi yang dibutuhkan sebelum rekonstruksi bangunan:

- 1) Jumlah orang terdampak, distribusi wilayah terdampak dan kelompok umur terdampak
- 2) Jumlah rumah yang rusak dan hancur
- 3) Jumlah keluarga yang sudah melakukan perbaikan dan pembangunan kembali
- 4) Sumber daya yang tersedia
- 5) Identifikasi bahaya yang mungkin akan terjadi di daerah pemukiman baru
- 6) Data ekonomi

Aktivitas kesehatan lingkungan pasca bencana

1. Mengurangi kerentanan
Meningkatkan standar perumahan, persediaan air, sanitasi, keamanan pangan, keamanan makanan dan kebersihan pribadi
2. Pembangunan berkelanjutan
Pemulihan ekonomi untuk sanitasi dan menstabilkan danmeningkatkan dasar ekologi (perbaikan lingkungan dan membuat desain dan teknik pengendalian vector, menggunakan energy terbarukan, meningkatkan kemandirian pangan dan meningkatkan literasi pengetahuan mengenai kesehatan
3. Pengendalian penyakit dan penyehatan lingkungan pengungsi
Pengendalian penyakit dilaksanakan dengan pengamatan penyakit (surveilans), promotif, preventif dan pelayanan kesehatan (penanganan kasus) yang dilakukan di lokasi bencana

Permasalahan penyakit di lingkungan bencana:

- 1) Kerusakan lingkungan dan pencemaran
- 2) Berdesakan karena jumlah pengungsi > tempat pengungsian
- 3) Tempat penampungan pengungsi tidak memenuhi syarat kesehatan;
- 4) Ketersediaan air bersih yang seringkali tidak mencukupi jumlah maupun kualitasnya
- 5) Para pengungsi orang-orang yang memiliki risiko tinggi, seperti balita, ibu hamil, berusia lanjut
- 6) Pengungsian berada pada daerah endemis penyakit menular, dekat sumber pencemaran,
- 7) Kurangnya PHBS (Perilaku Hidup Bersih dan Sehat)
- 8) Kerusakan pada sarana kesehatan

11.8 Pengurangan Risiko Bencana

Merupakan upaya pencegahan terjadinya bencana berdasarkan analisis bahaya, kerentanan dan kapasitas suatu daerah untuk mengurangi dampak buruk yang ditimbulkan (Okuyama & Santos, 2014).

1. Pengenalan dan pemantauan risiko bencana
2. Perencanaan partisipatif penanggulangan bencana
3. Pengembangan budaya sadar bencana
4. Peningkatan komitmen terhadap pelaku penanggulangan bencana
5. Penerapan upaya fisik, non fisik, dan pengaturan penanggulangan bencana

Bab 12

Radiasi Lingkungan

12.1 Pendahuluan

Radiasi atau pancaran dapat didefinisikan sebagai suatu proses di mana energi dilepaskan oleh suatu atom. Menurut Badan Tenaga Nuklir Nasional, radiasi adalah energi yang dipancarkan dalam bentuk partikel atau gelombang, ada beberapa radiasi yang kita terima setiap saat, baik yang berasal dari alam maupun dari buatan manusia. Radiasi tersebut ada yang bermanfaat atau berdampak positif dan ada yang merugikan atau berdampak negatif bagi tubuh manusia, hewan, maupun tumbuh-tumbuhan.

Pengetahuan kita sangat terbatas tentang radiasi yang berguna serta radiasi yang merugikan untuk manusia, sehingga butuh atensi yang sungguh- sungguh supaya radiasi tersebut tidak terpapar sangat banyak dan mengusahakan supaya radiasi tersebut tidak melebihi batasan ambang yang diresmikan oleh Badan Pengawas Tenaga Nuklir (Bapeten). Meski dosis radiasi yang diterima dari penaksiran ataupun pengobatan yang bisa dihitung, tetapi kita pula menerima radiasi dari luar lingkungan tersebut, misalnya dari cahaya kosmik, cahaya ultraviolet, dari lingkungan ataupun di dalam rumah yang berasal dari bahan bangunan batako, pasir semen, kayu serta lain- lain, yang susah buat kita ukur besar dosisnya, sebab tiap- tiap orang menerima radiasi yang berbeda (Bandunggawa, Sandi and Merta, 2009).

manusia yang tinggal di dunia akan terpapar radiasi baik yang berasal dari sumber radiasi alamiah dan sumber radiasi buatan. Radiasi tersebut adalah radiasi pengion, yaitu radiasi yang dapat memunculkan ionisasi, apabila radiasi tersebut menumbuk sesuatu bahan. Bila bahan tersebut merupakan manusia hingga dapat mengakibatkan kelaianan jaringan pada manusia. Jenis radiasi pengion yang dimaksud seperti partikel alfa (α), beta (β), neutron (n), sinar gamma (γ), sinar-X, setiap partikel memiliki daya tembus serta pengionan yang berbeda. Radiasi gamma (γ), sinar-X, dan neutron memiliki daya tembus sangat tinggi tetapi daya pengionannya lemah, sedangkan radiasi alfa, beta mempunyai daya tembus lemah tetapi memiliki daya pengionannya tinggi. Penyinaran yang berasal dari sumber radiasi di luar manusia atau tidak menempel disebut penyinaran luar (radiasi eksterna), sedangkan apabila sumber penyinaran terdapat di dalam manusia, tersebar di dalam jaringan maka artinya penyinaran dalam (radiasi interna) (Setiawan et al., 2010).

Radiasi menjadi penyebab mutasi dibedakan menjadi radiasi pengion dan radiasi bukan pengion. Radiasi pengion artinya radiasi berenergi tinggi sedangkan radiasi bukan pengion artinya radiasi berenergi rendah. Model radiasi pengion artinya radiasi sinar X, sinar gamma, radiasi sinar kosmik. Contoh radiasi bukan pengion adalah radiasi sinar UV. Radiasi pengion mampu menembus jaringan atau tubuh makhluk hidup sebab berenergi tinggi. Sedangkan radiasi bukan pengion hanya dapat menembus lapisan sel-sel permukaan sebab berenergi rendah.

Radiasi sinar tersebut akan menyebabkan perpindahan elektron-elektron ke tingkat energi yang lebih tinggi. Atom-atom yang memiliki elektron-elektron sedemikian dinyatakan tereksitasi. Molekul-molekul yang mengandung atom yang berada dalam keadaan tereksitasi maupun terionisasi secara kimiawi lebih reaktif daripada molekul yang memiliki atom-atom yang berada dalam kondisi stabil. Aktivitas yang meningkat tersebut mengundang terjadinya sejumlah reaksi kimia, terutama mutasi. Radiasi pengion dapat menyebabkan terjadinya mutasi gen dan pemutusan kromosom yang berakibat delesi, duplikasi, insersi, translokasi serta fragmentasi kromosom umumnya. Dan mutagen bahan biologi seperti virus dan bakteri diperkirakan dapat menyebabkan terjadinya mutasi. Bagian virus yang dapat menyebabkan terjadinya mutasi adalah DNA-nya (Warmadewi, 2017)

12.2 Jenis Radiasi dan Sumber Radiasi

12.2.1 Radiasi Pengion

Radiasi Pengion berdasarkan Pasal 1 Angka ayat 6 PP Nomor 33 Tahun 2007 tentang Keselamatan Radiasi Pengion serta Keamanan Sumber Radioaktif (yang mengalami perubahan sebagai PP Keselamatan Radiasi) didefinisikan gelombang elektromagnetik serta partikel bermuatan yang sebab tenaga yang dimilikinya sanggup mengionisasi media yang dilaluinya (PP Republik Indonesia NO 33 TAHUN, 2007)

Sinar radiasi pengion adalah sinar yang mempunyai sifat tidak dapat dilihat, tidak berwarna, tidak dapat dirasakan, namun mempunyai sifat yang dapat merusak sel-sel tubuh manusia dengan jalan bila mengenai dan menembus tubuh manusia, sebagian besar dosis tertentu serta periode jangka waktu tertentu dapat mengakibatkan terjadinya compositions ionisasi sel-sel tubuh manusia, dengan cara energi penyinaran yang diabsorpsi di dalam tubuh akan membebaskan electron-elektron dari molekul, dan partikel yang telah mengalami ionisasi akan menjadi unsur radikal bebas yang akan merusak materi genetik DNA. Kehidupan yang seiring dengan berjalannya waktu dapat mengakibatkan perubahan atau mutasi sel atau gen yang kemudian dapat memengaruhi sistem kerja biokimia enzim pada tubuh manusia atau sistem tubuh lainnya. Sedangkan radiasi sinar non pengion tidak mempunyai kemampuan melakukan tahapan ionisasi seperti sinar pengion (Supriyono et al., 2018).

Menurut (Rich and Dharmarajan, 2018) Radiasi pengion mampu menjatuhkan elektron dari orbitnya di sekitar atom, mengganggu keseimbangan elektron/proton dan memberi atom muatan positif. Molekul dan atom bermuatan listrik disebut ion. Radiasi pengion termasuk radiasi yang berasal dari bahan radioaktif alami dan buatan manusia

Ada beberapa jenis radiasi pengion:

a. Radiasi alfa (α)

Radiasi alfa terdiri dari partikel alfa yang masing-masing terdiri dari dua proton dan dua neutron dan membawa muatan positif ganda. Karena Massa dan muatannya yang relatif besar, mereka memiliki kemampuan yang sangat terbatas untuk menembus materi. Radiasi alfa dapat dihentikan oleh selembar kertas atau lapisan luar kulit yang mati. Akibatnya, radiasi alfa dari zat nuklir di

luar tubuh tidak menimbulkan bahaya radiasi. Namun, ketika zat nuklir pemancar radiasi alfa dimasukkan ke dalam tubuh (misalnya, dengan menghirupnya atau menelannya), energi radiasi alfa diserap sepenuhnya ke dalam jaringan tubuh. Untuk alasan ini, radiasi alfa hanya merupakan bahaya internal. Contoh bahan nuklir yang mengalami peluruhan alfa adalah radon-222, yang meluruh menjadi polonium-218.

b. Radiasi beta (β)

Radiasi beta terdiri dari partikel bermuatan yang dikeluarkan dari inti atom dan secara fisik identik dengan elektron. Partikel beta umumnya memiliki muatan negatif, sangat kecil dan dapat menembus lebih dalam

daripada partikel alfa. Namun, sebagian besar radiasi beta dapat dihentikan dengan sejumlah kecil pelindung, seperti lembaran plastik, kaca atau logam. Ketika sumber radiasi berada di luar tubuh, radiasi beta dengan energi yang cukup dapat menembus lapisan luar kulit tubuh yang mati dan menyimpan energinya di dalam sel-sel kulit yang aktif. Namun, radiasi beta sangat terbatas kemampuannya untuk menembus jaringan dan organ yang lebih dalam di dalam tubuh. Zat nuklir pemancar radiasi beta juga bisa berbahaya jika dimasukkan ke dalam tubuh. Contoh bahan nuklir yang mengalami emisi beta adalah tritium (hidrogen-3).

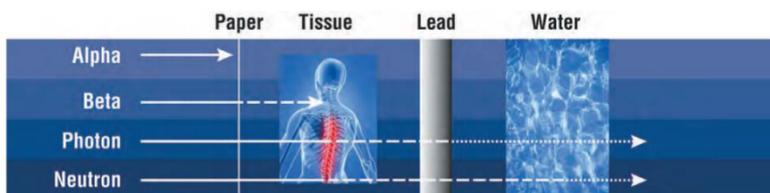
c. Radiasi foton (gamma [γ] dan sinar-X)

Radiasi foton adalah radiasi elektromagnetik. Ada dua jenis radiasi foton yang menarik untuk tujuan dokumen ini: gamma (γ) dan sinar-X. Radiasi gamma terdiri dari foton yang berasal dari dalam nukleus, dan radiasi sinar-X terdiri dari foton yang berasal dari luar nukleus, dan biasanya energinya lebih rendah daripada radiasi gamma. Radiasi foton dapat menembus sangat dalam dan terkadang hanya dapat dikurangi intensitasnya oleh bahan yang cukup padat, seperti timah atau baja. Secara umum, radiasi foton dapat menempuh jarak yang lebih jauh daripada radiasi alfa atau beta, dan dapat menembus jaringan dan organ tubuh ketika sumber radiasi berada di luar tubuh. Radiasi foton juga bisa berbahaya jika zat nuklir pemancar foton masuk ke dalam tubuh. Contoh bahan nuklir yang mengalami emisi foton adalah kobalt-60, yang meluruh menjadi nikel-60.

d. Radiasi neutron (n)

Terlepas dari radiasi kosmik, fisi spontan adalah satu-satunya sumber alami neutron (n). Sumber neutron yang umum adalah reaktor nuklir, di mana pemecahan inti uranium atau plutonium disertai dengan emisi neutron. Neutron

yang dipancarkan dari satu peristiwa fisi dapat menyerang inti atom yang berdekatan dan menyebabkan peristiwa fisi lain, yang menyebabkan reaksi berantai. Produksi tenaga nuklir didasarkan pada prinsip ini. Semua sumber neutron lainnya bergantung pada reaksi di mana nukleus dibombardir dengan jenis radiasi tertentu (seperti radiasi foton atau radiasi alfa), dan di mana efek yang dihasilkan pada nucleus adalah emisi neutron. Neutron mampu menembus jaringan dan organ tubuh manusia ketika sumber radiasi berada di luar tubuh. Neutron juga bisa berbahaya jika zat nuklir pemancar neutron disimpan di dalam tubuh. Radiasi neutron paling baik terlindung atau diserap oleh bahan yang mengandung atom hidrogen, seperti lilin parafin dan plastik. Ini adalah karena neutron dan atom hidrogen memiliki berat atom yang sama dan mudah mengalami tumbukan antara satu sama lain.



(Rich and Dharmarajan, 2018)

Gambar 12.1: Kemampuan Penetrasi berbagai Jenis Radiasi Pengion

12.2.2 Radiasi Non Pengion

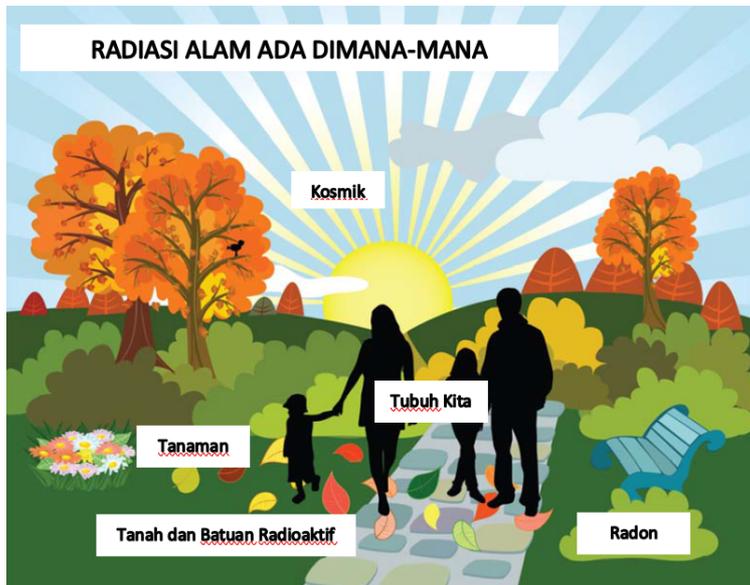
Radiasi non-pengion memiliki energi lebih sedikit daripada radiasi pengion; ia tidak memiliki cukup energi untuk menghasilkan ion. Contoh radiasi non-pengion adalah cahaya tampak, inframerah, gelombang radio, gelombang mikro, dan sinar matahari.

