



# MANAJEMEN KUALITAS AIR

Nur Zaman ■ Nurul Hidayah Nasution ■ Iswahyudi  
Andi Susilawaty ■ Efbertias Sitorus ■ Erni Mohamad  
Zuli Rodhiyah ■ Muhammad Amin Syam ■ Sri Murtini  
Ibnu Rois ■ Julhim S. Tangio ■ Rudiansyah ■ Sri Haryanti



# MANAJEMEN KUALITAS AIR

## 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).

# **Manajemen Kualitas Air**

Nur Zaman, Nurul Hidayah Nasution, Iswahyudi  
Andi Susilawaty, Efbertias Sitorus, Erni Mohamad, Zuli Rodhiyah  
Muhammad Amin Syam, Sri Murtini, Ibnu Rois  
Julhim S. Tangio, Rudiansyah, Sri Haryanti



Penerbit Yayasan Kita Menulis

# Manajemen Kualitas Air

Copyright © Yayasan Kita Menulis, 2023

Penulis:

Nur Zaman, Nurul Hidayah Nasution, Iswahyudi  
Andi Susilawaty, Efbertias Sitorus, Erni Mohamad, Zuli Rodhiyah  
Muhammad Amin Syam, Sri Murtini, Ibnu Rois  
Julhim S. Tangio, Rudiansyah, Sri Haryanti

Editor: Abdul Karim

Desain Sampul: Devy Dian Pratama, S.Kom.

Penerbit

Yayasan Kita Menulis

Web: [kitamenulis.id](http://kitamenulis.id)

e-mail: [press@kitamenulis.id](mailto:press@kitamenulis.id)

WA: 0821-6453-7176

IKAPI: 044/SUT/2021

Nur Zaman., dkk.

Manajemen Kualitas Air

Yayasan Kita Menulis, 2023

xvi; 208 hlm; 16 x 23 cm

ISBN: 978-623-342-907-8

Cetakan 1, Juli 2023

- I. Manajemen Kualitas Air
- 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

*Assalamu Alaikum Warahmatullah Wabarakatuh*

Alhamdulillah, puji dan syukur penulis selalu panjatkan kehadiran Allah SWT/Tuhan Yang Maha Esa yang tidak pernah berhenti memberi nikmat berupa kesehatan, kesempatan serta kemampuan, sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan buku kolaborasi yang berjudul Manajemen Kualitas Air. Buku ini merupakan wadah bagi para penulis untuk menuangkan berbagai gagasan dan pengetahuan yang berhubungan dengan manajemen kualitas air. Buku ini merupakan rangkuman yang diambil dari berbagai sumber yang diharapkan dapat menjadi bahan referensi dan akan memberikan gambaran tentang manajemen kualitas air yang mempelajari tentang cara mengelola air agar dapat mencapai kualitas yang diinginkan sesuai fungsi dan peruntukannya untuk menjamin agar kualitas air tetap dalam kondisi alamiah dengan memperhatikan generasi sekarang dan generasi yang akan datang.

Kebutuhan akan air semakin lama semakin meningkat, akibat semakin bertambahnya populasi penduduk dan kenaikan taraf hidup manusia. Oleh karena itu sumber daya air harus dilindungi agar tetap dapat dimanfaatkan dengan baik oleh manusia dan makhluk hidup lainnya. Manajemen kualitas air adalah suatu upaya yang dilakukan untuk mengontrol keberadaan air agar tercapai kualitas air pada kondisi yang diinginkan sesuai dengan peruntukannya serta untuk menjamin agar kualitas air tetap dalam kondisi alamiahnya dengan memperhatikan faktor fisika, kimia dan biologi.

Buku ini berisi materi yang dapat digunakan oleh tenaga pengajar, mahasiswa dan para pembaca lainnya untuk menambah wawasan berpikir dan ilmu yang berhubungan dengan ilmu-ilmu hidrologi secara komprehensif.

Pembahasan dalam buku ini meliputi:

- Bab 1 Pengertian Dasar Manajemen Kualitas Air
- Bab 2 Pengantar Pengelolaan Kualitas Air, Kondisi Global
- Bab 3 Pencemaran Air Di Berbagai Negara Dan Nasional
- Bab 4 Landasan Hukum Pencemaran Air Di Indonesia
- Bab 5 Konsep Dasar Penentuan Kualitas Air Sungai, Air Bersih Dan Air Minum
- Bab 6 Tata Cara Pengambilan Sampel Air
- Bab 7 Metode Perhitungan STORET
- Bab 8 Metode Perhitungan Indeks Pencemaran (IP)
- Bab 9 Dasar-Dasar Perencanaan Instalasi Pengolahan Air Bersih
- Bab 10 Parameter Kualitas Air Yang Bersifat Fisika
- Bab 11 Parameter Kualitas Air Yang Berhubungan Dengan Asam
- Bab 12 Parameter Kualitas Air Yang Berhubungan Dengan N, P, S Dan Logam Berat
- Bab 13 Parameter Biologi Kualitas Air

Para penulis berharap buku ini akan menambah khasanah ilmu pengetahuan kepada seluruh pembaca, khususnya yang tertarik dengan isu yang berkaitan dengan berbagai perspektif terhadap hidrologi pertanian dari waktu ke waktu.

Penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih kepada seluruh pihak dan tim yang telah berkontribusi dalam menyusun, memberi dukungan, pendampingan dan penguatan hingga selesainya proses pembuatan sampai pada terbitnya buku ini, khususnya kepada Pimpinan Redaksi Yayasan Kita Menulis yang telah berkenan menerbitkan buku ini. Kiranya kita senantiasa diberkati oleh Tuhan yang Maha Esa dalam segala tugas, urusan dan pekerjaan kita, Amin ....

*Wabillahi Taufik Walhidayah.*

*Wassalamu Alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh.*

Makassar, 7 Juli 2023

Tim Penulis

Nur Zaman dkk

# Daftar Isi

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

## **Bab 1 Pengertian Dasar Manajemen Kualitas Air**

1.1 Pendahuluan .....	1
1.2 Pengertian Dasar Manajemen Kualitas Air .....	4
1.3 Upaya Pengelolaan Kualitas Air .....	7

## **Bab 2 Pengantar Pengelolaan Kualitas Air, Kondisi Global**

2.1 Pendahuluan .....	15
2.2 Pengelolaan Kualitas Air .....	16
2.2.1 Kriteria Kualitas Air .....	17
2.2.2 Program Pemantauan Kualitas Air .....	21
2.3 Pencemaran Air .....	23
2.3.1 Sumber Pencemaran Air .....	24
2.3.2 Beban Pencemaran .....	25
2.3.3 Dampak Pencemaran Air .....	26
2.3.4 Pengendalian Pencemaran Air .....	27
2.4 Kondisi Global Kualitas Air .....	29

## **Bab 3 Pencemaran Air Di Berbagai Negara Dan Nasional**

3.1 Pendahuluan .....	33
3.2 Tantangan Kualitas Air Global Dan Sdgs .....	35
3.3 Pencemaran Air Di Benua Asia .....	37
3.3.1 Jepang .....	37
3.3.2 Cina .....	38
3.3.3 India .....	40
3.3.4 Asia Tenggara .....	42
3.4 Pencemaran Air Di Benua Eropa .....	44
3.5 Pencemaran Air Di Benua Afrika .....	45
3.5.1 Nigeria .....	45
3.5.2 Mesir .....	45

3.6 Pencemaran Air Di Amerika Latin .....	46
3.6.1 Argentina.....	46
3.6.2 Brazil.....	47
3.7 Pencemaran Air Di Indonesia.....	48

#### **Bab 4 Landasan Hukum Pencemaran Air Di Indonesia**

4.1 Pengantar: Pentingnya Pengawasan Dan Penegakan Hukum Dalam Pengelolaan Kualitas Air Dan Pengendalian Pencemaran Air.....	53
4.2 Konsep Perizinan Dan Penegakan Hukum Dalam Pengelolaan Kualitas Air Dan Pengendalian Pencemaran Air .....	55
4.3 Pembagian Kewenangan Pemerintah Dalam Pengawasan Kualitas Air	58

#### **Bab 5 Konsep Dasar Penentuan Kualitas Air Sungai, Air Bersih Dan Air Minum**

5.1 Pendahuluan.....	61
5.2 Kualitas Air Sungai .....	62
5.2.1 Do (Dissolved Oxygen) .....	64
5.2.2 Bod (Biological Oxygen Demand) .....	64
5.2.3 Cod (Chemical Oxygen Demand).....	64
5.3 Kualitas Air Bersih .....	65
5.4 Kualitas Air Minum .....	67
5.4.1 Parameter Fisika .....	68
5.4.2 Parameter Kimia .....	69

#### **Bab 6 Tata Cara Pengambilan Sampel Air**

6.1 Pendahuluan.....	73
6.2 Pemilihan Tempat Pengambilan Sampel Air .....	75
6.2.1 Pemilihan Tempat Pengambilan Sampel Air Di Sungai .....	75
6.2.2 Pengambilan Sampel Air Di Danau /Waduk .....	76
6.2.3 Pengambilan Sampel Air Sumur/ Air Tanah.....	77
6.2.4 Pengambilan Sampel Di Instalasi Pengolahan Air .....	77
6.3 Teknik Pengambilan Sampel Air .....	78
6.4 Persiapan Pengambilan Sampel Air .....	80
6.4.1 Alat Pengambil Sampel Air (Water Sampler).....	80
6.4.2 Botol / Wadah Sampel Air.....	82
6.4.3 Persiapan Tempat /Box Untuk Pengangkutan Sampel Air. ....	83
6.4.4 Reagen Untuk Pengawetan Sampel Air Dan Perangkat Untuk Mengukur Parameter Lapangan.....	83
6.4.5 Label Untuk Sampel Air.....	84

6.5 Cara Pengambilan Sampel Air .....	84
6.5.1 Sampel Air Untuk Analisis Fisik Dan Kimia.....	84
6.5.2 Volume Sampel Air.....	85
6.6 Pengawetan Sampel Air.....	86

## **Bab 7 Metode Perhitungan STORET**

7.1 Pendahuluan.....	89
7.1.1 Pengenalan Tentang STORET Dan Pentingnya Dalam Analisis Kualitas Air.....	89
7.1.2 Sejarah Dan Perkembangan Storet Sebagai Sistem Pengumpulan Dan Penyimpanan Data Lingkungan.....	91
7.1.3 Komponen Data Dalam STORET.....	92
7.2 Metodologi Pengumpulan Data.....	93
7.2.1 Deskripsi Peralatan Dan Instrumen Yang Digunakan Dalam Pengambilan Sampel Air.....	94
7.2.2 Teknik Dan Prosedur Pengumpulan Data Dalam Penggunaan Metode STORET.....	96
7.3 Analisis Kualitas Air Menggunakan Storet.....	98
7.3.1 Penggunaan STORET Dalam Analisis Parameter Fisika Kimia Dan Biologi Air.....	98
7.3.2 Pengolahan Data.....	99
7.4 Tantangan Dan Peluang Menggunakan STORET.....	101
7.4.1 Kendala Dan Hambatan Dalam Penggunaan STORET Untuk Analisis Kualitas Air.....	101
7.4.2 Potensi Pengembangan Dan Peningkatan Penggunaan STORET Dalam Masa Depan.....	102

## **Bab 8 Metode Perhitungan Indeks Pencemaran (IP)**

8.1 Pendahuluan.....	105
8.2 Sifat Fisik, Kimia, Dan Biologi Air .....	107
8.3 Klasifikasi Kualitas Air.....	109
8.4 Pencemaran Air .....	110
8.5 Metode Indeks Pencemaran (Ip) .....	111
8.6 Pengendalian Pencemaran Air.....	114