Sistem penentuan posisi global, telepon seluler, stasiun televisi, radio FM dan AM, monitor bayi, telepon nirkabel, pembuka pintu garasi, dan radio ham menggunakan radiasi non-pengion. Bentuk lain termasuk medan magnet bumi, serta paparan medan magnet dari jarak yang dekat dengan jalur transmisi, kabel rumah tangga dan peralatan listrik. Ini didefinisikan sebagai gelombang frekuensi sangat rendah (ELF) dan tidak dianggap menimbulkan risiko kesehatan.

12.2.3 Sumber Radiasi

Radiasi selalu ada dan ada di sekitar kita dalam berbagai bentuk (lihat Gambar 2.2). Kehidupan telah berevolusi di dunia dengan tingkat radiasi pengion yang signifikan, dan tubuh kita telah beradaptasi dengannya.

Banyak radioisotop terjadi secara alami, dan bermula selama pembentukan tata surya dan melalui interaksi sinar kosmik dengan molekul di atmosfer. Tritium adalah contoh radioisotop yang dibentuk oleh interaksi sinar kosmik dengan molekul atmosfer. Beberapa radioisotop (seperti uranium dan thorium) yang terbentuk ketika tata surya kita diciptakan memiliki waktu paruh miliaran tahun, dan masih ada di lingkungan kita. Radiasi latar belakang adalah radiasi pengion yang selalu ada di lingkungan alam.



Gambar 12.2: Radiasi Ada Di mana-mana (e07)

Komite Ilmiah Perserikatan Bangsa-Bangsa tentang Efek Radiasi Atom (UNSCEAR) mengidentifikasi empat sumber utama paparan publik terhadap radiasi alam:

a. Radiasi kosmik

Atmosfer luar bumi terus-menerus dibombardir oleh radiasi kosmik. Biasanya, radiasi kosmik terdiri dari partikel yang bergerak cepat yang ada di ruang

angkasa dan berasal dari berbagai sumber, termasuk matahari dan peristiwa langit lainnya di alam semesta. Sinar kosmik sebagian besar adalah proton tetapi dapat berupa partikel lain atau energi gelombang. Beberapa radiasi pengion akan menembus atmosfer bumi dan diserap oleh manusia yang mengakibatkan paparan radiasi alami.

b. Radiasi terestrial

Komposisi kerak bumi merupakan sumber utama radiasi alam. Kontributor utama adalah deposit alami uranium, kalium dan thorium yang, dalam proses peluruhan alami, akan melepaskan sejumlah kecil radiasi pengion. Uranium dan thorium pada dasarnya ditemukan di mana-mana. Jejak mineral ini juga ditemukan pada bahan bangunan sehingga paparan radiasi alami dapat terjadi baik dari dalam maupun luar ruangan.

c. Inhalasi

Sebagian besar variasi paparan radiasi alam berasal dari penghirupan gas radioaktif yang dihasilkan oleh mineral radioaktif yang ditemukan di tanah dan batuan dasar. Radon adalah gas radioaktif tidak berbau dan tidak berwarna yang dihasilkan oleh peluruhan uranium. Thoron adalah gas radioaktif yang dihasilkan oleh peluruhan thorium. Tingkat radon dan toron sangat bervariasi menurut lokasi tergantung pada komposisi tanah dan batuan dasar (Rich and Dharmarajan, 2018).

12.3 Mutasi

Mutasi ialah perubahan yang terjadi di bahan genetik (DNA maupun RNA), baik pada tingkat urutan gen atau di tingkat kromosom. Mutasi di tingkat kromosomal umumnya disebut aberasi. Mutasi pada gen dapat mengarah pada munculnya alel baru serta sebagai dasar bagi kalangan pendukung evolusi tentang keluarnya variasi-variasi baru pada spesies.

Peristiwa terjadinya mutasi dianggap mutagenesis. Makhluk hayati yang mengalami mutasi disebut mutagen. Mutasi bersifat acak, 90% sesungguhnya bersifat merugikan bagi individu atau populasi suatu spesies. Dikatakan bersifat merugikan sebab mutasi menyebabkan perubahan suatu karakter berasal dari keadaan yang biasanya karakter itu telah mengikuti keadaan selama jutaan tahun

terhadap lingkungan. menggunakan adanya perubahan, maka makhluk itu harus beradaptasi lagi.

Pada dasarnya mutasi itu merugikan, mutannya bersifat letal dan homozigot resesif. Tetapi mutasi ada pula yang menguntungkan, antara lain, melalui mutasi, tanaman yang didesain poliploid yang sifatnya unggul. seperti semangka tanpa biji, jeruk tanpa biji, buah stroberi yang besar, dan lain-lain. Mutasi ini pula sebagai salah satu kunci terjadinya evolusi pada kehidupan di dunia. Terbentuknya tumbuhan poliploid ini menguntungkan bagi manusia, tetapi merugikan bagi tumbuhan yang mengalami mutasi, karena tumbuhan tadi menjadi tidak bisa berkembang biak secara generatif (Warmadewi, 2017).

12.3.1 Perubahan Mendadak

Pergeseran kombinasi kromosom, atau dengan tanpa persilangan, dapat menghasilkan organisme lain dengan karakteristik yang tidak seperti organisme yang muncul di masa lalu atau kemungkinan besar muncul di masa mendatang. Mereka bahkan dapat menghasilkan hal baru dalam karakteristik individu karena gen dapat memengaruhi satu sama lain, dan gen yang dikelilingi oleh kromosom yang tidak biasa dapat menghasilkan efek yang tidak terduga.

Namun, hal-hal bisa melangkah lebih jauh ke arah pembaharuan. Ada kemungkinan kromosom mengalami perubahan yang lebih serius, baik struktural maupun kimiawi, sehingga dihasilkan karakteristik yang sama sekali baru yang mungkin tidak ada dan perubahan seperti itu disebut mutasi.

Amutasi dapat dikaitkan dengan perubahan struktur kromosom yang cukup drastis untuk terlihat di bawah mikroskop. Seperti itu mutasi kromosom dapat timbul dalam beberapa cara. Kromosom dapat mengalami replikasi tanpa sel itu sendiri membelah. Dengan cara itu, sel dapat berkembang dengan dua, tiga, atau empat kali komplemen normal kromosom, dan organisme yang terdiri dari sel-sel yang poliploidi bisa sangat berbeda dari norma. Situasi ini ditemukan terutama di antara tumbuhan dan di antara beberapa kelompok invertebrata. Ini biasanya tidak terjadi pada mamalia, dan ketika itu menyebabkan kematian yang cepat.

12.3.2 Mutasi Spontan

Mutasi yang terjadi di alam biasa, tanpa campur tangan manusia, adalah mutasi spontan. Sebagian besar muncul dari sifat mekanisme replikasi gen yang rumit.

Salinan gen terbentuk dari sejumlah besar unit kecil yang harus berbaris dalam pola yang tepat untuk membentuk satu gen tertentu dan tidak ada yang lain.

Idealnya, hal-hal diatur sedemikian rupa di dalam sel sehingga perubahan yang diperlukan untuk menghasilkan pola yang diinginkan hanyalah perubahan yang memiliki probabilitas maksimum. Perubahan lain cenderung tidak terjadi tetapi tidak sepenuhnya dikecualikan. Kadang-kadang karena molekul-molekul yang berdesak-desakan secara tidak sengaja dapat mengambil jalan yang salah, dan hasilnya adalah mutasi spontan.

12.3.3 Beban Genetik

Beberapa mutasi gen menghasilkan karakteristik yang sangat tidak diinginkan sehingga sulit untuk membayangkan setiap perubahan yang wajar dalam kondisi lingkungan yang akan membuatnya menguntungkan. Ada mutasi yang menyebabkan tangan dan kaki tidak berkembang, produksi darah yang tidak menggumpal, kelainan bentuk organ penting yang parah, dan sebagainya. Mutasi semacam itu sangat buruk, setiap spesies, termasuk manusia, termasuk individu yang membawa gen yang tidak diinginkan. Gen yang tidak diinginkan ini dapat diturunkan dari generasi ke generasi, meskipun dominan, sebelum seleksi alam memusnahkannya. Semakin serius mereka tidak diinginkan, semakin cepat mereka dihilangkan, tetapi bahkan gen yang mematikan akan dimasukkan di antara kromosom dari generasi ke generasi asalkan mereka resesif. Gen yang merusak ini membentuk beban genetik.

Satu-satunya cara untuk menghindari beban genetik adalah dengan tidak mengalami mutasi dan oleh karena itu tidak ada kolam gen. Kolam gen diperlukan untuk fleksibilitas yang akan memungkinkan spesies untuk bertahan hidup dan berevolusi selama ribuan tahun dan beban genetik adalah harga yang harus dibayar untuk itu. Umumnya, kapasitas suatu spesies untuk mereproduksi dirinya sendiri cukup tinggi untuk menyusun, dengan mudah, jumlah yang hilang melalui kombinasi gen yang merusak.

Besar kecilnya muatan genetik bergantung pada dua faktor: Laju gen yang merusak diproduksi melalui mutasi, dan laju disingkirkan oleh seleksi alam. Ketika laju pemindahan sama dengan laju produksi, kondisi keseimbangan genetik tercapai dan tingkat kemunculan gen tersebut kemudian tetap stabil selama beberapa generasi.

12.3.4 Tingkat Mutasi

Lebih mudah mengamati pemindahan gen melalui kematian atau kegagalan reproduksi daripada mengamati produksinya melalui mutasi. Sangat sulit untuk mempelajari produksi mereka pada manusia, karena pria memiliki umur yang relatif panjang dan sedikit anak, dan karena kebiasaan kawin mereka tidak dapat dikontrol dengan baik.

Karena alasan ini, ahli genetika telah bereksperimen dengan spesies yang jauh lebih sederhana daripada manusia — organisme yang lebih kecil yang berumur pendek, menghasilkan banyak keturunan, dan yang dapat dikurung serta dibiarkan kawin hanya dalam kondisi tertentu. Makhluk seperti itu mungkin memiliki lebih sedikit kromosom daripada manusia dan tempat-tempat mutasi lebih mudah ditentukan.

Hewan yang paling sering digunakan dalam studi genetika dan mutasi adalah spesies lalat buah tertentu, yang disebut *Drosophila*. Ahli genetika Amerika, Hermann J. Muller, merancang teknik di mana dia bisa mempelajari terjadinya mutasi yang mematikan di mana saja di sepanjang salah satu dari empat pasang kromosom. dimiliki oleh *Drosophila*. Dia menemukan, sebuah gen yang mematikan mungkin diproduksi di suatu tempat di sepanjang kromosom tertentu sekali dari setiap dua ratus kali kromosom tersebut mengalami replikasi. Artinya, dari setiap 200 sel kelamin yang diproduksi oleh *Drosophila*, satu akan mengandung gen yang mematikan di suatu tempat di sepanjang kromosom itu (Asimov and Dobzhansky, 2017).

12.4 Batas Dosis Radiasi

Nilai Batas Dosis adalah dosis terbesar yang diizinkan oleh BAPETEN yang dapat diterima oleh Pekerja Radiasi dan anggota masyarakat dalam jangka waktu tertentu tanpa menimbulkan efek genetik dan somatik yang berarti akibat pemanfaatan tenaga nuklir (Badan and Tenaga, 2011).

Instansi pemerintah menetapkan peraturan yang menetapkan batas paparan radiasi dan bahan radioaktif. Batasan ini dirancang untuk melindungi pekerja individu, publik, dan lingkungan, dan ditetapkan pada tingkat risiko yang dapat diterima serta untuk aktivitas industri misalnya, kimia, pertambangan, dan transportasi (Kadhim, 2020).

Menurut Badan and Tenaga (2011) nilai batas dosisnya sebagai berikut:

a. Pekerja Radiasi

Nilai Batas Dosis untuk Pekerja Radiasi sebagaimana yang telah ditetapkan dengan ketentuan:

- 1) Dosis Efektif rata-rata sebesar 20 mSv (duapuluh milisievert) per tahun dalam periode 5 (lima) tahun, dan 50 mSv (limapuluh milisievert) dalam 1 (satu) tahun tertentu.
- 2) Dosis Ekivalen untuk lensa mata rata-rata sebesar 20 mSv (duapuluh milisievert) per tahun dalam periode 5 (lima) tahun dan 50 mSv (limapuluh milisievert) dalam 1 (satu) tahun tertentu.
- 3) Dosis Ekivalen untuk tangan atau kaki atau kulit sebesar 500 mSv (limaratus milisievert) per tahun.

b. Pekerja magang untuk pelatihan, penelitian, atau pelajar yang berusia 16 (enam belas) tahun sampai dengan 18 (delapan belas) tahun dengan ketentuan sebagai berikut:

- 1) Dosis Efektif sebesar 6 mSv (enam milisievert) per Tahun
- 2) Dosis Ekivalen untuk lensa mata sebesar 20 mSv (duapuluh milisievert) per tahun
- 3) Dosis Ekivalen untuk tangan atau kaki atau kulit sebesar 150 mSv (seratus limapuluh milisievert) per tahun.

c. Anggota masyarakat

Nilai Batas Dosis untuk anggota masyarakat sebagaimana yang dimaksud dan ditetapkan dengan ketentuan sebagai berikut:

- 1) Dosis Efektif sebesar 1 mSv (satu milisievert) per tahun
- 2) Dosis Ekivalen untuk lensa mata sebesar 15 mSv (lima belas milisievert) per tahun
- 3) Dosis Ekivalen untuk kulit sebesar 50 mSv (lima puluh milisievert) per tahun

Bab 13

Higiene dan Sanitasi

13.1 Pendahuluan

Manusia adalah makhluk ciptaan Tuhan yang paling mulia dan paling sempurna. Sebagai makhluk, manusia mempunyai beberapa kebutuhan dasar yang harus terpenuhi. Kebutuhan dasar dimaksud merupakan unsur-unsur yang dibutuhkan oleh manusia dalam mempertahankan keseimbangan, baik keseimbangan fisiologis maupun keseimbangan psikologis, yang bertujuan untuk mempertahankan kesehatan dan kehidupan. Pola hidup masyarakat modern dicirikan dengan semakin sadarnya masyarakat akan pentingnya higiene dan sanitasi dalam menjalankan pola hidup sehat di setiap aktivitasnya. Seperti yang kita pahami bersama bahwa Higiene merupakan suatu usaha yang dilakukan untuk memperoleh kesehatan. Upaya tersebut berupa tindakan preventif yang menitik beratkan pada objeknya atau aktivitas dari manusia itu sendiri, sedangkan sanitasi didefinisikan sebagai suatu bentuk usaha pencegahan penyakit dengan menitikberatkan pada faktor lingkungan yang ada disekitar objek.