**Bab 9 Dasar-Dasar Perencanaan Instalasi Pengolahan Air Bersih**

9.1 Dasar Pengelolaan Air Bersih.....	117
9.2 Ruang Lingkup Air Bersih.....	119
9.3 Pengelolaan Instalasi Air Bersih.....	121
9.4 Perencanaan Instalasi Air Bersih.....	123
9.5 Unit Transmisi Dan Distribusi Air Bersih.....	126
9.6 Evaluasi Pengelolaan Air Bersih.....	127

**Bab 10 Parameter Kualitas Air Yang Bersifat Fisika**

10.1 Pendahuluan.....	129
10.2 Persyaratan Kualitas Fisik Air.....	130
10.2.1 Kekeruhan.....	131
10.2.2 Warna.....	132
10.2.3 Zat Padat Terlarut (Total Dissolve Solid).....	134
10.2.4 Suhu.....	135
10.2.5 Bau.....	137
10.3 Teknologi Pengolahan Parameter Fisik Air.....	138

**Bab 11 Parameter Kualitas Air Yang Berhubungan Dengan Asam**

11.1 Pendahuluan.....	141
11.2 Pengertian Parameter Kualitas Air.....	142
11.3 Klasifikasi Parameter Kualitas Air.....	143
11.4 Parameter Kualitas Air Yang Berhubungan Dengan Asam.....	145
11.4.1 Derajat Keasaman (Ph).....	148
11.4.2 Alkalinitas.....	150
11.4.3 Bicarbonate ( $\text{Hco}_3^-$ ).....	151
11.4.4 Karbondioksida ( $\text{Co}_2$ ).....	152
11.5 Pengaruh Keasaman Air Terhadap Organisme Dan Lingkungan.....	154

**Bab 12 Parameter Kualitas Air Yang Berhubungan Dengan N, P, S Dan Logam Berat**

12.1 Mengenal Senyawa N, P, S Dan Logam Berat.....	157
12.2 Nitrogen.....	158
12.3 Fosfor.....	162
12.4 Sulfur.....	164
12.5 Logam Berat.....	165
12.6 Ambang Batas Aman Senyawa N, P, S Dan Logam Berat.....	166

---

**Bab 13 Parameter Biologi Kualitas Air**

12.1 Komponen Ekosistem Air .....	169
13.2 Parameter Biologi Kualitas Air .....	170
13.2.1 Plankton.....	171
13.2.1 Bentos.....	175
13.2.3 Nekton .....	177
13.2.4 Neuston.....	179
13.2.5 Perifition.....	179
Daftar Pustaka .....	181
Biodata Penulis .....	201



# Daftar Gambar

Gambar 3.1: Tujuan Pembangunan Berkelanjutan .....	36
Gambar 3.2: Lokasi Pencemaran Merkuri Teluk Minamata Tahun 1932 ...	38
Gambar 3.3: Pencemaran Air di Sungai Gangga .....	41
Gambar 3.4: Peta Sungai Mekong.....	42
Gambar 6.1: Cara Pengambilan Sampel Dari Kran Air/ Pipa.....	77
Gambar.6.2: Cara Pengambilan Airs Umur .....	79
Gambar 6.3: Alat Sampel air Horisontal.....	81
Gambar 6.4: Alat Sampel Air Vertikal .....	81
Gambar 6.5: Water Composite Sample .....	82
Gambar 6.6: Box Pendingin untuk Sampel Air.....	83
Gambar 9.1: Siklus Sumber Air di Bumi.....	120
Gambar 9.2: Fase Pengolahan Air.....	123
Gambar 9.3: Unit Instalasi Air Bersih.....	124
Gambar 9.4: Alur Distribusi Air Bersih .....	126
Gambar 10.1: Warna Air dengan Kandungan Fe yang Tinggi .....	132
Gambar 10.2: Warna Air Gambut di Kalimantan .....	133
Gambar 10.3: Pengaruh Suhu Terhadap Berat Jenis Air.....	136
Gambar 10.4: Stratifikasi Perairan Tergenang Berdasarkan Suhu.....	137
Gambar 12.1: Proses Perubahan Bentuk Atau Siklus Nitrogen.....	159
Gambar 12 2: Fosfor.....	163
Gambar 12.3: Siklus Belerang .....	164
Gambar 13.1: Plankton (a) Fitoplankton, (b) Plankton, (c) Contoh Spesies Fitoplankton di bawah Mikroskop .....	174
Gambar 13.2: Indikator perairan dari kelompok Bentos (a) Planaria, (b) Leuctra, (c) Ephemerella, (d) Hydropsyche, (e) Lymnaea, dan (f) Tubifex. ....	177
Gambar 13.3: Nekton (a) ikan, (b) cumi-cumi, (c) penyu dan (d) kuda Laut..	178
Gambar 13.4: Neuston (a) serangga air, (b) Physalie "man o'war", juga dikenal sebagai jelly fish .....	179
Gambar 13.5: Menunjukkan Perifiton, Yang Terdiri Dari (a) Halophila sp, (b)	

Anelida, dan (c) Makhluk Perifiton Yang Menutupi Cangkang  
Eustrombus Gigas.....180

# Daftar Tabel

Tabel 2.1: Faktor Beban Pencemar Limbah Domestik .....	25
Tabel 3.1: Pencemaran Air di Indonesia Tahun 2014, 2018 dan 2021.....	49
Tabel 4.1: Instansi Yang Memiliki Tugas Pokok Dalam Pengendalian Pencemaran Air .....	59
Tabel 5.1: Parameter Mikrobiologi .....	66
Tabel 5.2: Parameter Wajib Persyaratan Kualitas Air Minum.....	68
Tabel 6.1: Alat dan Bahan Pengukuran Di Lapangan.....	83
Tabel 6.2: Volume Sampel yang Diperlukan Untuk Analisis Fisiko Kimia	86
Tabel 7.1: Penentuan Sistem Nilai untuk Menentukan Status Mutu Air.....	99
Tabel 7.2. Tabel Perhitungan Menggunakan Metode STORET.....	100
Tabel 8.1: Kategori Kelas Indeks Pencemaran.....	113
Tabel 10.1: Baku Mutu Kualitas Fisik Air untuk Keperluan Higiene Sanitasi	131
Tabel 12.1: Baku Mutu Air Sungai dan Sejenisnya.....	166



# Bab 1

## Pengertian Dasar Manajemen Kualitas Air

### 1.1 Pendahuluan

Air merupakan cairan yang tidak berasa, tidak berbau dan tidak berwarna dalam kondisi STP (standard temperature and pressure) serta dapat melarutkan banyak zat yang lain. Bentuk air di bumi ini dapat ditemukan dalam tiga wujud yang berbeda, yaitu cair, padat dan gas yang tergantung pada suhu. Air yang berbentuk cair dapat kita lihat di sungai, danau dan lautan, dalam bentuk padat dapat berwujud seperti es yang banyak terdapat di Kutub Utara dan Selatan dan bentuk gas (uap) terdapat di atmosfer. Air terdapat hampir di seluruh permukaan bumi ini, namun kuantitas dan kualitasnya sangat bergantung pada waktu dan tempat. Air merupakan salah satu komponen penting yang sangat dibutuhkan oleh semua jenis makhluk hidup (manusia, hewan dan tumbuhan), sebagai media pengangkut zat-zat makanan dan merupakan sumber energi serta berbagai keperluan lainnya. Oleh karena itu, air sering disebut sebagai sumber kehidupan, karena tanpa adanya air, maka semua makhluk hidup akan mati. (UU No. 7, 2004) mendefinisikan air merupakan semua air yang terdapat di atas maupun di bawah permukaan tanah, termasuk air permukaan, air tanah, air hujan dan air laut. (Zaman et al., 2022) mengatakan bahwa air merupakan zat pelarut yang berfungsi sangat penting untuk kehidupan makhluk hidup.

Begitu pentingnya air bagi kehidupan, membuat semua makhluk hidup selalu mencari air di manapun air tersebut berada. Fungsi air bagi kehidupan tidak dapat digantikan oleh senyawa lain. Penggunaan air yang utama dan sangat vital bagi makhluk hidup adalah sebagai sumber air minum. Air memiliki sifat kimia yang bersifat melarutkan, sehingga air merupakan faktor utama dalam proses metabolisme. Air mempunyai senyawa kimia yang terdiri dari dua komponen, yaitu unsur hidrogen ( $H_2$ ) yang terikat dengan unsur oksigen ( $O_2$ ) yang kemudian menghasilkan senyawa air ( $H_2O$ ). Menurut (Brown, 1987) bahwa air mengandung 75,3% zat kimia anorganik seperti aluminium, barium, klorium, mangan, tembaga, fluorida, timbal, kromium dan kadmium serta 24,7% zat kimia organik seperti magnesium, kalsium, nitrat dan fosfat. Zat kimia organik sangat dibutuhkan oleh tubuh, sehingga dalam pengolahan air diusahakan zat-zat kimia ini tidak dihilangkan, sedangkan zat kimia anorganik tidak dibutuhkan oleh tubuh, karena berbahaya bagi tubuh, sehingga keberadaannya dalam air minum harus dihilangkan atau ditekan sekecil mungkin jumlahnya.

Pada awalnya manusia dapat mengambil air langsung dari sumbernya di mana air tersebut berada, seperti mata air, air sungai dan air danau. Namun pada perkembangannya kemudian, manusia merasa bahwa kualitas dan kuantitas air pada sumber-sumber tersebut dianggap sudah tidak dapat mencukupi, baik aspek kuantitas maupun kualitasnya. Dari aspek kuantitas perkembangan populasi penduduk dan peningkatan aktivitas hidup manusia telah meningkatkan kebutuhan akan kuantitas air. Dari aspek kualitas, perkembangan jumlah penduduk telah memberikan tekanan kepada kualitas air pada sumbernya, sehingga air yang sebelumnya aman dikonsumsi, sekarang ini sudah tidak dapat lagi karena sudah banyak air yang tercemar. Jika dahulu manusia dapat langsung mengonsumsi air dari sumbernya yang asli dan belum tercemar, pada saat sekarang manusia hanya mau mengonsumsi air yang kualitasnya terjamin dengan yang baik.

Air merupakan sumber daya alam yang sangat penting bagi kehidupan di bumi. Sumber air di bumi berasal dari suatu siklus air di mana tenaga matahari merupakan sumber panas yang mampu menguapkan air. Air yang berada di darat maupun di laut akan menguap akibat panas matahari, lalu kemudian uap tersebut naik berkumpul menjadi awan. Awan akan mengalami kondensasi dan pendinginan sehingga membentuk titik-titik air dan akhirnya akan menjadi hujan. Air hujan yang jatuh ke bumi akan mengalir dan meresap kedalam

tanah yang kemudian menjadi air tanah dan mata air, sebagian lagi mengalir ke sungai, danau, rawa dan sebagian lagi kembali ke laut.

Air memiliki peranan yang penting dalam membangun perekonomian suatu wilayah dan negara. Penyediaan pangan dari ladang dan tegalan sampai pada pertanian modern yang dilakukan di sawah maupun penanaman hidroponik pasti membutuhkan air, begitupun dengan sektor industri tak dapat lepas dari ketergantungan terhadap air. Bahkan perkembangan suatu wilayah juga ditentukan oleh ketersediaan air bersih yang memadai. Air juga sangat berperan dalam menyediakan pangan yang sampai saat ini semakin terbatas karena bertambahnya jumlah penduduk yang menyebabkan meningkatnya konversi lahan pertanian ke non pertanian, sehingga hasil pertanian mengalami penurunan. Begitu besarnya ketergantungan manusia terhadap air, sehingga air tidak dapat disubstitusi dengan barang yang lain. Air juga sangat berperan dalam upaya untuk meningkatkan kesejahteraan serta kemakmuran rakyat, hal ini tertuang dalam pasal 33 ayat 3 UUD 1945 yang berbunyi: "Bumi dan air serta kekayaan alam yang terkandung di dalamnya dikuasai oleh negara dan dipergunakan sebesar-besarnya untuk kemakmuran rakyat"

Berdasarkan letaknya, air bersumber dari atmosfer (angkasa), air permukaan dan air tanah. Air atmosfer merupakan air yang dihasilkan dari proses penyubliman awan atau uap air, seperti air hujan yang merupakan sumber utama air yang ada di bumi. Air permukaan merupakan air yang terdapat di atas permukaan tanah, seperti sungai, rawa, danau, waduk, sumur permukaan dan lautan. Air tanah adalah air yang terdapat dalam lapisan tanah dan batuan yang terdapat di bawah permukaan tanah, seperti air sumur dan mata air. Mata air biasanya terdapat di lereng gunung yang dapat berupa rembesan (mata air rembesan) dan ada juga yang keluar di daerah dataran rendah (mata air umbul).