Higiene erat hubungannya dengan perorangan, makanan dan minuman karena higiene merupakan syarat untuk mencapai derajat kesehatan. Higiene personal atau higiene perseorangan adalah tindakan yang dilakukan untuk menjaga kebersihan dan kesehatan individu untuk mendapatkan kesejahteraan fisik dan psikis. Higiene personal menggambarkan kondisi kebersihan individu secara

menyeluruh yang meliputi kebersihan badan, rambut, kulit mulut, mata, hidung, telinga dan genitalia. Higiene personal sangat memengaruhi kondisi kesehatan individu. Jika individu sakit, biasanya masalah kebersihan kurang diperhatikan. Akibat yang timbul adalah gangguan pada membran mukosa mulut, gatal gatal, gangguan integritas kulit dan adanya infeksi di beberapa bagian tubuh lainnya. Selain dapat menimbulkan dampak fisik, penerapan higiene personal yang tidak baik dapat menimbulkan dampak psikososial seperti gangguan kebutuhan rasa nyaman dan kebutuhan harga diri. Selain itu, menjaga kebersihan dan kesehatan diri juga harus dilaksanakan dengan baik untuk mencegah adanya kontaminasi pada makanan yang dapat mengganggu kesehatan.

Selain higiene, penerapan sanitasi juga tidak kalah penting dalam mendukung upaya terciptanya kondisi yang aman dan sehat terutama dari ancaman penyebab penyakit. Kegiatan sanitasi lebih ditekankan pada pengawasan lingkungan yang dapat memengaruhi tingkat kesehatan individu dengan cara meminimalisir mikroorganisme penyebab penyakit yang terdapat dalam lingkungan. Penerapan sanitasi juga sangat penting dalam menjaga keamanan makanan. Dari segi ilmu kesehatan lingkungan, higiene dan sanitasi memiliki hubungan yang erat dan tidak dapat dipisahkan antara satu dengan yang lainnya yaitu tujuan untuk melindungi, memelihara dan mempertinggi derajat kesehatan manusia. Pentingnya penerapan higiene dan sanitasi dalam kehidupan akan dibahas lebih lanjut dalam buku ini.

13.2 Higiene

Kata “higiene” atau *hygieinos* berasal dari Bahasa Yunani. Dalam sejarah Yunani, higiene bersumber dari nama seorang dewi kesehatan atau dewi pencegah penyakit yaitu *Hygea*. Higiene merupakan ilmu untuk membentuk, menjaga dan meningkatkan kesehatan (Streeth and Southgate, 1986). Arti lain dari kata Higiene ada beberapa, namun intinya adalah sama antara lain: Higiene adalah ilmu yang berkaitan dengan pencegahan penyakit dan pemeliharaan kesehatan (the science concerned with the prevention of illness and maintenance of health). Upaya pencegahan penyakit dilakukan dengan menitikberatkan pada usaha perseorangan atau manusia beserta dengan lingkungannya. Selain itu higiene juga diartikan sebagai tindakan yang berkaitan dengan pemeliharaan kesehatan (the maintenance of healthfull practices).

Bila ditinjau dari kesehatan lingkungan, higiene diartikan sebagai upaya kesehatan dengan mempelajari pengaruh kondisi lingkungan terhadap kesehatan manusia atau upaya untuk mencegah timbulnya penyakit yang disebabkan oleh faktor lingkungan. Dengan upaya tersebut, faktor lingkungan yang tidak menguntungkan diharapkan tidak sampai menimbulkan penyakit (Marsanti and Widiarini, 2018). Higiene mencakup faktor kebersihan (cleanliness), usaha perawatan kesehatan diri (hygiene personal), dan perlindungan kesehatan akibat pekerjaan (Lukman, 2008).

Pemerintah Indonesia melalui Departemen kesehatan juga menjelaskan bahwa higiene merupakan suatu upaya kesehatan dengan cara melindungi dan memelihara kesehatan individu. Salah satu contoh tindakan higiene yang mudah dan sering dilakukan adalah dengan mencuci tangan sebelum dan sesudah makan (Depkes, 2004). Cuci tangan pakai sabun merupakan salah satu indikator dari prilaku hidup bersih guna untuk mencegah berbagai macam penyakit. Cuci tangan pakai sabun merupakan cara yang paling murah, mudah, sederhana dan sangat bermanfaat dalam mencegah berbagai macam penyakit. Dengan mencuci tangan pakai sabun secara benar, maka kuman-kuman penyebab penyakit yang ada di tangan khususnya yang ada di permukaan telapak tangan dapat terlepas sehingga dengan menerapkan cuci tangan secara ketat maka akan dapat mengurangi risiko kejadian penyakit seperti penyakit Infeksi Saluran Pernapasan Atas (ISPA), penyakit kulit, hepatitis, diare dan cacing khususnya Ascariasis dan Trichuriasis serta beberapa jenis penyakit lainnya (Depkes, 2004).



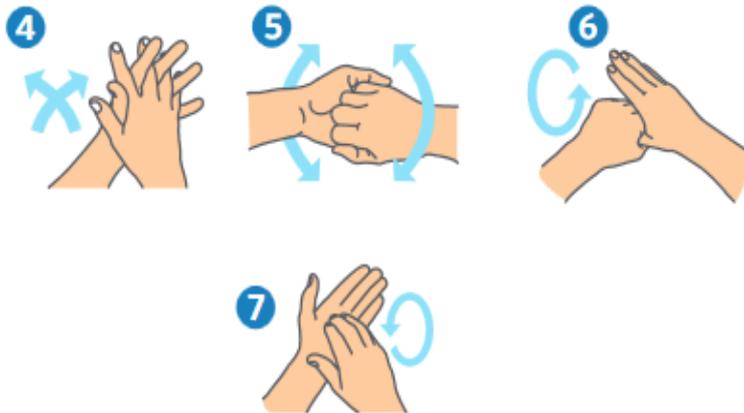


Gambar 13.1: Cara Mencuci Tangan Pakai Sabun (Kemenkes RI, 2020).

Selain dengan sabun, Mencuci tangan juga bisa dilakukan dengan menggunakan cairan pembersih tangan. Tentunya hal ini dilakukan dalam situasi atau kondisi tertentu di mana sabun dan air bersih tidak tersedia. Agar hasilnya efektif, cairan pembersih yang digunakan hendaknya mengandung alkohol dengan kadar minimal 60%. Selain menggunakan produk cairan pembersih tangan berbasis alkohol yang ada di pasaran, kita juga bisa membuat cairan pembersih dengan mengikuti standard dan panduan yang telah ditentukan oleh WHO (Kemenkes RI, 2020).



Pahami petunjuk penggunaan terlebih dahulu sebelum menggunakannya. Tuangkan cairan pembersih ke salah satu telapak tangan. Selanjutnya ratakan cairan pembersih pada kedua tangan.



Ratakan cairan pembersih ke tangan (telapak tangan, punggung tangan dan jari-jari tangan). Lakukan selama 20 detik.

Gambar 13.2: Cara Memakai Cairan Pembersih Tangan (Kemenkes RI, 2020).

Mencuci tangan pakai sabun dengan menggunakan air bersih akan memberi manfaat yang berbeda dari cairan pembersih tangan berbasis alkohol. Sabun dan air bersih dapat menghilangkan semua jenis kuman yang menempel pada tangan, sedangkan cairan pembersih tangan berbasis alkohol hanya bisa mengurangi jumlah kuman tertentu di kulit. Selain itu, cairan pembersih tangan hanya dapat digunakan apabila tangan tidak dalam kondisi kotor dan berminyak (Kemenkes RI, 2020).

13.2.1 Ruang Lingkup Higiene

Mengacu dari definisi higiene yang telah diuraikan, terdapat beberapa ruang lingkup higiene di antaranya adalah 1). Higiene personal, 2). Higiene makanan dan minuman.

1. Higiene Personal

Higiene personal berasal dari bahasa Yunani yakni personal yang artinya perorangan atau individu dan higiene yang berarti sehat. Higiene personal adalah suatu tindakan untuk memelihara kebersihan dan kesehatan individu untuk kesejahteraan baik fisik maupun psikis individu tersebut (Kasiati and Rosmalawati, 2016). Penerapan perilaku higiene personal yang baik maka

akan meminimalkan pintu masuk mikroorganisme ke dalam tubuh sehingga dengan minimnya mikroorganisme yang masuk ke dalam tubuh diharapkan dapat meminimalkan risiko individu terkena penyakit (Isro'in and Andarmoyo, 2012).

Higiene personal merupakan pintu masuk (portal of entry) bagi bibit penyakit karena bila higiene personal baik, maka mikroorganisme yang masuk ke dalam tubuh dapat diminimalkan. Sebaliknya, bila higiene personal tidak baik, maka akan memudahkan mikroorganisme masuk ke dalam tubuh dan menyebabkan individu menjadi sakit. Beberapa contoh penerapan higiene personal dalam kehidupan sehari-hari adalah mencuci tangan untuk menjaga kebersihan tangan, mandi untuk menjaga kebersihan badan, mencuci baju untuk menjaga kebersihan baju, mencuci piring untuk menjaga kebersihan piring dan mencuci alat-alat rumah tangga lainnya setelah digunakan (Marsanti and Widiarini, 2018). Kebiasaan menjaga higiene personal sangat penting untuk dilakukan secara terus menerus agar memberikan dampak yang efektif khususnya dalam rangka pencegahan penyakit (Kemenkes RI, 2020).

13.2.2 Tujuan Higiene Personal

Dalam pelaksanaannya, penerapan higiene personal dalam kehidupan sehari-hari memiliki beberapa tujuan:

1. Meningkatkan derajat kesehatan individu.
2. Menjaga kebersihan individu
3. Meningkatkan higiene personal yang masih kurang
4. Menciptakan rasa nyaman dan keindahan.
5. Menjauhkan individu dari penyakit
6. Menambah rasa percaya diri.

1.2 Bentuk higiene personal

Dalam kehidupan sehari-hari kebersihan merupakan hal yang sangat penting dan harus diperhatikan karena kebersihan akan memengaruhi kesehatan dan psikologis seseorang. Aktivitas pemenuhan kebersihan sangat dipengaruhi oleh faktor budaya, sosial-ekonomi, status kesehatan, pengetahuan dan lainnya. Jika seseorang sakit, biasanya masalah kebersihan kurang mendapatkan perhatian. Hal ini bisa terjadi karena kita menganggap masalah kebersihan adalah masalah yang tidak penting, padahal masalah kebersihan jika dibiarkan dapat memengaruhi kesehatan secara umum. Untuk mendapatkan kesehatan maka seseorang harus menerapkan higiene personal dengan ketat. Berikut adalah

bentuk- bentuk penerapan higiene personal dalam kehidupan sehari-hari di antaranya adalah:

a. Perawatan kulit

Kulit merupakan organ tubuh aktif terluas yang berfungsi sebagai sistem pertahanan tubuh terluar, kulit juga berfungsi sebagai organ sekresi, ekskresi, pengatur temperatur, tempat pertukaran oksigen, nutrisi dan cairan dengan pembuluh yang ada dibawahnya (Kasiati and Rosmalawati, 2016). Secara garis besar, kulit tersusun atas 2 (dua) lapisan yaitu epidermis dan dermis (Kalangi, 2014). Epidermis (lapisan luar) merupakan lapisan pelindung jaringan tubuh yang ada dibawahnya terhadap kehilangan cairan, cidera mekanis maupun kimia serta mencegah masuknya mikroorganisme penyakit kedalam tubuh. Sedangkan dermis adalah lapisan kulit yang lebih tebal, terdiri dari jaringan ikat kolagen dan serabut saraf. Pada lapisan dermis terdapat sel-sel imun yang berfungsi untuk melawan infeksi yang masuk ke dalam tubuh melalui kulit (Han, 2016). Perawatan jaringan kulit dapat dilakukan dengan cara mandi minimal 2 kali sehari dengan menggunakan sabun yang tidak iritatif atau sesuai kebiasaan setelah melakukan aktivitas sehari-hari, kulit dalam keadaan kotor atau sehabis menjalani kegiatan sehari-hari lainnya. Kulit seringkali merefleksikan perubahan pada saat kondisi fisik dan lingkungan tidak stabil, adanya gangguan fungsi atau karena adanya cekaman yang ditandai dengan adanya perubahan pada warna, ketebalan, tekstur, turgor, temperatur, dan hidrasi. Selama kulit masih utuh dan sehat maka fungsi fisiologisnya akan optimal (Kasiati and Rosmalawati, 2016).

b. Perawatan kuku, kaki dan tangan

Kuku, kaki dan tangan seringkali memerlukan perhatian khusus untuk mencegah timbulnya bau dan adanya infeksi pada jaringan. Kuku merupakan pelengkap kulit, namun jika tidak dirawat dengan baik maka kuku dapat berperan sebagai sumber penyakit. Bentuk perawatan kuku yang salah atau kurang tepat misalnya seperti menggigit kuku, pemotongan yang tidak tepat, adanya paparan zat kimia yang tajam, dan pemakaian sepatu tidak pas, masalah yang dapat ditimbulkan akibat perawatan kuku yang tidak tepat di antaranya adalah adanya rasa nyeri dan rasa tidak nyaman pada tangan dan kaki serta dapat menimbulkan stress berupa stress fisik dan emosional (Kasiati and Rosmalawati, 2016).

- c. Perawatan rambut.
Perawatan rambut sangat diperlukan agar rambut tetap terjaga kebersihannya dan tidak menjadi sarang penyakit. Rambut yang sehat memiliki pertumbuhan yang bagus, terlihat mengkilat, tidak berminyak, tidak kering dan tidak mudah patah. Cara merawat rambut dapat dilakukan dengan cara memangkas rambut, menyisir rambut dan mencuci rambut 1-2 kali seminggu (sesuai kondisi individu) dengan memakai shampo yang cocok (Kasiati and Rosmalawati, 2016).
- d. Perawatan gigi dan mulut
Mulut terdiri dari bibir, gigi, lidah dan langit-langit. Mukosa mulut normal akan tampak berwarna merah muda, terang dan basah. Gigi normal akan tampak bersih, putih, halus, bercahaya, dan berjajar rapi. Higiene mulut akan memengaruhi status kesehatan pada mulut, yang meliputi bagian bibir, gigi, gusi dan lidah. Cara membersihkan mulut dapat dilakukan dengan menyikat gigi sesudah makan dan sebelum tidur, atau sesuai kebutuhan (Kasiati and Rosmalawati, 2016).
- e. Perawatan mata.
Secara normal tidak ada perawatan khusus yang diperlukan untuk mata karena secara terus-menerus mata akan dibersihkan oleh air mata. Kelopak mata dan bulu mata berperan mencegah masuknya partikel asing kedalam mata. Biasanya, kotoran pada mata akan menempel pada sudut mata dan bulu mata sehingga perlu dilakukan pembersihan secara kontinyu untuk menjaga kebersihannya (Kasiati and Rosmalawati, 2016).
- f. Perawatan hidung.
Hidung merupakan salah satu organ pernafasan bagian atas. Hidung berfungsi sebagai indera penciuman, pemantau temperatur, menjaga kelembaban udara yang masuk kedalam paru-paru serta mencegah masuknya partikel asing ke dalam sistem pernafasan. Akumulasi sekresi yang mengeras di dalam rongga hidung dapat mengganggu sensasi olfaktori dan mengganggu pernafasan sehingga perlu dilakukan perawatan secara baik supaya tidak mengganggu fungsi normal organ tersebut (Kasiati and Rosmalawati, 2016).
- g. Perawatan telinga
Higiene telinga memiliki dampak terhadap ketajaman pendengaran, bila substansi lilin atau benda asing berkumpul pada kanal telinga luar maka akan mengganggu konduksi suara. Khususnya pada lansia sangat rentan terkena masalah ini. Perawatan pada telinga dapat dilakukan

dengan melakukan pembersihan secara rutin terutama apabila ada kotoran yang menyumbatnya. Untuk menghindari hal-hal yang tidak diinginkan, Pembersihan telinga hendaknya dilakukan secara hati-hati dan secara perlahan-lahan (Kasiati and Rosmalawati, 2016).

13.2.3 Faktor-faktor yang Memengaruhi Higiene Personal

Faktor higiene perorangan (personal hygiene) merupakan hal yang sangat penting untuk mencegah terjadinya penyakit di antaranya adalah diare. Diare adalah salah satu penyakit yang disebabkan oleh bakteri dari golongan coliform, penyakit diare sangat dipengaruhi oleh sanitasi lingkungan dan higiene perorangan. Jika sanitasi lingkungan tidak baik dan didukung dengan kondisi higiene perorangan tidak bagus maka penyakit diare akan lebih mudah menyerang individu atau masyarakat. Pada tahun 2005, WHO juga melaporkan bahwa sekitar 70% kasus diare yang terjadi disebabkan oleh faktor kontaminasi seperti penggunaan air, sarana dan alat pengolahan yang tercemar, serta penjamah yang tidak menjaga kebersihan diri.

Ada beberapa faktor yang memengaruhi higiene personal. Faktor-faktor tersebut antara lain:

1. **Body Image atau Citra tubuh.**
Merupakan gambaran individu terhadap dirinya sendiri akan sangat memengaruhi kebersihan dirinya. Misalnya karena adanya perubahan fisik, individu menjadi tidak peduli terhadap kebersihannya.
2. **Praktik Sosial**
Pada anak-anak yang memiliki kebiasaan dimanja dalam menjaga kebersihan dirinya, maka kemungkinan akan terjadi perubahan pada pola personal hygiene
3. **Status sosial ekonomi**
Personal hygiene memerlukan alat dan bahan seperti sabun, pasta gigi, sikat gigi, shampo, dan alat mandi lainnya di mana semuanya memerlukan uang untuk menyediakannya.
4. **Pengetahuan**
Pengetahuan personal hygiene sangat penting karena pengetahuan yang baik dapat meningkatkan kesehatan misalnya pada pasien penderita diabetes melitus di mana pada individu yang mengidap penyakit tersebut sangat dianjurkan untuk selalu menjaga kebersihan tubuhnya.

5. Budaya.

Disebagian masyarakat terutama di masyarakat yang masih memegang teguh kepercayaan terhadap nenek moyang secara turun temurun biasanya jika terdapat individu sakit tertentu maka tidak boleh dimandikan.

6. Kebiasaan seseorang.

Ada kebiasaan seseorang menggunakan produk tertentu dalam perawatan dirinya seperti penggunaan sabun, shampo dan lainnya.

7. Kondisi fisik.

Pada keadaan sakit tertentu kemampuan untuk merawat diri akan berkurang sehingga memerlukan bantuan untuk melakukannya.

Berbagai studi yang dilakukan membuktikan bahwa, penerapan higiene personal yang baik sangat dipengaruhi oleh tingkat pendidikan dan sosial ekonomi. Semakin tinggi tingkat pendidikan seseorang maka akan semakin baik pula penerapan higiene personalnya. Semakin rendah status sosial ekonomi seseorang maka akan semakin buruk dalam pelaksanaan higiene personalnya (Rauf, 2013).

2. Higiene Makanan dan Minuman

Makanan adalah bahan padat atau cair yang apabila dikonsumsi akan memberi manfaat bagi tubuh terutama untuk menjaga dan mempertahankan fungsi normal tubuh, sedangkan higiene adalah upaya kesehatan untuk memelihara dan melindungi subjeknya. Higiene makanan dan minuman dapat diartikan sebagai suatu usaha untuk menjaga dan memelihara kebersihan makanan dan minuman yang dikonsumsi oleh manusia dengan menitikberatkan pada tindakan membebaskan makanan dan minuman dari hal yang membahayakan terutama adalah bakteri pathogen (Sri Rejeki, 2015).

Makanan dan minuman akan bermanfaat bagi tubuh manusia jika makanan dan minuman tersebut mendapatkan perlakuan dan pengelolaan yang baik dan benar sesuai dengan karakteristiknya masing-masing. agar memenuhi syarat kesehatan dan layak konsumsi, maka perlu adanya tindakan berupa pengawasan yang ketat terhadap higiene dari makanan dan minuman tersebut. Pengawasan terhadap higiene makanan dan minuman bertujuan untuk mempertahankan kualitas makanan baik secara bakteriologis, kimiawi maupun fisik (Priyani and Budiono, 2018). Sebagian besar bahan makanan yang dikonsumsi manusia bersumber dari bahan makanan nabati

dan hewani. Bahan makanan nabati berasal dari tumbuh-tumbuhan, seperti sayur, buah dan lainnya sedangkan bahan makanan hewani berasal dari binatang, misalnya daging, telur, ikan dan lain-lain (Sri Rejeki, 2015).

(Sri Rejeki, 2015) di dalam bukunya mengatakan bahwa upaya yang dapat dilakukan untuk menjaga higiene makanan dan minuman di antaranya adalah: 1). Pemilihan bahan baku, 2). Penyimpanan bahan makanan, 3). Pengolahan makanan, 4). Pengangkutan makanan, 5). Penyajian makanan, 6). Penyimpanan makanan

Prinsip higiene makanan

Higiene makanan adalah salah satu usaha pencegahan yang menitikberatkan pada kegiatan dan tindakan yang perlu untuk membebaskan makanan dan minuman dari segala bahaya yang dapat mengganggu atau merusak kesehatan, mulai dari sebelum makanan diproduksi, selama dalam proses pengolahan, penyimpanan, pengangkutan, sampai pada saat di mana makanan dan minuman tersebut siap untuk dikonsumsi oleh masyarakat atau konsumen (Depkes, 2004). Agar masyarakat atau konsumen dapat terhindar dari berbagai penyakit atau gangguan kesehatan yang disebabkan oleh adanya kontaminasi pada makanan dan minuman, maka tindakan higiene harus dilakukan secara baik dan benar sesuai dengan kaidah-kaidah dan prinsip-prinsip higiene yang ada agar kualitas makanan dan minuman tersebut selalu terjamin setiap saat (Priyani and Budiono, 2018).

13.2.4 Manfaat Higiene

Seperti yang sudah dijelaskan pada penjelasan sebelumnya tentang higiene, dibawah ini merupakan beberapa manfaat higiene secara umum, di antaranya adalah sebagai berikut:

1. Memastikan tempat beraktivitas bersih
2. Menghindarkan individu dari faktor lingkungan yang dapat merusak kesehatan fisik dan mental
3. Mencegah dari kemungkinan penularan penyakit.
4. Mencegah terjadinya kecelakaan kerja

13.2.5 Tindakan Higiene

Tindakan higiene seharusnya dimulai dari diri sendiri. Kebiasaan yang baik dalam menjaga kebersihan serta kesehatan tentu akan memiliki dampak yang

sangat besar serta memiliki peranan yang sangat penting bagi kehidupan. Beberapa tindakan higiene yang dapat dilakukan adalah sebagai berikut: 1) Mencuci tangan hingga bersih tiap kali ingin makan, 2) Mandi serta menggosok gigi secara teratur untuk bisa menjaga kebersihan tubuh, 3) Menjaga kebersihan bahan makanan serta juga makanan yang sudah diolah, 4) Menjaga kebersihan seluruh peralatan memasak serta wadah makanannya.

13.3 Sanitasi

Sanitasi memiliki arti yang hampir mirip dengan higiene, bedanya higiene lebih fokus pada aktivitas manusia sedangkan sanitasi lebih fokus pada lingkungan manusia. Kata Sanitasi itu sendiri berasal dari Bahasa latin yakni sanitas yang artinya sehat (Rauf, 2013). Menurut Kamus Besar Bahasa Indonesia (KBBI) Sanitasi diartikan sebagai 'pemelihara kesehatan' (Wulandari and Wahyuni, 2018). Sanitasi merupakan salah satu usaha untuk mengawasi faktor-faktor yang berasal dari lingkungan fisik yang dapat berpengaruh kepada manusia, terutama hal-hal yang dapat memberikan efek merusak perkembangan fisik, kesehatan dan kelangsungan hidup (WHO, 2005). Sanitasi juga dimaknai sebagai suatu usaha pencegahan penyakit dengan menitikberatkan pada pengawasan faktor lingkungan yang dapat memengaruhi derajat kesehatan individu dengan cara meminimalisir mikroorganisme penyebab penyakit yang terdapat dalam lingkungan. Pelaksanaan sanitasi juga sangat penting dalam menjaga keamanan makanan (Marsanti and Widiarini, 2018).

Sri Rejeki (2015). Ruang lingkup sanitasi meliputi berbagai aspek berikut: 1) Penyediaan air bersih/ air minum "water supply" yang meliputi pengawasan terhadap kualitas dan kuantitas dan pemanfaatannya, 2) Pengolahan sampah "refuse disposal" yang meliputi cara pembuangan sampah, peralatan yang digunakan untuk pembuangan sampah serta cara penggunaannya, 3) Pengolahan makanan dan minuman yang meliputi pengadaan, pengolahan, penyajian dan penyimpanan, 4) Pengawasan/pengendalian serangga dan binatang pengerat "insect and rodent control" ini meliputi cara pengendalian serangga dan hewan pengerat karena Serangga dapat menularkan kuman patogen ke makanan secara mekanis melalui kaki mereka sedangkan hewan pengerat (Tikus) dapat memindahkan penyakit binatang ke manusia melalui kontaminasi makanan, 5) Kesehatan dan keselamatan kerja yang meliputi kegiatan K3 di antaranya adalah ruang kerja, cara kerja dan tenaga kerja/

pekerja. Pengaplikasian sanitasi lebih ditekankan pada tindakan-tindakan yang dirancang untuk mempertahankan lingkungan yang bersih dan sehat (Rauf, 2013).

13.3.1 Jenis Sanitasi

Dalam ilmu terapan sanitasi diartikan sebagai penciptaan dan pemeliharaan kondisi-kondisi higienis dan sehat. Sanitasi merupakan suatu bentuk upaya kesehatan dengan cara memelihara dan melindungi kebersihan lingkungan dari subjeknya.

Sanitasi itu sendiri dikelompokkan menjadi 2 jenis yaitu:

1. Sanitasi peralatan

Sanitasi peralatan sangat penting untuk dilakukan terutama pada peralatan yang mengalami kontak langsung dengan makanan atau minuman. Sanitasi peralatan bertujuan untuk menjamin mutu dan keamanan produk yang dihasilkan (Yulianto, Hadi and Cahyo, 2020).

2. Sanitasi air

Air merupakan faktor yang sangat menentukan kualitas dari makanan atau minuman, karena air digunakan sebagai bahan baku untuk memasak, mencuci bahan-bahan makanan, mencuci alat-alat makanan dan sebagainya. Air yang ideal adalah air yang tidak berwarna (jernih), tidak berasa dan tidak berbau. Selain itu juga tidak mengandung kuman pathogen dan segala makhluk yang membahayakan kesehatan manusia, tidak mengandung zat kimia yang dapat mengganggu fungsi tubuh, dapat diterima secara estetis dan tidak merugikan secara ekonomis (Yulianto, Hadi and Cahyo, 2020).

13.3.2 Kegiatan Sanitasi

Kegiatan sanitasi yang dapat dilakukan misalnya adalah pencucian terhadap wadah dan alat. Tujuan dari pencucian adalah untuk menghilangkan kotoran dari sisa-sisa bahan yang digunakan dan diikuti perlakuan sanitasi dengan menggunakan germisidal. Untuk mempercepat dan mempermudah proses pelepasan kotoran yang menempel pada wadah, dalam proses pencucian dengan menggunakan air biasanya menggunakan detergen. Penggunaan detergen ini memiliki beberapa alasan di antaranya detergen memiliki kemampuan dalam melunakkan dan mengemulsi lemak, melarutkan mineral dan komponen larut lainnya. Dalam pemilihan detergen yang digunakan untuk pencucian alat atau

wadah yang digunakan juga harus hati-hati karena ada beberapa detergen yang memiliki sifat korosif. Detergen juga sebaiknya mudah dicuci atau mudah dibersihkan dari permukaan wadah dan alat (Marsanti and Widiarini, 2018).

Dalam hal keamanan makanan, makanan akan terjamin kualitas, mutu dan keamanannya apabila sanitasi makanan diterapkan dengan baik mulai dari pengadaan, pengolahan, penyajian sampai dengan penyimpanannya. Sanitasi makanan merupakan suatu bentuk kegiatan atau tindakan yang dilakukan untuk membebaskan makanan dan minuman dari kemungkinan bahaya yang dapat mengganggu kesehatan manusia. Tujuan diterapkannya sanitasi makanan yaitu: 1). Menjamin kesehatan dan kebersihan makanan, 2). Mencegah terjadinya penularan penyakit atau wabah penyakit, 3). Mencegah beredarnya produk makanan dan minuman yang dapat merugikan masyarakat atau konsumen, 4). Mengurangi tingkat kerusakan atau pembusukan pada makanan, 5). Melindungi konsumen dari kemungkinan penyakit yang disebabkan oleh perantara makanan (Marsanti and Widiarini, 2018).

13.4 Higiene dan Sanitasi

Ditinjau dari ilmu kesehatan lingkungan, higiene dan sanitasi memiliki hubungan yang erat dan tidak dapat dipisahkan antara satu dengan yang lainnya yaitu tujuan untuk melindungi, memelihara dan mempertinggi derajat kesehatan manusia (individu atau masyarakat). Namun dalam hal penerapannya, higiene dengan sanitasi memiliki perbedaan. Higiene lebih cenderung kepada objek “aktivitas manusia” (individu atau kelompok) seperti mencuci tangan, mandi, memasak air/makanan dan proses pengolahan produk lainnya. Sedangkan sanitasi lebih mengarah pada faktor “lingkungan” yang ada disekitar objek “manusia”. Keegiatannya seperti menjaga kebersihan ruangan, pengelolaan sampah, penanganan penyebab vektor penyebab penyakit dan lain sebagainya (Marsanti and Widiarini, 2018).