Air adalah sumber daya alam yang sangat istimewa, karena tanpa adanya air, dapat dipastikan tidak akan ada kehidupan di muka bumi ini. Air merupakan sumber daya alam yang memiliki sifat yang sangat berbeda dengan sumber daya alam yang lain. Air merupakan sumber daya alam yang dapat diperbaharui, bersifat dinamis dan mengikuti siklus hidrologi yang secara alamiah dan berpindah-pindah serta dapat mengalami perubahan, baik bentuk maupun sifatnya. Kebutuhan akan air semakin lama semakin meningkat, akibat semakin bertambahnya populasi penduduk dan kenaikan taraf hidup masyarakat. Air yang bersih dan sehat merupakan kualifikasi yang sangat diperlukan untuk pemenuhan kebutuhan air minum, karena tujuh puluh persen dalam tubuh manusia terdiri dari unsur air. Akan tetapi pada kenyataannya, air

yang ada di alam tak selamanya bersih, yang pernah bersih pun makin hari makin terkena polusi dan kontaminasi. Sering pula kita menjumpai bahwa kualitas air tanah yang digunakan masyarakat kurang memenuhi syarat sebagai air bersih yang sehat. Keberadaan air bukan hanya untuk dikonsumsi, namun air juga memiliki banyak manfaat untuk memenuhi kebutuhan yang lain bagi manusia, seperti penggunaan air untuk sains, kesehatan, energi, pariwisata, konstruksi dan terutama untuk pertanian. Namun apabila tidak dikelola dengan baik dan bijaksana, air dapat memberikan dampak yang buruk bagi makhluk hidup di bumi, hal ini bisa terjadi apabila sumber daya air di bumi semakin berkurang dan terjadinya proses pencemaran yang mengakibatkan rusaknya kualitas air, sehingga makhluk hidup tidak dapat lagi memanfaatkan air bersih yang sehat sebagai kebutuhan hidup. Begitupun dengan peredaran air yang berlebihan dapat mengakibatkan banjir dan peredaran yang air sedikit/kurang dapat mengakibatkan kekeringan. Oleh karena itu perlu diupayakan pengendalian banjir dan pemanfaatan air harus dilakukan dengan bijak dan terukur. Selain memiliki manfaat biologis, air juga memiliki daya energi yang berupa daya angkut dan daya pikul. Energi air dapat dimanfaatkan oleh manusia untuk menunjang kebutuhan hidupnya, namun terkadang air dapat menjadi tenaga perusak. Tetesan air hujan dan aliran air dapat menyebabkan kerusakan tanah (erosi) dan sedimentasi. Hujan dan aliran air yang berlebihan dapat menyebabkan bencana banjir dan tanah longsor yang sering merugikan manusia, baik kerugian harta maupun jiwanya (Zaman et al., 2022).

## 1.2 Pengertian Dasar Manajemen Kualitas Air

Manajemen kualitas air adalah suatu upaya yang dilakukan untuk mengontrol keberadaan air agar tercapai kualitas air pada kondisi yang diinginkan sesuai dengan peruntukannya serta untuk menjamin agar kualitas air tetap dalam kondisi alamiahnya dengan memperhatikan faktor fisik yang meliputi: kepadatan (density), kekentalan (viscosity), suhu, cahaya, kecerahan, kekeruhan, warna dan salinitasnya. Faktor kimia meliputi oksigen, karbondioksida, pH (derajat keasaman), bahan organik dan garam mineral serta nitrogen. Faktor biologi meliputi plankton dan bakteri. Pengolahan air adalah usaha yang dilakukan secara teknis untuk mengubah sifat-sifat air yang bertujuan untuk menurunkan kekeruhan, memperbaiki derajat keasaman,

mengurangi bau serta menurunkan dan membunuh mikroorganisme dalam air, sehingga air menjadi jernih, tidak berwarna dan bebas dari bau. Tingkat atau intensitas pengolahan air tergantung pada kualitas air yang akan diolah. Semakin kotor kualitas air baku, maka semakin diperlukan pengolahan yang lebih intensif dan kompleks. (UU No. 7, 2004) menjelaskan bahwa pengelolaan sumber daya air adalah upaya dalam merencanakan, melaksanakan, memantau, mengevaluasi pelaksanaan dan pendayagunaan sumber daya air, konservasi sumber daya air serta pengendalian daya rusak air. Pengelolaan sumber daya air meliputi perencanaan, pengorganisasian, kepemimpinan, pengkoordinasian, pengendalian, pengawasan dan penganggaran. Sumber daya air dapat dikelola berdasarkan asas kelestarian, keseimbangan, kemanfaatan, keterpaduan, keserasian, keadilan, kemandirian serta transparansi dan akuntabilitas. (Grigg, 1996) mendefinisikan pengelolaan sumber daya air sebagai aplikasi dari cara struktural dan nonstruktural untuk mengendalikan sistem sumber daya air alam dan buatan manusia untuk kepentingan manusia dan kepentingan lingkungan. Tindakan-tindakan struktur (structural measure) untuk pengelolaan air adalah fasilitas-fasilitas terbangun (constructed facilities) yang digunakan untuk mengendalikan aliran air baik dari sisi kuantitas maupun kualitas. Tindakan-tindakan non-struktural (non-structural measure) pada pengelolaan air adalah program atau aktivitas-aktivitas yang tidak membutuhkan fasilitas-fasilitas terbangun.

Mutu air adalah kondisi kualitas air yang diukur dan atau diuji berdasarkan kriteria dan metode tertentu berdasarkan peraturan perundang-undangan yang berlaku. Status mutu air adalah tingkat kondisi mutu air yang menunjukkan kondisi cemar atau kondisi baik pada suatu sumber air dalam waktu tertentu dengan membandingkan dengan baku mutu air yang ditetapkan. Pencemaran air adalah masuknya atau dimasukkannya makhluk hidup, zat, energi dan atau komponen lain ke dalam air oleh aktivitas manusia, sehingga kualitas air turun sampai ke tingkat tertentu yang menyebabkan air tidak dapat berfungsi sesuai dengan peruntukannya. Pengelolaan kualitas air adalah upaya pemeliharaan air sehingga tercapai kualitas yang diinginkan sesuai fungsi peruntukannya untuk menjamin agar kualitas air tetap dalam kondisi alamiahnya. Pengendalian pencemaran air adalah upaya pencegahan dan penanggulangan pencemaran air serta pemulihan kualitas air untuk menjamin kualitas air agar sesuai dengan baku mutu air. Baku mutu air limbah adalah ukuran batas atau kadar unsur pencemar dan atau jumlah unsur pencemar yang ditenggang keberadaannya dalam air limbah yang akan dibuang atau dilepas ke dalam sumber air dari suatu usaha dan atau kegiatan (PP No. 82, 2001).

Sumber daya air yang terdapat dipermukaan bumi ini harus dikelola dengan baik agar dapat memberikan manfaat yang sebesar besarnya untuk kesejahteraan masyarakat, sehingga ketersediaan air tetap berjalan sesuai kebutuhan populasi makhluk hidup yang ada. Untuk mewujudkan hal tersebut maka sumber daya air dikelola dengan cara: 1) menyeluruh, yaitu mencakup semua bidang pengelolaan yang meliputi konservasi dan pendayagunaan sumber daya air, serta pengendalian daya rusak air yang meliputi satu sistem wilayah pengelolaan yang mencakup semua proses perencanaan, pelaksanaan, pemantauan dan evaluasi, 2) terpadu, yaitu pengelolaan yang dilaksanakan dengan melibatkan semua pemangku kepentingan antar sektor dan antar wilayah. Keberadaan air di suatu tempat yang berbeda membuat air bisa berlebih dan bisa berkurang, sehingga dapat menimbulkan banyak permasalahan. Oleh karena itu, air harus dikelola dengan bijak dengan pendekatan terpadu secara menyeluruh. Keterpaduan pengelolaan kualitas air dan pengendalian pencemaran air dilakukan dengan adanya koordinasi antar pemerintah daerah yang berada dalam satu kesatuan ekosistem air dan atau satu kesatuan pengelolaan sumber daya air, 3) berwawasan lingkungan hidup, yaitu pengelolaan yang dilakukan harus memperhatikan keseimbangan ekosistem dan daya dukung lingkungan, dan 4) berkelanjutan, yaitu pengelolaan yang dilakukan ditujukan untuk kepentingan generasi saat ini dan generasi yang akan datang. Pengelolaan sumber daya air mutlak dilakukan agar air dapat berfungsi dengan baik, terutama pada: a) fungsi sosial, di mana air dapat dinikmati oleh semua orang, b) fungsi lingkungan hidup, di mana air menjadi bagian dari ekosistem dan sebagai tempat kelangsungan hidup flora dan fauna, serta c) fungsi ekonomi, di mana air dapat digunakan untuk menunjang kegiatan usaha/ekonomi yang dilaksanakan dan diwujudkan secara serasi dan seimbang.

Air memiliki sifat yang dinamis dan pada umumnya mengalir melintasi batas wilayah administrasi pemerintahan. Oleh karena itu, pengelolaan kualitas air dan pengendalian pencemaran air tidak hanya dapat dilakukan secara partial oleh satu pemerintah daerah saja, akan tetapi harus dilakukan secara terpadu antar wilayah administrasi berdasarkan karakter ekosistemnya, sehingga dapat dikelola dengan efektif dan efisien. Kerja sama antar daerah dapat dilakukan melalui badan kerja sama antar daerah dengan berkoordinasi dan bekerjasama dengan instansi terkait, baik yang menyangkut rencana pemanfaatan air, pemantauan kualitas air, penetapan baku mutu air, penetapan daya tampung, penetapan mekanisme perizinan pembuangan air limbah, pembinaan dan pengawasan penataan.

Kegiatan Pengelolaan Kualitas Air (PKA) dan Pengendalian Pencemaran Air (PPA) harus dilakukan secara terpadu dengan menggunakan pendekatan ekosistem. Keterpaduan tersebut dilaksanakan melalui tahapan perencanaan, implementasi, pengamatan dan evaluasi.

Pemegang kewenangan pengelolaan kualitas air, yaitu:

1. Pemerintah melakukan pengelolaan kualitas air lintas Provinsi dan lintas batas-batas negara
2. Pemerintah Provinsi mengkoordinasikan pengelolaan kualitas air Kabupaten/Kota
3. Pemerintah Kabupaten/Kota melakukan pengelolaan kualitas air di Kabupaten/Kota (PP No. 82, 2001).