Kurang terjaganya higiene dan sanitasi akan mempermudah pertumbuhan mikroorganisme pathogen yang dapat mengancam kesehatan (Sumbogo, Lensun and Manurung, 2014). Dalam penerapannya, apabila higiene seseorang baik akan tetapi sanitasinya tidak maksimal maka risiko terjadinya penyakit atau efek lainnya masih cukup tinggi, sebagai contoh jika seseorang melakukan cuci tangan sebelum dan sesudah makan, akan tetapi air yang tersedia tidak memadai maka cuci tangan yang dilakukan menjadi tidak sempurna (Depkes, 2004).

Air memiliki peranan yang sangat penting dalam kehidupan, air tidak hanya untuk dikonsumsi dan untuk pengolahan makanan saja akan tetapi air juga dibutuhkan dalam upaya menjaga hygiene dan sanitasi. Untuk itu air harus memiliki mutu yang baik. Secara garis besar terdapat tiga kriteria utama mutu air yang harus diperhatikan, yaitu: pertama kriteria fisik, kedua kriteria kimia, dan terakhir kriteria mikrobiologi (Purnawijayanti, 2001).

1) Persyaratan Fisika

Faktor fisik (fisika) merupakan salah satu indikator dalam pengukuran kualitas air. Air yang baik harus memenuhi standar uji fisik yang meliputi: bau, rasa, warna, suhu, jumlah zat padat terlarut dan derajat kekeruhan.

a. Bau

Air dikatakan baik apabila air tersebut tidak berbau. Untuk mengetahui apakah air yang digunakan berbau atau tidak, dapat digunakan indra penciuman untuk mendeteksinya. Air yang memiliki bau busuk menunjukkan bahwa air tersebut tidak sehat dan tidak layak untuk digunakan. Adanya bau busuk merupakan sebuah indikasi adanya proses pembusukan bahan-bahan organik oleh mikroorganisme. Selain itu bau juga dapat disebabkan oleh adanya kandungan mineral ataupun zat-zat kimia lain yang terkandung di dalam air (Effendi, 2003).

b. Warna

Warna adalah kesan yang ditangkap oleh mata dari cahaya yang dipantulkan. Adanya warna pada air disebabkan oleh adanya bahan kimia atau mikroorganisme (plangton) yang terlarut di dalam air. berdasarkan indikator warna, Air yang baik adalah air yang tidak memiliki warna (jernih) dan tidak mengandung zat-zat kimia berbahaya yang dapat memicu adanya perubahan warna pada air (Awaluddin, 2007).

c. Rasa

Untuk mengetahui adanya rasa pada air dapat dilakukan uji organoleptik dengan menggunakan indra pengecap. Air yang bagus rasanya tawar (tidak ada rasa). Biasanya, antara bau dan rasa air memiliki hubungan yang erat, air yang berbau busuk tentunya memiliki rasa yang tidak enak dan bahkan seseorang cenderung tidak mau mencicipi atau menggunakannya. Adanya rasa pada air sangat dipengaruhi oleh zat-zat yang terkandung di dalamnya (Effendi, 2003).

- d. Suhu
Air yang baik mempunyai temperatur normal, 8° C dari suhu kamar (27°C). Suhu air yang melebihi batas normal menunjukkan indikasi adanya bahan kimia terlarut di dalamnya (misalnya, fenol atau belerang) atau sedang terjadi proses dekomposisi bahan organik oleh mikroorganisme. Jadi, apabila kondisi air seperti itu sebaiknya tidak digunakan.
 - e. Jumlah zat padat terlarut
Perlu diperhatikan, air yang baik dan layak untuk diminum tidak mengandung padatan terlarut dalam jumlah yang melebihi batas maksimal yang diperbolehkan (1000 mg/L). Padatan yang terlarut di dalam air berupa bahan-bahan kimia anorganik dan gas. Air yang mengandung jumlah padatan melebihi batas jika dikonsumsi dapat menyebabkan rasa yang tidak enak, menyebabkan mual, penyebab serangan jantung (cardiacdisease), dan tixaemia pada wanita hamil (Effendi, 2003).
 - f. Derajat kekeruhan
Air yang berkualitas akan memiliki warna yang jernih (bening) dan tidak keruh. Kekeruhan pada air dapat disebabkan oleh adanya partikel-partikel yang tersuspensi di dalam air sehingga menyebabkan air terlihat keruh, kotor, bahkan berlumpur. Bahan-bahan yang menyebabkan air keruh antara lain tanah liat, pasir, dan lumpur. Air keruh bukan berarti tidak dapat digunakan atau berbahaya bagi kesehatan. Namun, dari segi estetika, air keruh tidak layak atau tidak wajar untuk digunakan (Awaluddin, 2007).
- 2) Persyaratan Kimia
- Standar baku kimia air layak pakai meliputi batasan derajat keasaman (pH), tingkat kesadahan dan kandungan bahan kimia organik maupun anorganik pada air.
- a. Derajat Keasaman (pH)
pH menunjukkan derajat keasaman suatu larutan. Air yang baik adalah air yang bersifat netral (pH = 7). Air dengan pH kurang dari 7 dikatakan air bersifat asam, sedangkan air dengan pH di atas 7 bersifat basa. Tinggi rendahnya pH air dapat memengaruhi rasa air. Air dengan kadar pH kurang dari 7 akan terasa asam di lidah dan terasa pahit apabila pH melebihi 7.

b. Kandungan Bahan Kimia Organik

Air yang baik memiliki kandungan bahan kimia organik dalam jumlah yang tidak melebihi batas yang ditetapkan. Bahan kimia organik yang melebihi ambang batas akan bersifat meracuni dan sangat berbahaya jika tetap digunakan. Bahan kimia organik tersebut antara lain NH_4 , H_2S , SO_4^{2-} , dan NO_3 .

c. Kandungan Bahan Kimia Anorganik

Kandungan bahan kimia anorganik di dalam air layak pakai sebaiknya tidak melebihi jumlah yang telah ditentukan karena jika jumlahnya kurang atau bahkan berlebih tentunya akan memengaruhi kualitas air. Bahan - bahan kimia anorganik yang dimaksud yaitu garam dan ion - ion logam (Fe, Al, Cr, Mg, Ca, Cl, K, Pb, Hg, Zn).

d. Tingkat Kesadahan

Kesadahan air disebabkan adanya kation (ion positif) logam dengan valensi dua, seperti Ca^{2+} , Mn^{2+} , Sr^{2+} , Fe^{2+} , dan Mg^{2+} . Secara umum, kation yang sering menyebabkan air sadah adalah kation Ca^{2+} dan Mg^{2+} . Kation ini dapat membentuk kerak apabila bereaksi dengan air sabun. Sebenarnya, tidak ada pengaruh derajat kesadahan bagi kesehatan tubuh. Namun, kesadahan air dapat menyebabkan sabun atau deterjen tidak bekerja dengan baik (tidak berbusa). (Effendi, 2003).

3) Persyaratan Biologi

Faktor biologi merupakan salah satu indikator dalam pengukuran atau penilaian terhadap kualitas air. dalam tindakan hygiene dan sanitasi air memiliki peran yang sangat penting untuk itu air sebaiknya tidak mengandung mikroorganisme yang dapat mengancam kesehatan manusia atau dapat menimbulkan bau dan rasa yang tidak enak (Awaluddin, 2007). Salah satu mikroorganisme yang dijadikan indikator kualitas air adalah bakteri koliform dan E. coli. Bakteri E. Coli merupakan bakteri yang paling banyak digunakan untuk indikator sanitasi karena bakteri ini adalah bakteri komensial pada usus manusia. Keberadaan E. coli dalam air dianggap memiliki korelasi tinggi dengan ditemukannya patogen (BPOM, 2008).

Daftar Pustaka

- Abulude, F. O. (2016) "Particulate Matter: An Approach To Air Pollution", Switzerland: Preprints.
- ACGIH (2015) TLVs and BEIs Based on the Documentation of the Threshold Limit Values. Available at: www.acgih.org.
- Adnani, H. (2011) Buku Ajar: Ilmu Kesehatan Masyarakat. Yogyakarta: Nuha Medika.
- Adyatma, S. and Kartika, N. Y. (2013) "Dampak Pencemaran Lingkungan terhadap Kesehatan", Iramartas Jurnal Ilmu Sosial dan Pendidikan, 15(1).
- Ainuddin and Widyawati (2017) "Studi Pencemaran Logam Berat Merkuri (Hg) di Perairan Sungai Tabobo Kecamatan Malifut Kabupaten Halmahera Utara", Jurnal Ecosystem, 17(1).
- Alamsyah, D. and Muliawati, R. (2013) Pilar Dasar Ilmu Kesehatan Masyarakat. Yogyakarta: Nuha Medika.
- Alaydrus, H. (2018) 'Bappenas Siapkan 7 program Unggulan Sumber Daya Air', p. <https://ekonomi.bisnis.com/read/20181123/9/862600/>.
- American Institute for Cancer Research. (1996) "Food, Nutrition and Prevention of Cancer: A Global Perspective," Washington, DC: USA.
- Anderson, C. A. M. et al. (2019). 'Innovation to Create a Healthy and Sustainable Food System: A Science Advisory from the American Heart Association', *Circulation*, 139(23), pp. e1025–e1032. doi: 10.1161/CIR.0000000000000686.
- Andriani, meriana, bambang wirjatmadi.(2012) Pengantar gizi masyarakat; Kencana

- Anjelita, M., Windarto, A. P. and Hartama, D. (2019) "Pemanfaatan Datamining Pada Pengelompokan Provinsi Terhadap Pencemaran Lingkungan Hidup", KOMIK (Konferensi Nasional Teknologi Informasi dan Komputer), 3(1), hal. 659–666.
- Ansari, Z., Carson, N.J., Acland, M.J., Vaughan, L., Serraglio, A. (2003) “ A Public Health Model of The Social Determinants of Health,” *Sozial und Praventivmedizin*, 48 (24), 242-251.
- Arianto, E. et al. (2016) ‘Sistem Pengelolaan Air Limbah Domestik - Setempat Tangki Septik Dengan UP-FLOW Filter’, *Sistem Pengelolaan Air Limbah Domestik*, p. 58.
- Arumningtyas, L. (2020) ‘Polusi Udara, Pembunuh Senyap di Jabodetabek’, *Mongabay.Co.Id*. Available at: <https://www.mongabay.co.id/2020/04/25/polusi-udara-pembunuh-senyap-di-jabodetabek/>.
- Asdak, C. (2010) *Hidrologi Dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Asimov, I. and Dobzhansky, T. (2017) *The Genetic Effects of Radiation*.
- Astuti, A., & Purnama, S. . (2014). *Kajian Pengelolaan Limbah Di Rumah Sakit Umum Provinsi Nusa Tenggara Barat (Ntb)*. *Community Health*, 2(1), 12–20.
- Awaluddin, N. (2007) *Teknologi Pengolahan Air Tanah Sebagai Sumber Air Minum Pada Skala Rumah Tangga*. Available at: <https://dokumen.tips/documents/awaluddin-in-teknologi-air-minum-pam-ftsp-uu11-56574330ed308.html>.
- Badan Pengawas Obat dan Makanan Republik Indonesia (2013) *Peraturan Kepala Badan Pengawas Obat Dan Makanan Republik Indonesia Nomor 36 Tahun 2013 Tentang Batas Maksimum Penggunaan Bahan Tambahan Pangan Pengawet*. Jakarta: Badan Pengawas Obat dan Makanan Republik Indonesia.
- Badan Pengembangan Sumber Daya Manusia Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat (2015) ‘Modul 10: Prasarana Air Baku Air Minum Sumber Air Mata Air’, in, pp. 1–20. Available at: https://simantu.pu.go.id/epel/edok/016e2_Modul_10_Perencanaan_Air_Baku_dari_Air_Hujan.pdf.

- Badan, K. and Tenaga, P. (2011) KESELAMATAN RADIASI DALAM PENGGUNAAN PESAWAT SINAR-X RADIOLOGI DIAGNOSTIK DAN INTERVENSIONAL.
- Bandunggawa, P., Sandi, I. and Merta, I. (2009) 'Bahaya radiasi dan cara proteksinya', *Medicina*, 40, pp. 47–51.
- Blum, H.L. (1981) "Planning for Health 2nd Edition", New York: Human Sciences.
- Bona, M. F. (2021) Indonesia Tengah Alami Masalah Kelangkaan Air Bersih. Available at: <https://www.beritasatu.com/nasional/765397/indonesia-tengah-alami-masalah-kelangkaan-air-bersih>.
- BPOM (2008) 'Pengujian Mikrobiologi Pangan', *InfoBPOM*, 9.
- BPS, B. P. S. (2017) "Statistik Lingkungan Hidup Indonesia 2017". Jakarta: Badan Pusat Statistik.
- BPS, B. P. S. (2020) "Statistik Lingkungan Hidup Indonesia: Air dan Lingkungan". Jakarta: Badan Pusat Statistik.
- Budiarto, Eka, dkk. (2001) "Pengantar Epidemiologi Edisi 2," Jakarta: EGC.
- Chandra, B. (2012) Pengantar Kesehatan Lingkungan. Jakarta: EGC.
- Construction Safety Council (2012) Health Hazards in Construction. Available at: www.buildsafe.org.
- Dahlgren, G., Whitehead, M. (2006) "European Strategies for Tackling Social Inequities in Health: Concepts and Principles for Tackling Social Inequities in Health: Levelling Up (part 2)," Denmark: World Health Organization: Studies on Social and Economic Determinants of Population Health no.3.
- Davis, D.L., Webster, P.S. (2002) "The Social Context of Science: Cancer and The Environment," *The Annals of The American Academy of Political and Social Science*, 584, 13-34
- de Ridder, D. et al. (2017) 'Healthy diet: Health impact, prevalence, correlates, and interventions', *Psychology and Health*, 32(8), pp. 907–941. doi: 10.1080/08870446.2017.1316849.

- Demiroz, F., & Haase, T. W. (2019). The concept of resilience: a bibliometric analysis of the emergency and disaster management literature. *Local government studies*, 45(3), 308-327.
- Depkes (2004) *Higiene Sanitasi Makanan dan Minuman*. Jakarta: Departemen Kesehatan Republik Indonesia.
- DEPKES RI, 2004. *Modul Kursus Hygiene dan Sanitasi Makanan*. Sub Direktorat Hygiene Sanitasi Makanan dan Minuman Direktorat Penyehatan Air dan Sanitasi. Jakarta
- Dewata, I. and Danhas, Y. H. (2018) "Pencemaran Lingkungan". Depok: Rajawali Press.
- Direktorat Sanitasi (2020) *Limbah Rumah Tangga dalam Lingkungan Permukiman*, Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat. Available at: <http://plpbm.pu.go.id/v2/posts/Limbah-Rumah-Tangga-dalam-Lingkungan-Permukiman>.
- Effendi, H. (2003) *Telaah Kualitas Air Bagi Pengelolaan Sumber Daya dan Lingkungan Perairan*. Yogyakarta: Kanisius.
- EHS (2002) "Toxicology and Exposure Guidelines". Nebraska: UNL Environmental Health and Safety.
- Elisiya, V. (2018) 'Air dan Sanitasi_Di mana Posisi Indonesia.pdf', in, pp. 158–179.
- Fadli, A. (2021) 'Indonesia Krisis Air, Tingkat Ketersediaan Terendah di Asia Tenggara', p. Kompas.com.
- FAO, WHO, 2001. *Code of Hygienic Practice for The Preparation and Sale of Street Foods*.
- Han, S.-K. (2016) *Innovation and Advances in Wound Healing*. New York: Spinger-Verlag Berlin Heidelberg.
- Heikkinen, T. et al. (2016) 'Water Quality (/ water / water- quality)', *Handbook of hydrology*, (Rosborg 2015), pp. 1–5.
- Hendra, L. dkk (2015) *Modul Praktikum Teknik Penyediaan Air Bersih*, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Brawijaya.

- Hunter, D. J. (2011) "Environmental Pollution and Human Health: Estimation and Action, From Local to Global and Back", *Journal of Health and Pollution*, 1(1), hal. 2–4.
- Hunter, N. D. (2017). *The Law of emergencies: Public health and disaster management*: Butterworth-Heinemann.
- IFMSA (2016) *Environment and health.*, International Federation of Medical Students Associations. Available at: http://ifmsa.org/wp-content/uploads/2016/02/IFMSA_Program_Environment-and-Health-1.pdf.
- Indonesia, R. (2007). *Undang-Undang RI No. 24 Tahun 2007 tentang Penanggulangan Bencana*. Jakarta: Republik Indonesia.
- Institute of Medicine. (2008). *Vector-Borne Diseases: Understanding The Environmental, Human Health, and Ecological Connections*. Washington, DC: The National Academies Press.
- Irwan (2017) "Epidemiologi Penyakit Menular". Bantul: CV. Absolute Media.
- Ismah, Z. (2018) "Dasar Epidemiologi," Sumatera Utara: Fakultas Kesehatan Masyarakat, Universitas Negeri Medan.
- Isro'in, L. and Andarmoyo, S. (2012) *Personal Higiene*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Jenderal, D., Sampah, P., B, L. D. A. N., Penilaian, D., Limbah, K., Non, L., ... Limbah, P. (2021). *Kebijakan Dan Upaya Peningkatan Pengelolaan Limbah Bahan B3 Medis Di Indonesia* Sinta Saptarina Soemiarno.
- Jogjakarta (2019) 'Naskah Akademik Sumber Daya Alam'.
- Kadhim, N. F. (2020) *Sources of Radiation in the Environment*.
- Kalangi, S. J. R. (2014) 'Histofisiologi Kulit', *Jurnal Biomedik (Jbm)*, 5(3), pp. 12–20. doi: 10.35790/jbm.5.3.2013.4344.
- Kasiati and Rosmalawati, N. W. D. (2016) *Kebutuhan Dasar Manusia I*. Jakarta: Pusat Pendidikan Sumber Daya Manusia Kesehatan, Kementerian Kesehatan Republik Indonesia.
- Kelishadi, R. (2012) "Environmental pollution: Health effects and operational implications for pollutants removal", *Journal of Environmental and Public Health*, 2012(2), hal. 2012–2014.

- Kemendes RI (2020) 'Panduan Cuci Tangan Pakai Sabun', p. 20. Available at: https://kesmas.kemkes.go.id/assets/upload/dir_519d41d8cd98f00/files/Panduan_CTPS2020_1636.pdf.
- Kementerian Kesehatan Republik Indonesia. Keputusan Menteri Kesehatan No. 1204 Tahun 2004 - Persyaratan Kesehatan Lingkungan Rumah Sakit (2004).
- Kementerian Koordinator Bidang Pembangunan Manusia dan Kebudayaan Republik Indonesia (2021) Ketersediaan Air Bersih Mampu Cegah Stunting. Available at: [https://www.kemendikbud.go.id/sites/default/files/artikel/2021-03/Ketersediaan Air Bersih Mampu Cegah Stunting.pdf](https://www.kemendikbud.go.id/sites/default/files/artikel/2021-03/Ketersediaan_Air_Bersih_Mampu_Cegah_Stunting.pdf).
- Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia. (2020). Surat Edaran Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Nomor: SE.2/MENLHK/PSLB3/PLB.3/3/2020 Tahun 2020 tentang Pengelolaan Limbah Infeksius (Limbah B3) dan Sampah Rumah Tangga dari Penanganan Corona Virus Disease (COVID-19) ("SE MENLHK 2/2020").
- Kementerian Lingkungan Hidup. (2014). Pedoman Kriteria Teknologi Pengelolaan Limbah Medis Ramah Lingkungan. Kesehatan.
- Kesling, D. (2020). Pedoman Pengelolaan Limbah Rumah Sakit Rujukan, Rumah Sakit Darurat dan Puskesmas yang Menangani Pasien Covid-19. *Gemas*, 3–11.
- Knowlton, K. (2019) 'Globalization and Environmental Health', in Nriagu, J. (ed.) *Encyclopedia of Environmental Health (Second Edition)*. Second Edition. Oxford: Elsevier, pp. 325–330. doi: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-409548-9.11705-1>.
- Koren, Herman and Bisesi, Michael. (2002). *Handbook of Environmental Health*. Florida: CRC Press LLC.
- Kristanto, P. (2013) *Ekologi Industri*. Edisi Kedua. Edited by F. S. Suryanto. Yogyakarta: C.V ANDI OFFSET (Penerbit ANDI).
- Larsson, M. (2009) "Legal Definitions of the Environment and of Environmental Damage", *Stockholm Institute for Scandinavian Law*, (October), hal. 156–176.
- Limbah, P. P. A. et al. (2011) 'Prinsip-prinsip pengolahan air limbah', pp. 1–14.

- López-Carresi, A., Fordham, M., Wisner, B., Kelman, I., & Gaillard, J. (2013). *Disaster management: International lessons in risk reduction, response and recovery*: Routledge.
- Lukman, denny w (2008) Definisi Higiene, Sanitasi, dan Higiene Pangan. Available at: <http://higiene-pangan.blogspot.com/2008/10/definisi-higiene-sanitasi-dan-higiene.html>.
- Macfarlane, G.J., Lowenfels, A.B. (1994) "Physical Activity and Colon Cancer," *European Journal of Cancer Prevention*, 3(5), 393-398.
- Malilay, J., Heumann, M., Perrotta, D., Wolkin, A. F., Schnall, A. H., Podgornik, M. N., . . . Roisman, R. (2014). The role of applied epidemiology methods in the disaster management cycle. *American journal of public health*, 104(11), 2092-2102.
- Manisalidis, I. et al. (2020) "Environmental and Health Impacts of Air Pollution: A Review", *Frontiers in Public Health*, 8(February), hal. 1–13.
- Marganingrum, D. et al. (2013) "Diferensiasi Sumber Pencemar Sungai Menggunakan Pendekatan Metode Indeks Pencemaran (IP) (Studi Kasus: Hulu DAS Citarum)", *Jurnal Riset Geologi dan Pertambangan*, 23(1), hal. 41.
- Marlinae, L. et al. (2019) "Buku Ajar Dasar-Dasar Kesehatan Lingkungan, Fakultas Kedokteran Universitas Lambung Mangkurat Banjarbaru". Banjarbaru: Fakultas Kedokteran Universitas Lambung Mangkurat.
- Marsanti, A. S. and Widiarini, R. (2018) *Buku Ajar Higiene Sanitasi Makanan*. Ponorogo: Uwais Inspirasi Indonesia.
- MENKES (2002) *Persyaratan Kesehatan Lingkungan Kerja Perkantoran Dan Industri Menteri*.
- Menteri Kesehatan RI (1990) *PERATURAN MENTERI KESEHATAN Nomor : 416 / MEN . KES / PER / IX / 1990 Tentang Syarat-syarat Dan Pengawasan Kualitas Air Bersih*.
- Moelyaningrum, A. D. (2019) *Sanitasi dalam Ketahanan Pangan dan Penyakit Tular Makanan*. Available at: <https://radarjember.jawapos.com/16/10/2019/sanitasi-dalam-ketahanan-pangan-dan-penyakit-tular-makanan/>.

- Montresor A., Nesheim M.C., Savioli L. (2003). *Controlling Disease Due to Helminth Infections*. WHO.
- Muchthadi, Deddy.(2009). *Gizi Anti Penuaan Dini: Alfabeta Bandung*
- Muhammad Ikhtiar. (2017). *Pengantar Kesehatan Lingkungan*. Makassar: CV Social Politic Genius (SIGn).
- Mukherjee, A. and Agrawal, M. (2017) "World air particulate matter: sources, distribution and health effects", *Environmental Chemistry Letters*, 15(2), hal. 283–309.
- Muslimah, M. muslimah (2015) "Dampak Pencemaran Tanah Dan Langkah Pencegahan", *Jurnal Penelitian Agrisamudra*, 2(1), hal. 11–20.
- Nadeak, E. M. (2017) *Pemeriksaan Kualitas Limbah Cair Sebelum Dan Sesudah Pengolahan Air Limbah Pada Limbah Cair Rumah Sakit Umum Pusat H. Adam Malik*.
- NEHA (2021) *Definitions of Environmental Health*, National Environmental Health Association. Available at: <https://www.neha.org/about-neha/definitions-environmental-health>.
- Ningrum, S. O. (2018) 'Analisis Kualitas Badan Air Dan Kualitas Air Sumur Di Sekitar Pabrik Gula Rejo Agung Baru Kota Madiun', *Jurnal Kesehatan Lingkungan*, 10(1), pp. 1–12.
- Oktarina, D. and Haki, H. (2013a) 'Perencanaan Instalasi Pengolahan Lumpur Tinja Sistem Kolam Kota Palembang (Studi Kasus: IPLT Sukawinatan)', *Jurnal Teknik Sipil dan Lingkungan*, 1(1), pp. 74–75.
- Oktarina, D. and Haki, H. (2013b) 'Sistem Kolam Kota Palembang (Studi Kasus : IPLT Sukawinatan)', *Jurnal Teknik Sipil dan Lingkungan*, 1(1), pp. 74–79.
- Okuyama, Y., & Santos, J. R. (2014). *Disaster impact and input–output analysis*. *Economic Systems Research*, 26(1), 1-12.
- Palaniappan Meena, et. a. (2010) *Clearing The Waters, A Focus On water Quality Solutions*, Nursing times. Pacific Institute.
- Paolo F. Ricci. (2006). *Environmental and Health Risk Assessment and Management*. San Francisco-California, USA: Springer.

- Pathirage, C., Seneviratne, K., Amaratunga, D., & Haigh, R. (2012). Managing disaster knowledge: identification of knowledge factors and challenges. *International Journal of Disaster Resilience in the Built Environment*.
- Pemerintah Republik Indonesia (2009) "Undang Undang Nomor 32 Tahun 2009 Tentang Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup". Jakarta: Kementrian Lingkungan Hidup dan Kehutanan.
- Pemerintah, P. Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 101 Tahun 2014 tentang Pengelolaan Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun (2014). <https://doi.org/10.1038/132817a0>
- Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan. Tata Cara dan Persyaratan Teknis Pengelolaan Limbah B3 dari Fasilitas Pelayanan Kesehatan (2015).
- Permenakertrans (2011) Peraturan Menteri Tenaga Kerja dan Transmigrasi Nomor Per.13/Men/X/2011 Tentang Nilai Ambang Batas Faktor Fisika dan Faktor Kimia di Tempat Kerja Tahun 2011, Peraturan Menteri Tenaga Kerja Dan Transmigrasi.
- PERMENKES (2016) Standar Dan Persyaratan Kesehatan Lingkungan Kerja Industri.
- Perry, R. W. (2018). Defining disaster: An evolving concept *Handbook of disaster research* (pp. 3-22): Springer.
- Pertiwi V, Joko T, D. H. (2017). Evaluasi Pengelolaan Limbah Bahan Berbahaya Dan Beracun (B3) Di Rumah Sakit Roemani Muhammadiyah Semarang. *Jurnal Kesehatan Masyarakat (E-Journal)*, 5(3), 420–430.
- Pinatih, G. N. I. (2020) 'Healthy food to support healthy life', *Bali Medical Journal*, 9(1), pp. 380–385. doi: 10.15562/bmj.v9i1.1794.
- Pincus, T., Esther, R., DeWalt, D.A., Callahan, L.F. (1998) "Social Conditions and Self-management are More Powerful Determinants of Health Than Access to Care," *Annals of Internal Medicine*, 129(5), 406-411.
- Pitriani, Herawanto. (2019). *Epidemiologi Kesehatan Lingkungan*. Makassar: Penerbit Nas Media Pustaka.
- Pitriani, Kiki Sanjaya. (2020). *Dasar Kesehatan Lingkungan*. Makassar: Penerbit Nas Media Pustaka.