## 1.3 Upaya Pengelolaan Kualitas Air

Air sangat dibutuhkan oleh semua makhluk hidup, oleh sebab itu sumber daya air harus dilindungi agar tetap dapat dimanfaatkan dengan baik oleh manusia dan makhluk hidup lainnya. Pemanfaatan air untuk berbagai kepentingan harus dilakukan dengan arif dan bijaksana, dengan memperhitungkan generasi sekarang maupun generasi yang akan datang. Saat ini, masalah utama yang dihadapi oleh sumber daya air adalah kuantitas air yang sudah tidak mampu memenuhi kebutuhan manusia yang terus meningkat dan kualitas air domestik yang semakin menurun. (PP No. 82, 2001) menjelaskan bahwa untuk melestarikan fungsi air perlu dilakukan pengelolaan kualitas air dan pengendalian pencemaran air secara bijaksana dengan memperhatikan kepentingan generasi sekarang dan yang akan datang serta keseimbangan ekologis. Pengelolaan kualitas air dan pengendalian pencemaran air dilaksanakan secara terpadu melalui tahap perencanaan, pelaksanaan, pengawasan dan evaluasi dengan menggunakan pendekatan ekosistem.

Dalam PP No. 82, (2001) dijelaskan bahwa air dapat dibagi menjadi empat golongan kelas berdasarkan pemanfaatan yang berhubungan dengan kriteria air, yaitu:

1. Kelas satu, yaitu air yang peruntukannya digunakan untuk keperluan air baku untuk diminum, dan/atau peruntukkan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut.

2. Kelas dua, yaitu air yang peruntukannya dapat digunakan untuk prasarana/sarana rekreasi air, pembudidayaan ikan air tawar, peternakan, mengairi pertanian, dan/atau peruntukan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut
3. Kelas tiga, yaitu air yang peruntukannya dapat digunakan untuk pembudidayaan ikan air tawar, peternakan dan/atau peruntukan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut.
4. Kelas empat, yaitu air yang peruntukannya untuk mengairi pertanian dan/atau peruntukan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut.

Untuk menjaga agar kualitas air agar selalu memenuhi baku mutu air berdasarkan kelas dan sesuai peruntukannya, maka air tersebut perlu dipantau secara berkala. Pemantauan kualitas air dilakukan sekurang-kurangnya 6 (enam) bulan sekali. Pemantauan kualitas air berfungsi untuk memberikan informasi faktual tentang kondisi (status) kualitas air masa sekarang, kecenderungan masa lalu dan prediksi perubahan lingkungan pada masa yang akan datang. Informasi dasar yang dihasilkan dari kegiatan pemantauan dapat dijadikan acuan untuk menyusun perencanaan, evaluasi, pengendalian dan pengawasan lingkungan, rencana tata ruang, izin lokasi untuk usaha atau kegiatan, serta penentuan baku mutu air dan air limbah. Tujuan dari pemantauan kualitas air adalah untuk mendapatkan data kualitas air yang memenuhi kaidah hukum dan ilmiah untuk: 1) memenuhi kebutuhan penyampaian informasi lingkungan kepada masyarakat, 2) menetapkan dan menyampaikan status mutu air, 3) mengukur kinerja pengendalian pencemaran air, dan 4) menetapkan kebijakan pengendalian pencemaran air lainnya. Kegiatan pengelolaan kualitas air dan pengendalian pencemaran air dimulai dengan kegiatan pemantauan kualitas air, penetapan kualitas air serta kegiatan lainnya seperti Inventarisasi dan Identifikasi Sumber Pencemar (IISP), Daya Tampung Beban Pencemaran (DTBP) dan Alokasi Beban Pencemaran (ABP).

Kriteria kualitas sumber air dirumuskan berdasarkan pemanfaatan sumber-sumber air dan kualitas yang dipersyaratkan. Setiap kelas air memiliki kegunaan masing-masing yang dapat digunakan pada kegiatan-kegiatan tertentu. Penetapan baku mutu air, selain didasarkan pada peruntukannya, juga didasarkan pada kondisi nyata kualitas air yang mungkin berbeda antara satu

wilayah dengan wilayah yang lain. Penetapan baku mutu air dengan pendekatan golongan peruntukan perlu disesuaikan dengan menerapkan pendekatan klasifikasi kualitas air (kelas air). Oleh karena itu, dibutuhkan suatu pengelolaan dan penanganan air agar masyarakat menggunakan air yang terjamin kualitas kesehatannya, menyediakan produk air yang sehat dan nyaman, menjaga kebutuhan air konsumen serta mendapatkan air yang bebas dari kekeruhan, warna serta bau.

Masyarakat dalam memenuhi kebutuhan air cenderung menggunakan air yang bersumber dari dalam tanah, karena air tanah dinilai masih relatif bersih, memiliki suhu yang relatif rendah dan tercemarnya relatif kecil. Kebutuhan akan air bersih oleh manusia semakin meningkat seiring dengan bertambahnya populasi penduduk. Kenyataan yang terjadi saat sekarang adalah kualitas air semakin menurun dan mengalami penyimpangan tatanan sebagai dampak dari eksploitasi secara berlebihan dan aktivitas manusia yang tidak memperhatikan aspek lingkungan, sehingga banyak sumber sumber air yang mengalami penurunan kualitas dan tidak layak lagi untuk dikonsumsi. Penggunaan sumber mata air merupakan alternatif bagi daerah yang tidak mendapat pelayanan atau daerah yang tidak terjangkau oleh Perusahaan Daerah Air Minum (PDAM) yang merupakan Badan Usaha Milik Daerah (BUMD) yang memberikan jasa pelayanan dan menyelenggarakan kemanfaatan di bidang air minum. Banyak ditemukan masyarakat yang bermukim di wilayah pedesaan menggunakan air tanah dalam memenuhi kebutuhan air bersih untuk dikonsumsi dan keperluan sehari-hari seperti untuk mandi, mencuci, menyiram tanaman dan air minum untuk hewan ternak. (Gunawan, Prasetyo and Amarrohman, 2016) mengatakan air bersih merupakan air yang paling sedikit yang ada di bumi ini, sehingga diperlukan berbagai cara untuk tetap menjaga air bersih yang sangat dibutuhkan oleh manusia. Hampir 70 % wilayah yang berada di bumi ditutupi oleh air, namun hanya 2,5 % dari air tersebut yang masuk kategori air bersih. Bahkan hanya 1 persen saja dari jumlah total air bersih tersebut yang mudah didapat, sisanya sulit didapat karena berada dalam gletser dan bongkahan salju.

Pengelolaan kualitas air dilakukan untuk menjamin kualitas air yang diinginkan sesuai peruntukannya agar air tetap berada dalam kondisi alamiah. Usaha yang dapat dilakukan untuk mengelola kualitas air adalah dengan menjaga sumber sumber air pada 1) sumber air yang terdapat di dalam hutan lindung, 2) mata air yang terdapat di luar hutan lindung, dan 3) lapisan yang terdapat di bawah tanah yang mengandung air dan dapat mengalirkan air

(akuifer) air tanah dalam. Hal ini perlu dilakukan karena kondisi alamiah air yang terdapat dalam hutan lindung maupun mata air yang terdapat diluar hutan lindung serta akuifer air tanah dalam secara umum kualitasnya sangat baik. Air yang terdapat pada sumber-sumber tersebut akan sulit dipulihkan kualitasnya apabila sudah tercemar dan membutuhkan waktu yang sangat lama untuk memulihkan kembali seperti semula. Oleh karena itu, dibutuhkan suatu upaya agar kualitas air tersebut agar tetap terjaga kualitasnya agar tetap dapat bermanfaat bagi hidup dan kehidupan manusia serta makhluk hidup lainnya yang ada di bumi ini. (Faisal and Atmaja, 2019) mengatakan upaya yang dapat dilakukan untuk menjaga standar kualitas air sehingga dapat dimanfaatkan secara berkelanjutan sesuai dengan tingkat mutu air yang diinginkan adalah dengan melakukan pengelolaan kualitas air dan pengendalian pencemaran air. Air sebagai komponen lingkungan hidup akan dipengaruhi oleh komponen lainnya. Air yang kualitasnya buruk akan mengakibatkan kondisi kesehatan dan keselamatan manusia serta kehidupan makhluk hidup lainnya. Penurunan kualitas air akan menurunkan daya guna, hasil guna, produktivitas, daya dukung dan daya tampung dari sumber daya air yang pada akhirnya akan menurunkan kekayaan sumber daya alam (natural resources depletion).

Keberadaan air di muka bumi ini terbatas menurut ruang dan waktu baik secara kuantitas maupun kualitasnya. Air tidak selalu tersedia di mana-mana dan dari waktu ke waktu. Air sebagai penopang pembangunan sekarang ini semakin terancam keberadaannya, baik dan segi kuantitas maupun kualitasnya. Hal tersebut sebagian besar diakibatkan oleh ulah manusia yang kurang arif dalam mengelola lingkungan, sehingga berpengaruh terhadap sumber daya air dan pada akhirnya berdampak negatif terhadap manusia itu sendiri. Oleh karena itu, manusia harus merencanakan suatu upaya agar keberadaan air dapat tetap terjaga, baik kualitas maupun kuantitasnya. Rencana pendayagunaan air adalah rencana yang memuat potensi pemanfaatan atau penggunaan air, pencadangan air berdasarkan ketersediaannya, baik kualitas maupun kuantitasnya dan fungsi ekologisnya.

Untuk menjaga agar kualitas air agar tetap baik dan dapat dikonsumsi oleh masyarakat dan peruntukan lainnya dibutuhkan manajemen kualitas air dan langkah nyata serta kebijakan pemerintah, yaitu:

1. Mencegah penebangan pohon secara liar. Kegiatan menebang pohon secara liar, perambahan hutan, pengurangan kawasan hutan (deforestasi) dan penggunaan lahan yang tidak memperhatikan

kaidah-kaidah konservasi dapat menyebabkan permasalahan serius seperti banjir, kekeringan, tanah longsor dan yang paling parah adalah pemanasan global. Selain itu, penebangan pohon secara liar akan menyebabkan banyak nutrisi yang hilang dan juga terjadinya penurunan sumber daya air. Pohon sangat berperan dalam menjaga siklus air melalui akarnya, di mana pohon akan menyerap air dalam tanah, kemudian dialirkan ke daun dan akhirnya air tersebut akan menguap dan dilepaskan ke lapisan atmosfer. Ketika pohon ditebang dan daerah tersebut menjadi gersang, maka tidak ada lagi yang dapat membantu tanah untuk menyerap air dalam jumlah yang banyak. Hutan harus benar-benar dijaga dan dicegah dari upaya pengalihan fungsinya dan dari upaya penebangan pohon secara liar.

2. Melakukan reboisasi. Reboisasi adalah melakukan penghijauan kembali agar alam menjadi hijau yang dilakukan pada hutan yang sudah gundul agar dapat berfungsi sebagaimana mestinya. Salah satu fungsi kegiatan reboisasi adalah untuk membantu dalam menjaga siklus air. Hutan akan menjaga siklus air dengan menyerap kelembaban melalui daun dan akar. Hutan merupakan sistem penyimpanan alami air hujan dan memperlambat kegersangan di atmosfer. Selain itu, pepohonan yang terdapat dalam hutan akan membantu mencegah danau air tawar kehilangan kelembaban dan kekeringan. Salah satu fungsi hutan adalah mengendalikan daur air, karena hutan mampu mengatur, menyokong proses alami dan menyediakan air bersih apabila dijaga dengan baik. Hutan akan menyimpan air pada musim hujan pada saat ketersediaan air berlimpah dan pada musim kemarau dapat melepas air untuk dimanfaatkan oleh manusia pada saat ketersediaan air berkurang. Hutan tidak hanya sekedar dapat menyediakan air bersih, akan tetapi juga berperan dalam mengendalikan erosi, banjir dan tanah longsor. (Zaman et al., 2023) mengatakan bahwa ancaman terbesar dari erosi adalah terjadinya degradasi lahan yang pada akhirnya akan mengakibatkan berkurangnya kawasan untuk pembudidayaan tanaman, tegalan, kebun, hutan dan daerah penyangga serapan air.