- PP Republik Indonesia NO 33 TAHUN (2007) KESELAMATAN RADIASI PENGION DAN KEMANAN SUMBER RADIOAKTIF.
- Prabu. 2008. Higiene dan Sanitasi Makanan. <http://gmpg.org>. Jakarta. Diakses Tanggal 13 Mei 2021.
- Priyani, A. and Budiono, Z. (2018) 'Studi Hygiene Sanitasi Pengelolaan Makanan dan Minuman Di RSUD Banyumas Kabupaten Banyumas Tahun 2017', *Buletin Keslingmas*, 37(3), pp. 316–322. doi: 10.31983/keslingmas.v37i3.3881.
- Pruss-Ustun, A. and Corvalan, C. (2006) 'Preventing disease through healthy environments: towards an estimate of the environmental burden of disease', World Health Organization.
- Prüss-Ustün, A. et al. (2016) Preventing disease through healthy environments: A global assessment of the burden of disease from environmental risk, World Health Organization.
- Pudjirahayu, A. (2017) Pengawasan Mutu Pangan. Jakarta: Pusat Pendidikan Sumber Daya Manusia Kesehatan.
- Purnama, S. G. (2017) Dasar-Dasar Kesehatan Lingkungan, Program Studi Kesehatan Masyarakat, Fakultas Kedokteran, Universitas Udayana.,
- Purnama, S.G. (2017) "Dasar-Dasar Kesehatan Lingkungan", Bali: Fakultas Kedokteran, Universitas Udayana.
- Purnawijayanti (2001) Standar Hygiene dan sanitasi dalam proses memasak. yogyakarta: Andi Offset.
- Purwanti, A. A. (2018). Pengelolaan Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun Rumah Sakit Di RSUD Dr.Soetomo Surabaya. *Jurnal Kesehatan Lingkungan*, 10 , No.3, 291–298.
- Pusparini Dian, Artiani Anis, S. H. (2018). Pengelolaan Limbah Padat B3 di Rumah Sakit dr. Saiful Anwar Malang. *Jurnal Envirotek*, 10(2), 34–42. <https://doi.org/10.33005/envirotek.v10i2.1232>
- Rachmawan, O. (2001) 'Dasar Pengolahan Limbah Secara Fisik'.
- Rauf, R. (2013) Sanitasi Pangan dan HACCP. yogyakarta: Graha Ilmu.
- Rezkisari, I. (2020) Polusi Jakarta dan Tingginya Kegagalan Fungsi Paru Warganya. Available at:

- <https://nasional.republika.co.id/berita/q51433328/polusi-jakarta-dan-tingginya-kegagalan-fungsi-paru-warganya>.
- Rich, S. E. and Dharmarajan, K. V. (2018) Introduction to radiation therapy, Essentials of Interventional Cancer Pain Management. doi: 10.1007/978-3-319-99684-4_36.
- Ricki M. (2005). Kesehatan Lingkungan. Yogyakarta: Penerbit Graha Ilmu.
- Rosita, R. et al. (2000) 'Pedoman Penatalaksanaan Pengelolaan Limbah Padat dan Cair di Rumah Sakit', Jakarta, pp. 1–125.
- S, L. H. (2019) 'Environmental Health and Sanitation', International Journal of Trend in Scientific Research and Development, Volume-3(Issue-3), pp. 912–915. doi: 10.31142/ijtsrd23107.
- Sachoeamar, S. I. and Wahjono, H. D. (2018) "Kondisi Pencemaran Lingkungan Perairan Di Teluk Jakarta", Jurnal Air Indonesia, 3(1), hal. 1–14.
- Said, N. I. and Ruliasih, R. (2008) 'Pengolahan Air Sungai Skala Rumah Tangga Secara Kontinyu', Teknologi Pengelolaan Air Minum 'Teori dan Pengalaman Praktis', pp. 284–305.
- Salam, S. H. (2013). Gambaran Pengelolaan Limbah Medis Padat di RS Dr. Tadjuddin Chalid Makassar. UIN ALauddin Makasaar. Retrieved from <http://ir.obihiro.ac.jp/dspace/handle/10322/3933>
- Sari, M. A. P. (2019) "Identifikasi Bakteri Coliform Dan Escherichia Coli Pada Depot Air Minum Isi Ulang Di Kota Bandar Lampung (Skripsi)", Fakultas Kedokteran, 53(9), hal. 1689–1699.
- Schutte, F. (2013) Handbook For The Operation Of Water Treatment Works, Journal of Chemical Information and Modeling.
- Setiawan, A. et al. (2010) 'PEMANTAUAN LINGKUNGAN UNTUK KESELAMATAN RADIASI PUBLIK DI INDONESIA Setiap orang yang tinggal di dunia dari sumber radiasi alamiah maupun sumber radiasi buatan . Radiasi yang dimaksud adalah adalah manusia maka radiasi dapat pada tersebut menumbuk suatu b', in Seminar Nasional Keselamatan Kesehatan dan Lingkungan VI, pp. 15–16.
- Shaw, R., Shiwaku, K., & Takeuchi, Y. (2011). Disaster education: Emerald Group Publishing.

- Sjarief, R. and Kimpraswil, L. (2002) 'Pengelolaan sumber daya air', (1), pp. 64–77.
- Slezakova, K., Morais, S. and Carmo pereira, M. (2016) 'Atmospheric Nanoparticles and Their Impacts on Public Health', in Intech, p. 13. Available at: <https://www.intechopen.com/books/advanced-biometric-technologies/liveness-detection-in-biometrics>.
- Soemirat, J. (2010). Epidemiologi Lingkungan. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Soemirat, J. (2011) Kesehatan Lingkungan. Edisi Revi. Yogyakarta: Gajah Mada University Press.
- Soerjani, M., Ahmad, R. and Munir, R. (2008) Lingkungan : Sumberdaya Alam dan Kependudukan dalam Pembangunan. Jakarta: UI-Press.
- Sri Rejeki (2015) Sanitasi Hygiene dan K3. Bandung: Rekayasa Sains.
- Streeth and Southgate (1986) 'Pengantar Kesehatan Individu', in. Jakarta: Rajawali Press.
- Sujarwo, Widyaningsih and Trisanti (2014) "Pengelolaan Sampah Organik & Anorganik, Sampah organik & anorganik". Yogyakarta: Universitas Negeri Yogyakarta.
- Sumampouw, O.J. (2017) "Program Pemberantasan Penyakit Menular," Manado: Fakultas Kesehatan Masyarakat, Universitas Sam Ratulangi.
- Sumantri, A. (2015) Kesehatan Lingkungan. Edisi Keti. Jakarta: Kencana Prenada Media Group.
- Sumartiningtyas, H. K. N. (2020) 'Indonesia Hasilkan 64 Juta Ton Sampah, Bisakah Kapasitas Pengelolaan Tercapai Tahun 2025?', Kompas.Com. Available at: <https://www.kompas.com/sains/read/2020/12/18/070200023/indonesia-hasilkan-64-juta-ton-sampah-bisakah-kapasitas-pengelolaan?page=all>.
- Sumbogo, T. A., Lensun, R. aquino and Manurung, G. (2014) Air Bersih dan Sanitasi. Jakarta: Amerta Publishing.
- Sunarsih, E. (2014) 'Konsep Pengolahan Limbah Rumah Tangga Dalam Upaya Pencegahan Pencemaran Lingkungan', Ilmu Kesehatan Masyarakat, 5(November), pp. 162–167. Available at:

- file:///C:/Users/PENA/Documents/57961-ID-concept-of-household-waste-in-enviromen.pdf.
- Supriyono, P. et al. (2018) 'Keamanan Peralatan Radiasi Pengion Dikaitkan Dengan Perlindungan Hukum Bagi Tenaga Kesehatan Di Bidang Radiologi Diagnostik', *Soepra*, 3(1), p. 102. doi: 10.24167/shk.v3i1.702.
- Susanto, A. D. (2020) "Air pollution and human health", *Medical Journal of Indonesia*, 29(1), hal. 8–10.
- Susanto, M. Y. J. P. dan A. (2017) 'Pengantar Pengelolaan Sumber Daya Air', *Modul Pengelolaan Sumberdaya Air*, 1(1), pp. 1–51. Available at: <http://repository.ut.ac.id/4313/1/PWKL4221-M1.pdf>.
- Sutikno, S. (2017) 'Pengelolaan Sumberdaya Air Terpadu (Integrated Water Resources Management, IWRM)', *Jurnal Mesa*, 1(1), pp. 9–9. Available at: <http://ejournal.unsub.ac.id/index.php/FTK/article/view/122>.
- Suyasa, W. B. (2015) 'Pencemaran Air dan Pengolahan Air Limbah', Udayana University Press, pp. 24–26.
- Tawfiq, E., Bradbury, K. E. and Ni Mhurchu, C. (2021) 'Healthiness of foods and non-alcoholic beverages according to store type: A population-based study of household food and drink purchases in New Zealand', *SSM - Population Health*, 14, p. 100784. doi: 10.1016/j.ssmph.2021.100784.
- The Lancet Child & Adolescent Health (2017) 'Pollution: think of the children', *The Lancet Child and Adolescent Health*. Elsevier Ltd, 1(4), p. 249. doi: 10.1016/S2352-4642(17)30133-5.
- Tri Nurwahyuni, N., Fitria, L., Umboh, O., & Katiandagho, D. (2020). *Pengolahan Limbah Medis COVID-19 Pada Rumah Sakit*. *Jurnal Kesehatan Lingkungan*, 10(2), 52–59. <https://doi.org/10.47718/jkl.v10i2.1162>
- Triwibowo, C. and Pusphandani, M. E. (2013) *Kesehatan Lingkungan dan K3*. Yogyakarta: Nuha Medika.
- Tyree, E. B. (2020) *World Water Day: Water, Sanitation and Hygiene for Stronger Health*, reliefweb. Available at: <https://reliefweb.int/report/world/world-water-day-water-sanitation-and-hygiene-stronger-health>.

- U.S. Department of Health and Human Services Office of Disease Prevention and Health Promotion (2020) 'Environmental Health'. Available at: <https://health.gov/healthypeople/objectives-and-data/browse-objectives/environmental-health>.
- Umar Fachmi Achmadi. (2009). Manajemen Penyakit Berbasis Wilayah. *Kesmas: Jurnal Kesehatan Masyarakat Indonesia (National Public Health Journal)* Vol. 3 No. 4, 147-153.
- Umar Fahmi Achmadi. (2011). *Dasar-Dasar Penyakit Berbasis Lingkungan*. Jakarta: Rajawali Pers.
- Umar Fahmi Achmadi. (2011). *Manajemen Penyakit Berbasis Wilayah: Paradigma Kesehatan Lingkungan* Penerbit Buku Kompas. Jakarta: Penerbit Buku Kompas.
- Umar Fahmi Achmadi. (2012). *Manajemen Penyakit Berbasis Wilayah Edisi Revisi*. Jakarta: PT Raja Grafindo Persada.
- UN-Water (2014) Investing in water and sanitation: increasing access, reducing inequalities. UN-Water Global Analysis and Assessment of Sanitation and Drinking Water GLAAS 2014 Report, World Health Organization. Available at: https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/139735/9789241508087_eng.pdf?sequence=1.
- Utami, N. (2020) 'Sampah Domestik Jadi Permasalahan di Indonesia', Indonesia Environment Energy Center. Available at: <https://environment-indonesia.com/sampah-domestik-jadi-permasalahan-utama-di-indonesia/>.
- Utami, S.N. (2021) "Penyakit Minamata, Ketika Pencemaran Lumpuhkan Rakyat Jepang," Akses: <https://www.kompas.com/skola/read/2021/02/23/201450369/penyakit-minamata-ketika-pencemaran-lumpuhkan-rakyat-jepang> (30 Mei 2021)
- Utina, R. and Baderan, D. W. K. (2009) *Ekologi dan Lingkungan Hidup*. Gorontalo: UNG Press.
- Utomo, S. W., Sutriyono and Rizal, R. (2014) *Ekologi*. Edited by S. Nurhayati. Tangerang Selatan: Universitas Terbuka.
- Van Halem, D. et al. (2009) 'Arsenic in drinking water: A worldwide water quality concern for water supply companies', *Drinking Water Engineering and Science*, 2(1), pp. 29–34. doi: 10.5194/dwes-2-29-2009.

- Wardhana, I. W. and Karunia, W. (2009) 'Evaluasi Dan Optimalisasi Instalasi Pengolahan Limbah Tinja Kota Pekalongan', *Jurnal Presipitasi*, 6(2), pp. 7–15. doi: 10.14710/presipitasi.v6i2.7-15.
- Wardhana, W. A. (2004) *Dampak Pencemaran Lingkungan*. Edisi Revi. Yogyakarta: C.V ANDI OFFSET (Penerbit ANDI).
- Warlina, L. (2004) "Pencemaran Air: Sumber, Dampak dan Penanggulangannya". Bogor: Institut Pertanian Bogor
- Warmadewi, D. A. (2017) 'Buku Ajar Mutasi Genetik', *Mutasi Genetik*, 15–16(Mutasi), pp. 1–53.
- Warsito, B. (2018) 'Pengelolaan Limbah Batik Cair Secara Biologis Pada Ukm Batik Mutiara Hasta Dan Katun Ungu Semarang', *Warta LPM*, 21(2), pp. 136–142. doi: 10.23917/warta.v21i2.5602.
- Wayansari, L., Anwar, I. Z. and Amri, Z. (2018) *Manajemen Sistem Penyelenggaraan Makanan Institusi*. Jakarta: Pusat Pendidikan Sumber Daya Manusia Kesehatan.
- WHO (2005) *Sanitation and Hygiene Promotion, 2005*. WHO Press. Available at: https://www.who.int/water_sanitation_health/hygiene/sanhygpromo.pdf.
- WHO Commission on Social Dterminants of Health. (2007) "V. CSDH Framework for Action. In: *A Conceptual Framework for Action on The social Determinants of Health*, Geneva, Switzerland: WHO.
- WHO, 2002. *Penyakit Bawaan Makanan Fokus Pendidikan Kesehatan (Foodborne Disease : a Focus for Health Education)*. Penerbit Buku Kedokteran EGC. Jakarta.
- Wilkinson, R.G. (1997) "Comment: Income, Inequality and Social Cohesion," *American Journal of Public Health*, 87, 1504-1506.
- World Health Organization (2016) *Environmental health, Regional Office For The Western Pacific Bureau Régional Du Pacifique Occidental*. Available at: <https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/259292/WPR-RC067-07-Environmental-health-2016-en.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
- World Health Organization (2018) 'Ambient (outdoor) air pollution', <https://www.who.int/en/news-room/fact-sheets/detail/ambient->

- (Outdoor)-Air-Quality-and-Health. Available at:
[https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/ambient-\(outdoor\)-air-quality-and-health%0Ahttps://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/ambient-\(outdoor\)-air-quality-and-health%0Ahttps://www.who.int/en/news-room/fact-sheets/detail/ambient-\(outdoor\)-a](https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/ambient-(outdoor)-air-quality-and-health%0Ahttps://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/ambient-(outdoor)-air-quality-and-health%0Ahttps://www.who.int/en/news-room/fact-sheets/detail/ambient-(outdoor)-a).
- World Health Organization (2021a) 'Environmental health'. Available at:
https://www.who.int/health-topics/environmental-health#tab=tab_2.
- World Health Organization (2021b) 'Environmental Health'. Available at:
https://www.who.int/health-topics/environmental-health#tab=tab_1.
- Wulandari, K. and Wahyuni, D. (2018) Sanitasi Rumah Sakit. Jakarta. Available at: Badan Pengembangan dan Pemberdayaan Sumber Daya Manusia Kesehatan, Depkes RI.
- Yolarita, E., & Kusuma, D. W. (2020). Pengelolaan Limbah B3 Medis Rumah Sakit di Sumatera Barat Pada Masa Pandemi COVID-19. *Jurnal Ekologi Kesehatan*, 19(3), 148–160.
- Yulianto, Hadi, W. and Cahyo, R. J. N. (2020) Hygiene, Sanitasi dan K3. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Yuswita, E. (2014) 'Optimasi Proses Termal untuk Membunuh Clostridium botulinum', *Jurnal Aplikasi Teknologi Pangan*, 3(3), p. 2.
- Zuhaelsi Zubir, ST.MT Jakarta, 27 September 2016' (2016), (September).
- Zuraya, N. (2019) '82 Persen Sungai di Indonesia Tercemar dan Kritis', p. <https://nasional.republika.co.id/berita/nasional/u>.

Biodata Penulis



Fahrul Islam, SKM, MKM

Lahir di Hila-hila (Bulukumba), pada 22 Maret 1987. Menyelesaikan pendidikan S1 di Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Hasanuddin (2005-2009). Kemudian melanjutkan pendidikan S2 di Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Indonesia (2014-2016). Saat ini bekerja sebagai dosen di Jurusan Kesehatan Lingkungan Poltekkes Kemenkes Mamuju sejak tahun 2017 dengan mata kuliah yang diampu adalah Teknik Pengambilan Sampel, Fisika

Lingkungan, Penyehatan Udara, Toksikologi Lingkungan dan, Penyehatan Makanan dan Minuman .



Yoga Priastomo, S.Si., M.Eng.,

Lahir di Temanggung, 30 Juni 1991. Pendidikan formal telah diselesaikan dari jenjang S1 di Departemen Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Gadjah Mada dalam bidang ilmu kimia pada tahun 2014 dengan predikat cum laude. Pendidikan S2 telah ia selesaikan pada tahun 2017 di Chemistry and Applied Chemistry Department, Faculty of Science and Engineering,

Saga University, Jepang dalam bidang ilmu kimia dan kimia terapan dengan predikat cum laude (SK Kemendikbud 2019). Pria dengan sapaan Yoga, saat ini sedang menjadi asisten peneliti di Laboratorium Kimia Organik, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta sejak tahun 2017 hingga sekarang. Aktivitas penelitian yang ia tekuni saat ini adalah mengenai sintesis senyawa organik khususnya supramolecular chemistry: kaliksarena, kalikspirogalolarena dan

kaliksresorsinarena untuk diaplikasikan pada bidang energi, lingkungan, dan obat-obatan. Saat ini, ia juga tergabung dalam tim pelaksana teknis riset RISPRO LPDP Invitasi Batch 1 2020 UGM dengan RTC PT Pertamina yang diketuai oleh Prof. Drs. Jumina, Ph.D. Selain aktif menulis buku dan bergabung di Yayasan Kita Menulis, anak ke-4 dari 4 bersaudara ini juga aktif menulis paper ilmiah yang telah ia terbitkan di jurnal internasional bereputasi dan terindeks scopus. Terdapat kurang lebih 8 journal international telah ia terbitkan dan saat ini ia memperoleh H indexed scopus 3.



Dr. Eni Mahawati, S.KM, M.Kes

Lahir di Kudus, menyelesaikan kuliah dan mendapat gelar Sarjana Kesehatan Masyarakat UNDIP tahun 1999, Magister Kesehatan Lingkungan UNDIP 2005, Doktor Ilmu Kedokteran dan Kesehatan UGM tahun 2017. Sejak tahun 1999 hingga sekarang ini masih aktif sebagai Dosen Tetap Fakultas Kesehatan Universitas Dian Nuswantoro Semarang.



Nurul Utami

Lahir di Bandar Lampung, pada tanggal 2 Juni 1990. Merupakan anak pertama dari 3 bersaudara, dari pasangan Nurman Abdul Hakim dan Bina Unteawati. Saat ini sudah menikah dan memiliki 2 putra. Ia meraih gelar dokter (dr.) dari Universitas Padjadjaran pada tahun 2013. Tahun 2021 ia tercatat sebagai lulusan Program Studi Strata-2, Magister Ilmu Lingkungan Universitas Lampung. Sejak tahun 2015 mengabdikan sebagai Aparatur Sipil Negara di Fakultas Kedokteran Universitas Lampung.



Indah Budiastutik

Anak ragil dari 9 bersaudara, lahir di Kabupaten Bojonegoro, Jawa Timur, Indonesia. Seorang Penulis yang telah menyelesaikan Pendidikan Sarjana Kesehatan Masyarakat dan Magister Kesihatannya di Universitas Airlangga Surabaya, saat ini sedang menempuh program Doktor di salah satu Perguruan Tinggi di Jawa Tengah dengan minat Gizi Kesehatan Masyarakat, Anak dari pasangan H. Abu Dardak (alm) dan ibu H. Al Fiah (Almh) ini sejak usia 24 tahun sudah berhijrah ke Kota Pontianak untuk

mengikuti sang suami dan usia 25 tahun diangkat menjadi Dosen di Fakultas Ilmu Kesehatan Universitas Muhammadiyah Pontianak sampai sekarang. Penulis mengampu Mata Kuliah Dasar Gizi Kesehatan Masyarakat, Epidemiologi Gizi, Dietetik Gizi, Penyakit Tidak Melunar, Dasar-Dasar Kesehatan Lingkungan. “Menjadi dosen adalah sebuah anugerah yang tak terbayangkan pahala dan keberkahanNya, sederhana dan ingin menjadi hamba Allah yang bermanfaat untuk orang banyak” begitu mottonya.

Menikah dengan Rizky Rachmat Akbar, SKM., M. Eng dan Alhamdulillah dikaruniai 3 orang anak laki-laki, nomer kelas 1 SMA, kelas 4 SD dan anak ke 3 berusia 5 tahun. Tinggal di Kota Pontianak bersama keluarganya sejak tahun 2004 yang lalu.

Sampai saat ini penulis telah menerbitkan beberapa buku yang ber ISBN secara kolaborasi. Selain menulis buku penulis juga menjadi reviewer beberapa journal lokal Kalimantan Barat dan Nasional dan sebagai peneliti di bidang kesehatan. Penulis juga memiliki beberapa media social seperti channel youtube:”indahbudiastutik”,facebook:@indah budiastutik,IG:@indahrizky,dan email:indahbudiastutik@unmuhpnk.ac.id. Semoga buku ini dapat memberikan manfaat dan keberkahan. Aamiin

**Miftah Chairani Hairuddin, SKM, M.Kes,**

Menyelesaikan Program Studi S1 Pada Fakultas Kesehatan Masyarakat Jurusan Kesehatan Lingkungan Universitas Hasanuddin (2008). Magister Kesehatan Masyarakat Jurusan Kesehatan Lingkungan Universitas Hasanuddin (2013). Tenaga Pengajar pada Jurusan Kesehatan Lingkungan Poltekkes Kemenkes Mamuju. Menggeluti dan mengajar di bidang Ekologi Lingkungan, Pengelolaan Sampah, Penyehatan Air, Etika Profesi, Sanitasi Rumah Sakit. Penelitian yang dilakukan antara lain, Perilaku Masyarakat Terhadap Sanitasi Total Berbasis Masyarakat Di Kabupaten Majene (2016), Faktor Risiko Kejadian Tuberkulosis Paru di Wilayah Kerja Puskesmas Binanga Kabupaten Mamuju (2017), Kepadatan Hunian, Ventilasi, dan Pencahayaan Terhadap Kejadian TB Paru Di Wilayah Kerja Puskesmas Binanga, Kab.Mamuju Sulawesi Barat (2017), Survey Of Larva Density Of Aedes Aegypti In Mamuju Village, Mamuju Regency, West Sulawesi Province (2019), Analisis Timbulan Sampah di Kantor Gubernur Sulawesi Barat (2020). Oral Presenter pada The 3th International Conference On Environmental Risk And Public Health (ICER-PH) Tahun 2018. Penulis dapat dihubungi melalui email miftahchairani@gmail.com.

**Fitria Fatma, SKM, M.Kes,**

Penulis dilahirkan di Kota Bukittinggi tanggal 15 Juni 1986. Penulis sebagai Dosen Tetap Prodi Ilmu Kesehatan Masyarakat, Fakultas Kesehatan, Universitas Fort De Kock Bukittinggi. Lulus S1 di Program Studi Ilmu Kesehatan Masyarakat Universitas Fort De Kock Kota Bukittinggi, dan S2 di Program Studi Ilmu Kesehatan Masyarakat Universitas Andalas Kota Padang. Sejak tahun 2009 hingga sekarang menjadi dosen tetap Program Studi Ilmu Kesehatan Masyarakat Universitas Fort De Kock Bukittinggi. Kepakaran pada Ilmu Kesehatan Lingkungan dan Kesehatan Keselamatan Kerja (K3). Beberapa mata kuliah yang diampu di kampus adalah Dasar Ilmu Kesehatan Lingkungan, Kesehatan Lingkungan Perumahan, Current Issue Kesehatan Lingkungan, Analisis Kualitas Lingkungan, Pengelolaan Limbah, Pengelolaan Sumber Daya Air. Aktif melakukan

penelitian dan publikasi di beberapa jurnal nasional terakreditasi tentang sampah, air bersih yang masih ruang lingkup kesehatan lingkungan. Dalam organisasi aktif sebagai anggota IAKMI Kota Bukittinggi dan AK3U Provinsi Sumatera Barat. Silahkan menghubungi penulis melalui email fitriafatma1986@gmail.com



Fajar Akbar, SKM., M.Kes,

Lahir di Sungguminasa 05 April 1987. Menyelesaikan pendidikan sarjana pada tahun 2009 dan pendidikan magister pada tahun 2013 di Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Hasanuddin Makassar. Pada tahun 2015 terangkat sebagai dosen PNS Jurusan Kesehatan Lingkungan di Poltekkes Kemenkes Mamuju. Pernah menjadi pelatih nasional Riset Kesehatan Dasar Nasional Kementerian Kesehatan RI pada tahun 2018 dan Peneliti/supervisor pada beberapa riset nasional lainnya. Anak dari H.A.Gaffar dan Siti Subaedah ini aktif sebagai anggota sub unit penelitian dan pengabdian masyarakat sekaligus editor Jurnal Kesehatan Manarang Poltekkes Mamuju hingga saat ini.



Windi Indah Fajar Ningsih, S.Gz., M.P.H

Lahir di Palembang, 15 Juni 1992. Ia menempuh pendidikan S1 program studi Gizi dan Kesehatan dan S2 program studi Ilmu Kesehatan Masyarakat minat utama Gizi di Fakultas Kedokteran Universitas Gajah Mada. Saat ini, ia tercatat sebagai dosen di prodi gizi, Fakultas Kesehatan Masyarakat, Universitas Sriwijaya. Sebelum menjadi seorang dosen, ia pernah bekerja sebagai ahli gizi klinis di salah satu rumah sakit umum daerah di Sumatera Selatan.

**Ridhayani Adiningsih, SKM, M.KKK.**

Menyelesaikan Program Studi SI pada Fakultas Kesehatan Masyarakat Jurusan Kesehatan Lingkungan Universitas Muslim Indonesia (2010). Magister Keselamatan dan Kesehatan Kerja Jurusan Keselamatan dan Kesehatan Kerja Universitas Airlangga (2013). Tenaga Pengajar pada Jurusan Kesehatan Lingkungan Poltekkes Kemenkes Mamuju. Menggeluti dan mengajar di bidang Ekologi Lingkungan, Pencemaran Lingkungan, Kimia Lingkungan, Pengelolaan Limbah Cair, Sanitasi Industri dan Keselamatan Kerja, Penyehatan Pemukiman, Sanitasi Pariwisata dan Matra. Publikasi yang dihasilkan meliputi Survey Kepadatan Larva Aedes Aegypti Di Kecamatan Mamuju Kabupaten Mamuju (2016), Analisis Faktor Kejadian Hipertensi Di Wilayah Kerja Puskesmas Binanga Kabupaten Mamuju Tahun 2016 (2016), Hubungan Higiene Personal Dengan Infeksi Kecacingan Pada Siswa SD Bone-Bone Kabupaten Mamuju Sulawesi Barat (2017), Efektivitas Metode Fitoremediasi Menggunakan Tanaman Eceng Gondok dan Kangkung Air dalam Menurunkan Kadar BOD dan TSS pada Limbah Cair Industri Tahu (2019). Oral Presenter pada The 2nd International Conference on Urban Health (2nd IC-UH) of Health Polytechnic of Ministry of Health in Makassar. Penulis dapat dihubungi melalui email ridhayaniadiningsih@gmail.com

**Dwi Septiawati**

Lahir di Palembang, pada 10 Desember 1989. Dwi tercatat sebagai lulusan Sarjana Kesehatan Masyarakat dari Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Sriwijaya pada tahun 2012 dan lulusan Magister Kesehatan Masyarakat dari Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Indonesia pada tahun 2015. Pada saat ini (2020) Dwi tengah menempuh pendidikan doctoral kelas riset di Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Indonesia. Wanita yang kerap disapa Dwi ini adalah anak dari pasangan Sulchan (ayah) dan Tuti Maryati (ibu). Dwi juga merupakan istri dari Agus Priyanto, S.Sos, S.KM, dan bunda dari Gibran Al Kahfi. Selain berprofesi sebagai dosen di Jurusan Kesehatan Lingkungan FKM Universitas Sriwijaya sejak tahun 2016, Dwi juga aktif dalam

kegiatan penelitian dan pengabdian kepada masyarakat. Mata Kuliah Manajemen Bencana dan Dasar Kesehatan Lingkungan menjadi beberapa diantara mata kuliah yang kerap diampuh oleh Dwi.

**Askur**

Lahir di Mamuju, pada 14 Desember 1987. Lulusan Universitas Setia Budi Surakarta tahun 2012. Pria yang kerap disapa Askur ini adalah anak ke 6 dari pasangan Masruddin Djamaluddin (ayah) dan Dasriah (ibu).

**drh. Edi Purwono M.Sc.**

Lahir 15 Desember 1983 di Sendang Asih, Lampung-Tengah. Setelah lulus dari Sekolah Dasar Negeri (SDN), Sekolah Menengah Pertama Negeri (SMPN), Sekolah Menengah Atas Negeri (SMAN), selanjutnya kuliah di Fakultas Kedokteran Hewan, Universitas Gadjah Mada pada tahun 2001. Pendidikan Profesi diselesaikan pada tahun 2007 dan Program Master tahun 2017 di perguruan tinggi yang sama. Karier dimulai sebagai Animal Healthy Control Farm di PT. Cibadak Indah Sari Farm tahun 2008 – 2009. Pada tahun 2009 diangkat sebagai CPNS di Kementerian Pertanian dan ditempatkan di Sekolah Tinggi Penyuluhan Pertanian (STPP) Manokwari yang sekarang sudah transformasi menjadi Politeknik Pembangunan Pertanian (Polbangtan) Manokwari dan selanjutnya di pindah tugaskan di Politeknik Pembangunan Pertanian Yogyakarta - Magelang.

DASAR DASAR KESEHATAN LINGKUNGAN

Manusia dalam menjalani kehidupannya dipastikan berinteraksi dengan lingkungan disekitarnya. Interaksi ini berpengaruh terhadap kualitas kesehatan manusia. Kesehatan lingkungan berperan penting dalam rangka mengendalikan atau mencegah cedera, kecatatan dan penyakit terkait dengan interaksi antara manusia dan lingkungannya. Kualitas lingkungan yang buruk memiliki dampak terbesar pada status kesehatan manusia.

Buku ini membahas tentang:

- Bab 1 Konsep Ekologi Kesehatan Lingkungan
- Bab 2 Konsep Terjadinya Penyakit Terkait Lingkungan
- Bab 3 Paradigma Epidemiologi Kesehatan Lingkungan
- Bab 4 Pencemaran Lingkungan dan Kesehatan
- Bab 5 Manajemen Sumber Daya Air
- Bab 6 Aspek Kesehatan dan Penyediaan Air
- Bab 7 Pengelolaan Limbah dan Tinja
- Bab 8 Pengelolaan Limbah Medis
- Bab 9 Penyehatan Makanan dan Minuman
- Bab 10 Kesehatan Lingkungan Industri
- Bab 11 Kesehatan Lingkungan Bencana
- Bab 12 Radiasi Lingkungan
- Bab 13 Higiene dan Sanitasi



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

ISBN 978-623-342-115-7 (softcover)



9 786233 421157