3. Mengurangi penggunaan bahan kimia, merupakan salah satu cara yang sangat tepat untuk melindungi air dari pencemaran bahan-bahan berbahaya. Apabila bahan kimia yang telah dipakai larut dalam air, bahan-bahan tersebut dapat merusak ekosistem air. Zat-zat kimia yang masuk dalam air dapat menghancurkan alga-alga yang merupakan makanan plankton. Seperti penggunaan pestisida pada lahan pertanian yang bergerak dari lahan pertanian menuju aliran sungai dan danau yang dibawa oleh air hujan atau melalui penguapan, kemudian tertinggal atau larut pada aliran permukaan yang terdapat pada lapisan tanah dan larut bersama dengan aliran air tanah. Membuang atau tertumpahnya bahan-bahan kimia yang berlebihan pada permukaan air akan meningkatkan konsentrasi pestisida di dalam air. Kualitas air dipengaruhi oleh pestisida berhubungan dengan keberadaan dan tingkat keracunannya, di mana kemampuannya untuk diangkut adalah fungsi dari kelarutannya dan kemampuan diserap oleh partikel-partikel tanah.
4. Membuang sampah pada tempatnya. Kebiasaan masyarakat membuang sampah disembarang tempat seperti sungai, dapat menyebabkan pencemaran dan bencana banjir. Menumpuknya sampah di sungai dan selokan akan menutup aliran air, sehingga air akan meluap hingga ke jalan, bahkan bila volume air terus bertambah akan menggenangi rumah-rumah di sekitarnya. Air sungai yang sudah tercemar oleh sampah, tidak dapat lagi dimanfaatkan oleh masyarakat yang bermukim di sekitar sungai untuk mandi, mencuci dan sebagai sumber air bersih untuk dikonsumsi. Sampah merupakan tempat berkembang dan sarang dari serangga dan tikus, menjadi sumber polusi dan pencemaran tanah, air, dan udara serta menjadi sumber dan tempat hidup kuman-kuman yang membahayakan kesehatan. (Sicular, 1991) mengatakan sampah yang tidak diurus dengan baik, dapat mengakibatkan masalah besar. Menumpuk dan membuang sampah secara sembarangan pada kawasan terbuka dapat menyebabkan pencemaran tanah yang akan berdampak pada saluran air tanah. Begitupun dengan pembakaran sampah akan

mengakibatkan pencemaran udara dan pembuangan sampah ke sungai akan mengakibatkan pencemaran air, tersumbatnya saluran air dan bencana banjir.

5. Menjaga kebersihan lingkungan. Kebersihan lingkungan adalah hal mutlak yang harus kita lakukan demi menjaga keberadaan air agar tidak tercemar oleh limbah dan kotoran. Menjaga kebersihan lingkungan akan membuat air yang kita gunakan dan kita konsumsi tidak tercemar oleh kotoran. Hal tersebut merupakan tugas kita bersama untuk selalu menjaga kebersihan sungai, selokan dan sumber-sumber air yang kita butuhkan. Bersihkan sampah di sepanjang sungai, pantai maupun di sekitar jalan raya. Hal ini bisa kita ajarkan dan berikan contoh kepada anak-anak untuk selalu menjaga lingkungan agar tetap dalam keadaan bersih, karena sampah tersebut dapat mencemari lingkungan. Kebiasaan ini akan berdampak panjang pada kebersihan air. Air harus dihindarkan dari dampak pencemaran lingkungan agar tidak mengganggu kesehatan manusia, hewan dan makhluk hidup yang lain.
6. Alih fungsi lahan pertanian ke non pertanian. Alih fungsi lahan pertanian merupakan suatu proses perubahan penggunaan lahan dari bentuk penggunaan semula menjadi penggunaan lainnya diluar dari pertanian dan perkebunan. Alih fungsi lahan sangat berkaitan erat dalam penyediaan suplai air bersih yang menjadi kebutuhan utama manusia, kelestarian lingkungan dan kesuburan tanah. Akan tetapi seiring berjalannya waktu, alih fungsi lahan menjadi sebuah permasalahan yang sangat mengganggu ekosistem darat dan juga ketersediaan suplai air bersih. (Kementerian PPN/Bappenas, 2020) menjelaskan bahwa Negara memiliki tanggung jawab penuh dalam memastikan ketersediaan air bersih bagi penduduk.. Penyediaan air bersih menjadi salah satu bagian dari 17 (Tujuh Belas) tujuan pembangunan yang dibentuk oleh Perserikatan Bangsa-Bangsa (PBB) yang disebut tujuan pembangunan berkelanjutan (TPB) atau Sustainable Development Goals (SDGs) pada tujuan ke-6 (Enam) yaitu Air bersih dan sanitasi yang layak. Akses air bersih dan sanitasi

adalah salah satu tujuan SDGs sebagai salah satu cara untuk memberantas kesenjangan agar air bersih tetap terjaga dan lestari sehingga tidak memengaruhi masyarakat dan sektor pertanian serta sektor yang memerlukan pasokan air bersih. Tujuan SDGs tahun 2020 berisi tentang bagaimana merestorasi dan melindungi ekosistem terkait sumber daya air, termasuk hutan, pegunungan, danau, air tanah, sungai dan lahan basah dengan menjaga lahan dan hutan sebagai daya penyerap terbesar dan mencegah hal-hal yang tidak diinginkan terjadi. (Ridwan and Sodik, 2008) mengatakan penggunaan lahan oleh setiap kegiatan pembangunan akan mengubah tatanan lingkungan menjadi tatanan lingkungan baru. Hal tersebut dapat mengakibatkan perubahan kelestarian lingkungan. Apabila tidak dikelola dengan proses yang baik, maka akan mengakibatkan penurunan kualitas air bersih dan akan berbahaya bagi kehidupan habitat tertentu dalam ekosistem yang terkena dampak. Menurut (Kurniasari and Ariastita, 2014) bahwa upaya untuk mewujudkan ketahanan dan kedaulatan ekosistem darat dalam menjaga suplai air bersih harus dilakukan melalui pengendalian alih fungsi lahan ekosistem darat dan perlindungan lahan berdasarkan penggunaannya untuk meningkatkan kesejahteraan masyarakat dan meningkatkan ketersediaan sumber daya air bersih.

## **Bab 2**

# **Pengantar Pengelolaan Kualitas Air, Kondisi Global**

### **2.1 Pendahuluan**

Air merupakan salah satu sumber daya alam yang memiliki fungsi sangat penting bagi kehidupan manusia dan makhluk hidup lainnya. Pelestarian fungsi air dapat dilakukan melalui pengelolaan kualitas air dan pengendalian pencemaran air secara bijaksana yang menunjukkan manfaat bagi generasi sekarang dan mendatang serta keseimbangan ekologis.

Tujuan pelestarian kualitas air adalah untuk mempertahankan keadaan kualitas air sebagaimana keadaan alaminya. Kondisi alamiah air pada sumber air dalam hutan lindung, mata air dan akuifer air tanah dalam memiliki kualitas yang sangat baik. Air pada sumber-sumber air tersebut juga akan sulit dipulihkan kualitasnya apabila tercemar, dan perlu waktu bertahun-tahun untuk pemulihannya. Oleh karena itu, harus dipelihara kualitasnya sebagaimana kondisi alamiahnya.

Pengelolaan kualitas air dimaksudkan dalam memelihara kualitas air dengan tujuan melestarikan fungsi air dengan konsep melestarikan (consevation) atau mengendalikan (control). Hal ini berarti bahwa penggunaan air untuk berbagai manfaat dan kepentingan harus dilakukan secara bijaksana dengan

memperhitungkan kepentingan antar generasi. Untuk itu air perlu dikelola agar tersedia dalam jumlah yang aman, baik kuantitas, kualitas maupun kontinuitasnya sehingga bermanfaat bagi kehidupan dan perikehidupan manusia serta makhluk hidup lainnya agar tetap berfungsi secara ekologis, guna menunjang pembangunan yang berkelanjutan.

Di satu pihak, usaha dan atau kegiatan manusia memerlukan air yang berdaya guna, tetapi di lain pihak berpotensi menimbulkan dampak negatif, antara lain berupa pencemaran yang dapat mengancam ketersediaan air, daya guna, daya dukung, daya tampung, dan produktivitasnya. Untuk dapat menggunakan air secara berkelanjutan dan memajukan pembangunan secara berkelanjutan, diperlukan pengelolaan kualitas air dan pengendalian pencemaran air selama pembangunan.

Oleh karena itu, untuk mencapai pengelolaan yang efektif dan efisien, pelaksanaannya harus dilakukan secara terpadu antar kawasan pengelolaan dan berdasarkan sifat ekosistemnya. Hal ini dapat dilihat dari sifat air yang dinamis dan biasanya ada dan atau mengalir melintasi batas wilayah administrasi pemerintahan, maka pengelolaan kualitas air dan perlindungan air tidak dapat dilakukan hanya dengan salah satu dari pemerintah daerah saja.

Keterpaduan pengelolaan kualitas air dan pengendalian pencemaran air ini dilakukan melalui upaya koordinasi antar pemerintah daerah yang berada dalam satu kesatuan ekosistem air dan atau satu kesatuan pengelolaan sumber daya air antara lain daerah aliran sungai (DAS) dan daerah pengaliran sungai (DPS).

Kerja sama antar daerah dapat dilakukan melalui badan kerja sama antar daerah. Dalam koordinasi dan kerjasama tersebut termasuk dengan instansi terkait, baik menyangkut rencana pemanfaatan air, pemantauan kualitas air, penetapan baku mutu air, penetapan daya tampung, penetapan mekanisme perizinan pembuangan air limbah, pembinaan dan pengawasan penataan.

## 2.2 Pengelolaan Kualitas Air

Air merupakan sumber daya alam yang diperlukan bagi hajat hidup orang banyak, bahkan oleh semua makhluk hidup di bumi ini. Oleh karena itu, sumber daya air harus dilindungi agar tetap dapat dimanfaatkan dengan baik oleh manusia dan makhluk hidup lainnya (Effendi, 2003) .

Data World Health Organization (WHO, 2008) menyebutkan bahwa pemanfaatan air untuk memenuhi kebutuhan air sehari-hari akan mengalami perbedaan perhitungannya pada negara maju dan berkembang. Perhitungan kebutuhan air pada negara maju sekitar 60 – 120 liter per hari sedangkan negara berkembang termasuk Negara Indonesia memerlukan air sekitar 30 – 60 liter. Oleh karena itu, kegunaan air merupakan kebutuhan yang sangat penting dalam kehidupan manusia dan makhluk hidup lainnya sehingga air perlu untuk memenuhi persyaratan kesehatan dengan melakukan suatu pengelolaan kualitas air agar air tersebut tidak menimbulkan penyakit bagi manusia dan makhluk hidup lainnya.

Pengelolaan kualitas air merupakan suatu upaya pemeliharaan air sehingga tercapai kualitas air yang diinginkan sesuai peruntukannya untuk menjamin agar kualitas air tetap dalam kondisi alamiahnya. Pengelolaan kualitas air dilakukan untuk menjamin kualitas air yang diinginkan sesuai peruntukannya agar tetap dalam kondisi alamiahnya. Upaya pengelolaan kualitas air dapat dilakukan pada sumber yang terdapat di dalam hutan lindung, pada mata air yang terdapat di luar hutan lindung dan akuifer air tanah dalam. Air pada sumber-sumber air tersebut akan sulit dipulihkan apabila terjadi pencemaran sehingga perlu suatu upaya pemulihan dalam jangka waktu yang panjang sehingga perlu dipelihara kualitasnya sebagaimana kondisinya.

### 2.2.1 Kriteria Kualitas Air

Pengelolaan kualitas air dilakukan dalam menjamin kualitas air yang diinginkan sesuai peruntukannya agar tetap dalam kondisi alamiahnya. Kualitas air dapat diketahui dengan melakukan pengujian tertentu terhadap air tersebut. Sehat atau tidaknya suatu daerah aliran sungai (DAS) dapat dilihat dari kualitas air sungai yang merupakan salah satu komponen dan indikator dari lingkungan DAS (Setyowati, 2016).

Klasifikasi kualitas air merupakan pendekatan untuk menetapkan kriteria kualitas air dari tiap kelas, yang akan menjadi dasar untuk penetapan baku mutu air. Setiap kelas air mempersyaratkan kualitas air yang dinilai masih layak untuk dimanfaatkan bagi peruntukan tertentu (Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No. 82 Tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air Dan Pengendalian Pencemaran Air).

Klasifikasi kualitas air ditetapkan menjadi 4 (empat) kelas, yaitu:

1. Kelas satu, air yang peruntukannya dapat digunakan untuk air baku air minum dan atau untuk peruntukan lainnya yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut.
2. Kelas dua, air yang peruntukannya dapat digunakan untuk prasarana / sarana rekreasi air, pembudidayaan ikan air tawar, peternakan, air untuk mengairi pertanian, dan atau peruntukan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut.
3. Kelas tiga, air yang peruntukannya dapat digunakan untuk pembudidayaan ikan air tawar, peternakan, air untuk mengairi pertanian, dan atau peruntukan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut.
4. Kelas empat, air yang peruntukannya dapat digunakan untuk mengairi pertanian dan atau peruntukan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut (Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No. 82 Tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air Dan Pengendalian Pencemaran Air).

Air memiliki persyaratan kualitas tertentu sesuai dengan peruntukannya. Oleh karena perkembangan jumlah penduduk disertai dengan meningkatnya kegiatan masyarakat dan industri mengakibatkan perubahan fungsi lingkungan. Tingkat penurunan kualitas air akan memengaruhi kelestarian sumberdaya air yang tersedia untuk penggunaan yang bermanfaat, dan pada gilirannya akan membatasi tata guna lahan produktif. Persyaratan kualitas air minum berbeda dengan keperluan industri, pertanian, perikanan dan lainnya. Pengujian yang dilakukan adalah uji fisika, kimia, dan biologi (Setyowati, 2016).

Menurut Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No. 82 Tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air Dan Pengendalian Pencemaran Air menyebutkan bahwa beberapa persyaratan air yang digunakan untuk minum, yaitu:

1. Parameter fisika

Pengukuran parameter fisika mencakup pengukuran atas benda-benda padat yang meliputi keadaan benda benar-benar padat, benda padat

yang tetap dan mudah menguap, benda padat yang terlarut dan terapung, benda padat yang dapat diatur (Soemarwoto, 1986). Parameter fisika meliputi warna, rasa, bau, kekeruhan, temperatur dan daya hantar listrik (Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No. 82 Tahun 2001), suhu, kecepatan arus, kecerahan dan tinggi air (Effendi, 2003) serta kekeruhan, suhu dan bau (Soemarwoto, 1986).

## 2. Parameter kimia

Parameter kimiawi dikelompokkan menjadi kimia anorganik dan kimia organik. Standar air minum di Indonesia zat kimia anorganik dapat berupa logam, zat reaktif, zat-zat berbahaya dan beracun serta derajat keasaman (pH). Sedangkan zat kimia organik dapat berupa insektisida dan herbisida, (volatile organic chemicals) zat kimia organik mudah menguap zat-zat berbahaya dan beracun maupun zat pengikat oksigen. Parameter kimia yang meliputi kesadahan, pH, kadar logam seperti Fe, Mn, Cr, Cd, Zn), nitrat, flour, sulfat, klorida, amoniak, kebutuhan oksigen biokimiawi, kebutuhan oksigen kimiawi dan lainnya (PERATURAN MENTERI KESEHATAN Nomor : 416 /MEN.KES/ PER/IX/ 1990)

## 3. Parameter bakteriologis

Salah satu parameter kualitas air minum adalah parameter biologi yang berhubungan dengan keberadaan populasi mikroorganisme akuatik di dalam air, yang berakibat pada kualitas air. Parameter bakteriologis meliputi bebas total coliform, koli tinja. Bakteri coliform adalah mikroorganisme yang terdapat pada kotoran manusia maupun hewan. Kehadiran bakteri ini dalam air menunjukkan kemungkinan kehadiran bakteri patogen lain (Wibowo, 2013).

## 4. Persyaratan radioaktif meliputi sinar $\alpha$ , $\beta$ , $\gamma$ dan lainnya.

Kriteria parameter kualitas air dapat diketahui sebagai berikut:

1. Dissolve Oxygen (DO) merupakan kadar oksigen yang terlarut dalam air. Semakin tinggi kadar DO dalam air maka kualitas air semakin baik.

2. Biological Oxygen Demand (BOD) merupakan tingkat permintaan oksigen oleh makhluk hidup dalam air tersebut. Semakin tinggi kadar BOD dalam air maka semakin rendah kualitas air. Hal ini terjadi karena kandungan BOD yang tinggi akan diikuti dengan banyaknya pertumbuhan mikroba di sekitarnya sehingga menurunkan kadar DO dalam air.
3. Chemical Oxygen Demand (COD) merupakan tingkat kebutuhan senyawa kimia terhadap oksigen. Nilai COD berbanding terbalik dengan nilai DO.
4. Total Dissolve Solid (TDS) merupakan jumlah zat padat yang terlarut di dalam air. Nilai TDS juga berbanding terbalik dengan nilai DO.

Menurut Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No. 82 Tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air Dan Pengendalian Pencemaran Air menyebutkan bahwa baku mutu air merupakan ukuran batas atau kadar makhluk hidup, zat, energi, atau komponen yang ada atau harus ada dan atau unsur pencemar yang ditenggang keberadaannya di dalam air. Baku mutu air ditetapkan berdasarkan hasil pengkajian kelas air dan kriteria mutu air. Penetapan baku mutu air yang lebih ketat dan atau penambahan parameter pada air yang lintas Provinsi dan atau lintas batas negara, serta sumber air yang pengelolaannya di bawah kewenangan Pemerintah.

Penetapan baku mutu air yang didasarkan pada peruntukan semata akan menghadapi kesulitan serta tidak realistis dan sulit dicapai pada air yang kondisi nyata kualitasnya tidak layak untuk semua golongan peruntukan. Dengan ditetapkannya baku mutu air pada sumber air dan memperhatikan kondisi airnya, akan dapat dihitung besaran beban zat pencemar yang dapat ditenggang adanya oleh air penerima sehingga air dapat tetap berfungsi sesuai dengan peruntukannya. Beban pencemaran ini merupakan daya tampung beban pencemaran bagi air penerima yang telah ditetapkan peruntukannya.

Dengan adanya baku mutu air diharapkan akan terjadi kesamaan pandang dalam memandang lingkungan, dan memang baku mutu ini dimaksudkan untuk melindungi lingkungan dengan semakin banyaknya kegiatan manusia.

### 2.2.2 Program Pemantauan Kualitas Air

Program pemantauan kualitas air dapat dilakukan dengan pengambilan sampel pendahuluan (preliminary sampling/screening) yang diperlukan dengan tujuan untuk membantu dalam menyajikan informasi awal tentang keberadaan bahan pencemar beserta nilai konsentrasinya. Kemudian dilanjutkan dengan melakukan pemantauan kualitas air (monitoring) (Hadi, 2007).

Pemantauan lingkungan merupakan pengulangan uji parameter lingkungan di lokasi dan titik pengambilan sampel yang telah ditetapkan pada periode tertentu. Sehingga dapat disimpulkan bahwa ketika sampel lingkungan yang diambil dapat mewakili kondisi sesungguhnya untuk parameter yang sama dalam periode tertentu dan dapat dilakukan perbandingan kadar (Hadi, 2007)

Tujuan pemantauan lingkungan yaitu (Hadi, 2007):

1. Menentukan status kualitas lingkungan yang merupakan tugas dan tanggung jawab pemerintah untuk menentukan status kualitas lingkungan pada daerah dan waktu tertentu, terutama udara ambien, air sungai dan danau.
2. Mengelola sumberdaya alam yang memiliki tujuan dalam mengevaluasi pemanfaatan potensi sumber daya alam. Data yang diperoleh tersebut dapat digunakan untuk menentukan kebijakan penggunaan sumber daya alam agar lebih bermanfaat pada setiap generasi.
3. Menentukan kebijakan pengelolaan lingkungan dengan menggunakan data hasil pemantauan yang dapat digunakan sebagai dasar pertimbangan, penyusunan, evaluasi kebijakan pengelolaan lingkungan terutama dalam penetapan nilai baku mutu lingkungan dalam peraturan perundangan lingkungan hidup di pusat dan daerah. Penetapan nilai baku mutu lingkungan pada tingkat pusat berdasarkan pada kualitas lingkungan nasional dan teknologi pengendalian lingkungan yang ada. Sedangkan penetapan di daerah berdasarkan pada nilai baku mutu lingkungan di pusat dengan mempertimbangkan situasi dan kondisi setempat beserta sumber daya dan teknologi yang dapat diterapkan di daerah tersebut.

#### 4. Menghadapi masalah lingkungan global

Menurut (Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 115 Tahun 2003) tentang Pedoman Penentuan Status Mutu Air menyebutkan bahwa status mutu air adalah tingkat kondisi mutu air yang menunjukkan kondisi cemar atau kondisi baik pada suatu sumber air dalam waktu tertentu dengan membandingkan dengan baku mutu air yang ditetapkan. Penentuan status mutu air dapat menggunakan Metoda STORET atau Metoda Indeks Pencemaran.

Berikut adalah program dan inisiatif berupa rencana aksi yang bisa diimplementasikan antara lain (Kementerian Lingkungan Hidup, 2020):

1. Menginventarisasi tempat pengambilan air baku untuk air minum di sungai (intake) dan daerah irigasi yang terkena dampak kenaikan muka air laut dan upaya-upaya penanganannya;
2. Memperbaiki jaringan hidrologi di tiap wilayah sungai sebagai pendeteksi perubahan ketersediaan air maupun sebagai perangkat pengelolaan air dan sumber air
3. Menginventarisasi DAS yang mengalami pencemaran namun tingkat penggunaan airnya sangat tinggi untuk ditentukan prioritas penanganannya
4. Melaksanakan program pembangunan situ, embung dan waduk sebagai sarana penyimpan air dimusim hujan sehingga bisa dimanfaatkan di musim kemarau
5. Melanjutkan gerakan hemat air untuk segala keperluan air minum, domestik, pertanian, industri, pembangkit listrik, dan sebagainya
6. Meningkatkan daya dukung DAS dengan mencegah kerusakan dan memperbaiki daerah tangkapan air sebagai daerah resapan air melalui upaya konservasi lahan, baik dengan metode mekanis (misal: pembuatan terasering dan sumur resapan) maupun vegetatif
7. Mengembangkan teknologi dam parit yang dibangun pada alur sungai untuk menambah kapasitas tampung sungai, memperlambat laju aliran dan meresapkan air ke dalam tanah (recharging)
8. Melembagakan pemanfaatan informasi prakiraan cuaca dan iklim secara efektif dalam melaksanakan operasi dan pengelolaan air

- waduk/dam sehingga dapat menekan risiko kekeringan dan banjir lebih efektif
9. Mengadakan perubahan pola operasi dan pemeliharaan waduk dan bangunan pelengkap/penunjangnya untuk menyesuaikan dengan adanya peningkatan intensitas hujan dan berkurangnya curah hujan sebagai dampak adanya perubahan iklim
  10. Melakukan penelitian geohidrologi untuk mengetahui cekungan-cekungan air tanah, sehingga dapat dibangun dan dipertahankan situ-situ, danau-danau, dan pembangunan resapan air serta penampungan air, baik di gedung-gedung maupun di dalam tanah
  11. Perlu dikembangkan teknologi yang dapat memanfaatkan air laut menjadi air yang dapat diminum serta upaya daur ulang air
  12. Perlu perencanaan dan pelaksanaan strategi nasional pengelolaan lahan gambut secara berkelanjutan meliputi inventarisasi dan rehabilitasi lahan
  13. Penataan ruang yang berkelanjutan.

## 2.3 Pencemaran Air

Air sebagai komponen sumber daya alam yang sangat penting maka harus dipergunakan untuk sebesar-besarnya bagi kemakmuran rakyat. Hal ini berarti bahwa penggunaan air untuk berbagai manfaat dan kepentingan harus dilakukan secara bijaksana dengan memperhitungkan kepentingan antar generasi. Untuk itu air perlu dikelola agar tersedia dalam jumlah yang aman, baik kuantitas, kualitas maupun kontinuitasnya sehingga bermanfaat bagi kehidupan dan perikehidupan manusia serta makhluk hidup lainnya agar tetap berfungsi secara ekologis, guna menunjang pembangunan yang berkelanjutan.

Di satu pihak, usaha dan atau kegiatan manusia memerlukan air yang berdaya guna, tetapi di lain pihak berpotensi menimbulkan dampak negatif, antara lain berupa pencemaran yang dapat mengancam ketersediaan air, daya guna, daya dukung, daya tampung, dan produktivitasnya. Untuk dapat menggunakan air secara berkelanjutan dan memajukan pembangunan secara berkelanjutan, diperlukan pengelolaan kualitas air dan pengendalian pencemaran air selama pembangunan (Hadi, 2007).

Selain nilai ekologis dan sosial budaya, dampak negatif dari pencemaran air juga memiliki nilai ekonomi (biaya). Upaya pemulihan kondisi air yang tercemar, bagaimanapun, memerlukan biaya yang dapat melebihi nilai manfaat ekonomi dari kegiatan yang menyebabkan pencemaran tersebut. Demikian pula bila kondisi air yang tercemar dibiarkan (tanpa upaya pemulihan) juga memerlukan biaya, mengingat air yang tercemar akan menimbulkan biaya dalam menanggulangi akibat dan atau dampak negatif yang ditimbulkan oleh air yang tercemar.

Pencemaran terjadi bila dalam lingkungan terdapat bahan yang menyebabkan timbulnya perubahan yang tidak diharapkan, baik yang bersifat fisik, kimiawi, maupun biologis. Menurut Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No. 82 Tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air Dan Pengendalian Pencemaran Air menyebutkan bahwa pencemaran air merupakan kondisi di mana masuknya atau dimasukkannya makhluk hidup, zat, energi dan atau komponen lain ke dalam air oleh kegiatan manusia, sehingga kualitas air turun sampai ke tingkat tertentu yang menyebabkan air tidak dapat berfungsi sesuai dengan peruntukannya.

### 2.3.1 Sumber Pencemaran Air

Sumber pencemaran air dibagi menjadi 2 (dua) yaitu (Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan, 2017):

1. Sumber langsung (point source)

Sumber langsung merupakan sumber pencemaran yang berasal dari titik tertentu yang ada di sepanjang badan air penerima dengan sumber lokasi yang jelas. Titik lokasi pencemaran terutama berasal dari pipa pembuangan limbah industri yang tidak mengolah limbahnya maupun pembuangan hasil pengolahan limbah di IPAL (Instalasi Pengolahan Air Limbah) yang masuk ke badan air penerima.

2. Sumber tidak langsung (non-point source)

Sumber tak langsung merupakan sumber yang berasal dari kegiatan pertanian, peternakan, industri kecil/menengah, dan domestik yang berupa penggunaan dari barang konsumsi (Irsanda, 2014).

Sumber pencemaran yang masuk ke badan perairan juga dapat dibedakan atas 2 jenis, yaitu:

1. Pencemaran yang disebabkan oleh alam (polutan alamiah)  
Polutan alamiah merupakan polutan yang memasuki suatu lingkungan (seperti badan air) secara alami dan sulit dilakukan upaya pengendalian, seperti yang berasal dari akibat letusan gunung berapi, tanah longsor, banjir, dan fenomena alam yang lain.
2. Pencemaran karena kegiatan manusia (polutan antropogenik)  
Polutan antropogenik merupakan polutan yang disebabkan oleh aktivitas manusia, seperti kegiatan domestik (perumahan), kegiatan perkotaan, maupun kegiatan industri. Intensitas polutan antropogenik dapat dikendalikan dengan cara mengontrol aktivitas yang menyebabkan timbulnya polutan tersebut (Suyasa, 2015).

### 2.3.2 Beban Pencemaran

Beban pencemaran merupakan jumlah dari suatu unsur pencemar yang terkandung dalam air atau air limbah. Konsep beban relatif lebih baik dibandingkan dengan konsep terdahulu yaitu hanya mengendalikan kadar dari suatu polutan yang akan dibuang ke lingkungan. Konsep kadar memungkinkan penggunaan air secara berlebihan agar dapat memenuhi kadar yang disyaratkan, sedangkan konsep beban mengendalikan sekaligus kadar dan volume limbah yang akan dibuang.

Sebelum melakukan perhitungan beban pencemar, tahap pertama yang perlu dilakukan adalah menghitung potensi beban pencemar. Potensi beban pencemar dapat diketahui dengan menghitung antara faktor emisi limbah domestik dengan jumlah penduduk. Adapun data faktor beban pencemar limbah domestik dapat dilihat pada tabel 2.1

**Tabel 2.1:** Faktor Beban Pencemar Limbah Domestik (Iskandar, 2007)

No	Parameter	Faktor Beban Pencemar (g/orang/hari)
1	TSS	38
2	BOD	40

3	COD	55
4	Total N	1,95
5	Total P	0,21

### 2.3.3 Dampak Pencemaran Air

Dampak pencemaran air dapat terbagi dan dikategorikan ke dalam empat kelas, yaitu (Suyasa, 2015):

1. Dampak terhadap kehidupan biota air

Zat pencemar di dalam air dapat menurunkan kadar oksigen terlarut (DO) di dalam air. Oksigen diperlukan untuk mendegradasi / menguraikan zat-zat pencemar. Kehidupan air membutuhkan jumlah oksigen yang cukup. Jika kadar oksigennya menurun sampai pada tingkat tertentu, maka kehidupan biota perairan akan terganggu.

Kematian biota perairan antara lain ikan-ikan dan tumbuhan air juga disebabkan oleh adanya zat-zat beracun. Jika bakteri mati, maka proses penjernihan air limbah secara alamiah juga akan mengalami hambatan. Polusi termal dari limbah juga akan mengganggu kehidupan biota perairan.

2. Dampak terhadap kualitas air tanah

Polutan akan meresap ke dalam tanah melalui pori-pori tanah. Pada proses peresapan ini, tanah akan menjadi jenuh. Hal ini akan menimbulkan gangguan terhadap air tanah, sebagai salah satu sumber air minum yang paling banyak digunakan.

3. Dampak terhadap kesehatan

Air merupakan media bagi penyebaran penyakit sehingga dampak dapat terjadi akibat kualitas air. Terdapat beberapa penyakit yang dikategorikan sebagai waterborn diseases atau penyakit yang dibawa oleh air. Penyakit ini dapat menyebar apabila mikroba penyebabnya dapat masuk ke dalam sumber air yang digunakan untuk kebutuhan sehari-hari. Jenis mikroba yang penyebarannya melalui air cukup banyak, antara lain bakteri, protozoa dan virus.

#### 4. Dampak terhadap estetika lingkungan.

Proses industri menghasilkan hasil samping berupa limbah / bahan buangan. Jumlah limbah yang dihasilkan berbanding lurus dengan tingginya kegiatan produksi. Limbah dapat diolah dengan cara diendapkan terlebih dahulu, namun metode ini menimbulkan dampak bau yang menyengat. Penumpukan limbah juga memerlukan wilayah yang luas agar tidak mengganggu sanitasi dan kesehatan di pemukiman penduduk.

### 2.3.4 Pengendalian Pencemaran Air

Menurut Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No. 82 Tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air Dan Pengendalian Pencemaran Air menyebutkan bahwa pengendalian pencemaran air adalah upaya pencegahan dan penanggulangan pencemaran air serta pemulihan kualitas air untuk menjamin kualitas air agar sesuai dengan baku mutu air.

Dalam rangka upaya pengendalian pencemaran air ditetapkan daya tampung beban pencemaran air pada sumber air. Penetapan daya tampung beban pencemaran dilakukan secara berkala sekurang-kurangnya 5 (lima) tahun sekali.

Daya tampung dipergunakan untuk:

1. Pemberian izin lokasi
2. Pengelolaan air dan sumber air
3. Penetapan rencana tata ruang
4. Pemberian izin pembuangan air limbah
5. Penetapan mutu air sasaran dan program kerja pengendalian pencemaran air (Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No. 82 Tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air Dan Pengendalian Pencemaran Air).

Pengendalian pencemaran dan/atau kerusakan lingkungan hidup dilaksanakan dalam rangka pelestarian fungsi lingkungan hidup. Pengendalian pencemaran dan/atau kerusakan lingkungan hidup dilaksanakan oleh Pemerintah, pemerintah daerah dan penanggung jawab usaha dan/atau kegiatan sesuai dengan kewenangan, peran dan tanggung jawab masing-masing (Undang

Undang No 32 Tahun 2009 tentang Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup).

Setiap penanggung jawab usaha dan atau kegiatan yang membuang air limbah ke air atau sumber air wajib mencegah dan menanggulangi terjadinya pencemaran air. Persyaratan izin pembuangan air limbah yang dilakukan oleh penanggung jawab usaha dan atau kegiatan, yaitu:

1. Kewajiban dalam mengelola Limbah
2. Persyaratan mutu dan kuantitas air limbah yang boleh dibuang ke media lingkungan
3. Persyaratan cara pembuangan air limbah
4. Persyaratan untuk mengadakan
5. Sarana dan prosedur penanggulangan keadaan darurat
6. Persyaratan untuk melakukan pemantauan mutu dan debit air limbah
7. Persyaratan lain yang ditentukan oleh hasil pemeriksaan analisis mengenai
8. Dampak lingkungan yang erat kaitannya dengan pengendalian pencemaran air
9. Bagi usaha dan atau kegiatan yang wajib melaksanakan analisis mengenai dampak lingkungan
10. Larangan pembuangan secara sekaligus dalam satu atau pelepasan dadakan
11. Larangan untuk melakukan pengenceran air limbah dalam upaya penataan batas kadar yang persyaratkan
12. Kewajiban melakukan swapantau dan kewajiban untuk melaporkan hasil swapantau (Undang Undang No 32 Tahun 2009 tentang Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup)

Menurut Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 82 Tahun 2001, Pemerintah dan Pemerintah Provinsi, Pemerintah Kabupaten/ Kota sesuai dengan kewenangan masing masing dalam rangka pengendalian pencemaran air pada sumber air berwenang dalam

1. Menetapkan daya tampung beban pencemaran
2. Melakukan inventarisasi dan identifikasi sumber pencemar
3. Menetapkan persyaratan air limbah untuk aplikasi pada tanah

4. Menetapkan persyaratan pembuangan air limbah ke air atau sumber air
5. Memantau kualitas air pada sumber air
6. Memantau faktor lain yang menyebabkan perubahan mutu air

## 2.4 Kondisi Global Kualitas Air

Indonesia sedang mengalami perubahan iklim ekstrem yang ditunjukkan dari terjadinya anomali suhu udara dan perubahan pola curah hujan. Hasil pengamatan Badan Meteorologi, Klimatologi dan Geofisika (BMKG) dari tahun 1981 – 2021, tahun 2016 adalah tahun terpanas karena nilai suhu udara rata - rata tahunan  $0.8^{\circ}\text{C}$ , dan tahun 2020 adalah urutan kedua tahun terpanas dengan nilai  $0.7^{\circ}\text{C}$ , sedangkan curah hujan pada periode pengamatan 10 tahun (1991 – 2000) mengalami peningkatan dan 10 tahun berikutnya (2001 – 2010) mengalami penurunan curah hujan (BMKG, 2021).

Perubahan iklim pada Data IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) mengacu pada setiap periode waktu yang disebabkan oleh variabilitas secara alami atau dari akibat aktivitas manusia yang mengubah komposisi atmosfer global (Mc Carthy, J. J., O. F. Canziani, N. A. Leary, D. J. Dokken, 2002). Perubahan iklim terjadi karena adanya peningkatan konsentrasi emisi  $\text{CO}_2$  di atmosfer dan peningkatan kadar ozon di troposfer ( $\text{O}_3$ ) yang menciptakan efek rumah kaca, sehingga pemanasan global terjadi yang disertai oleh peningkatan suhu bumi, perubahan curah hujan, pola angin, dan evapotranspirasi (Lobell, David B., 2012).

Peningkatan suhu bumi akan mengakibatkan cadangan air di atmosfer meningkat sehingga mengurangi ketersediaan air di dalam tanah, khususnya pada saat musim kemarau. Lalu pada saat suhu atmosfer menurun, akan terjadi hujan yang intens. Hal ini dapat menyebabkan meningkatnya frekuensi dan intensitas terjadinya badai tropis dan kejadian ekstrim lainnya. Peningkatan suhu juga berdampak pada air dengan cara membentuk lingkungan untuk bakteri, protozoa, dan algae untuk tumbuh sehingga dapat menyebabkan penyakit dan kematian khususnya pada anak-anak (UNICEF, 2013).

Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia melaporkan Status Lingkungan Hidup Indonesia tahun 2020, menunjukkan bahwa Indeks Kualitas Air (IKA) di Wilayah Indonesia secara nasional pada

tahun 2015 – 2017, sebanyak 58,82% - 44,12% sungai berstatus kualitas cukup baik. Pada tahun 2018 sebagian besar (70,1%) sungai Indonesia memiliki kualitas baik dan cukup baik ( $IKA > 70$ ). Akan tetapi, pada 2019 kualitas sungai prioritas Indonesia mulai menurun, di mana mayoritas (76,5%) sungai memiliki kualitas kurang dan cukup baik ( $IKA: 50 - 70$ ) (BMKG, 2021).

Pada saat ini sumber air baku yang sudah mulai tercemar karena kegiatan antropogenik yang membawa dampak kepada kualitas air permukaan yaitu peningkatan parameter fisikokimia dan biologinya yang melebihi standar baku mutu, seperti perilaku manusia yang masih membuang sampah ke badan sungai, kontaminasi dari air limbah MCK (mandi cuci kakus), kotoran ternak yang dibuang ke badan air (Faisal dan Atmaja, 2019). Namun, jika ingin melihat kondisi sungai tidak tercemar dapat diketahui dari keberadaan fitoplankton sebagai indikator, karena fitoplankton memanfaatkan karbondioksida dan mengeluarkan oksigen di perairan sehingga membuat air di perairan sungai tersebut memiliki kualitas air yang baik dan layak dikonsumsi (Nirmalasari, 2018). Sedangkan untuk mengetahui kualitas air sungai dari parameter kimia salah satunya dapat diketahui melalui parameter BOD dan COD yang menggambarkan pengaruhnya akibat aktivitas manusia, jika parameter tersebut melebihi baku mutu, maka nilai oksigen di perairan tersebut akan menurun karena dipengaruhi dari masuknya kandungan organik ke badan air (Sara, Potjut Siti, Widyo Astono, 2018).

Pengelolaan air memiliki indikator sebagai transisi pengelolaan air dengan tujuan untuk mencapai praktik pengelolaan air yang lebih baik, di antaranya yaitu: (Zhu & Chang, 2020).

1. Water supply city: Ketersediaan dan aksesibilitas sumber daya air untuk kegiatan manusia
2. Sewered city: Membangun cakupan jaringan pembuangan limbah yang memadai untuk menjamin Kesehatan masyarakat dari risiko penularan penyakit melalui air
3. Drained city: Peningkatan efektivitas infrastruktur drainase untuk zero run off
4. Water ways city: Peningkatan kualitas air dan kemudahan badan air melalui penanganan dan pencegahan pencemaran
5. Water cycle city: Pemanfaatan air yang efisien dan penggunaan air yang berulang

6. Water sensitive city: Ketahanan sarana infrastruktur yang integratif dalam adaptasi menghadapi bencana dan perubahan iklim

Ketahanan ketersediaan air perlu dilakukan agar dapat memiliki kemampuan dalam menyediakan kebutuhan air, menghadapi permasalahan air, menjamin diagnosis lingkungan dan kemandirian mengatasi kondisi ekstrim pada perubahan iklim (Wuysang, E. ..., R. .. Trieweko, 2016). Pengaruh perubahan iklim dan urbanisasi pada ketersediaan dan kualitas sumber daya air dibutuhkan bentuk adaptasi yang diperlukan, seperti strategi dan dokumen pedoman pengelolaan sumber daya air, di Ethiopia telah memulai transisi ke rencana keamanan air yang disesuaikan dengan perubahan iklim untuk memastikan air minum yang aman (Van den Berg, Harold, Gretta Lynch, Ingmar Janse, Ana Maria de Roda Husman et al., 2019).



## **Bab 3**

# **Pencemaran Air di Berbagai Negara dan Nasional**

### **3.1 Pendahuluan**

Degradasi air bersih telah memburuk di seluruh dunia sejak tahun 1990-an dan diperkirakan akan meningkat lebih tinggi lagi yang menyebabkan peningkatan ancaman dan dampak negatif terhadap kesehatan manusia dan lingkungan. Pencemaran air merupakan tantangan global yang dihadapi baik oleh negara maju maupun negara berkembang dengan berbagai skala dan besaran, dengan potensi untuk melemahkan pertumbuhan ekonomi dan menimbulkan risiko yang semakin besar bagi kesehatan public, ketahanan pangan, dan jasa ekosistem. Polusi sangat erat kaitannya dengan pembangunan ekonomi bersama dengan pertumbuhan penduduk, perluasan pertanian, industri, dan produksi energi.

Tantangan kualitas air global membutuhkan perhatian mendesak dan tindakan informasi kohesif untuk menghindari kesulitan air global. Menurut Vadde et al.(2018), kualitas air merupakan salah satu komponen lingkungan yang sangat penting dan dijadikan sebagai indikator mengenai baik buruknya perairan sungai. Kualitas air telah menurun drastis secara global karena pengaruh faktor alam dan antropogenik selama beberapa dekade. Meskipun pentingnya

ekosistem air tawar yang sehat dan kebutuhan akan kecukupan air bersih untuk keperluan minum dan rumah tangga tujuan yang secara umum diakui sebagai komponen vital bagi kehidupan di bumi, namun pencemaran sumber daya air tawar dan ekosistemnya pada saat ini semakin tinggi.

World Economic Forum menyatakan bahwa degradasi sumber daya air tawar merupakan sepuluh besar risiko global yang dihadapi negara-negara di dunia dalam satu dekade terakhir (Plessis, 2022). Degradasi kualitas air adalah salah satu tantangan utama yang dihadapi masyarakat di seluruh dunia selama abad ke-21, dan kegagalan untuk mengatasi masalah ini kemungkinan akan memiliki dampak yang serius untuk mewujudkan beberapa Tujuan Pembangunan Berkelanjutan (SDGs).

Kelanjutan pertumbuhan populasi, perluasan kegiatan antropogenik, pertumbuhan sosial ekonomi dan peningkatan variabilitas iklim menjadi pendorong utama pencemaran air global dengan memproduksi lebih banyak limbah dan air limbah, yang kebanyakan tidak dilakukan pengolahan dan jumlahnya tidak terkendali ke sumber daya air. Besarnya penggerak utama ini pada akhirnya akan menentukan kontribusi keseluruhan dari berbagai jenis polutan dan pencemaran pertanian.

Meskipun “Air bersih dan sanitasi” menjadi salah satu Tujuan Pembangunan Berkelanjutan (no. 6), dan Perserikatan Bangsa-Bangsa (PBB) terus bekerja untuk menjamin akses air minum bagi semua orang, sekitar 1.000 anak meninggal setiap tahun akibat penyakit yang dapat dicegah terkait air dan sanitasi. Menurut PBB, 80% air limbah dilepaskan ke lingkungan tanpa pengolahan apa pun. Proses eutrofikasi yang ditandai dengan peningkatan nutrisi yang tidak proporsional seperti fosfor yang dihasilkan oleh pupuk, pestisida atau kotoran hewan, mengubah struktur sungai dan ekosistemnya, serta memengaruhi biota yang hidup di dalamnya. Ini hanyalah salah satu penyebab masalah pencemaran yang menenggelamkan sungai-sungai kita. Sistem pengolahan air limbah dalam banyak kasus dapat menjadi solusi untuk masalah ini (UN-Water, 2021).

Menurut PP. Nomor 82 Tahun 2001 tentang pengelolaan kualitas air dan pengendalian pencemaran air mendefinisikan pencemaran air adalah masuk atau dimasukkannya makhluk hidup, zat, energi, dan atau komponen lain ke dalam air oleh kegiatan manusia sehingga kualitas air turun sampai ke tingkat tertentu. Bahan pencemar yang masuk ke lingkungan perairan biasanya merupakan limbah dari suatu aktivitas manusia.

## 3.2 Tantangan Kualitas Air Global dan SDGs

Kualitas air merupakan salah satu tantangan utama yang akan dihadapi masyarakat selama abad ke-21, yang mengancam kesehatan manusia, membatasi produksi pangan, mengurangi fungsi ekosistem, dan menghambat pertumbuhan ekonomi. Degradasi kualitas air diterjemahkan langsung menjadi masalah lingkungan, sosial dan ekonomi. Ketersediaan sumber daya air dunia yang langka semakin terbatas karena pencemaran sumber daya air tawar yang memburuk yang disebabkan oleh pembuangan sejumlah besar air limbah yang tidak diolah dengan baik, atau tidak diolah, ke dalam sungai, danau, akuifer dan perairan pesisir. Selain itu, polutan yang baru muncul seperti produk perawatan pribadi dan obat-obatan, pestisida, dan bahan kimia industri dan rumah tangga, serta perubahan pola iklim merupakan tantangan kualitas air yang baru, dengan dampak jangka panjang yang masih belum diketahui pada kesehatan manusia dan ekosistem.

Fakta Kualitas Air (UNESCO, 2021):

1. Satu dari sembilan orang di seluruh dunia menggunakan air minum dari sumber yang tidak layak dan tidak aman;
2. 2,4 miliar orang hidup tanpa bentuk sanitasi apapun;
3. Kurangnya sanitasi adalah salah satu bentuk pencemaran air yang paling signifikan;
4. 90% limbah di negara berkembang dibuang tanpa diolah langsung ke badan air;
5. Setiap hari 2 juta ton limbah dan limbah lainnya mengalir ke perairan dunia;
6. Industri membuang sekitar 300-400 megaton limbah ke badan air setiap tahun;
7. Polusi sumber non-titik dari pertanian dan daerah perkotaan seringkali sangat meningkatkan beban polutan total bersamaan dengan polusi sumber titik industry;
8. Pengurangan sekitar sepertiga dari keanekaragaman hayati global diperkirakan sebagai konsekuensi dari degradasi ekosistem air tawar

terutama karena pencemaran sumber daya air dan ekosistem perairan; dan

9. Penggunaan kembali air limbah di pertanian penting untuk mata pencaharian, tetapi terkait dengan risiko kesehatan yang serius.

Agenda 2030 dan Tujuan Pembangunan Berkelanjutan (SDGs) (Gambar 1) membawa masalah kualitas air ke garis depan tindakan internasional dengan menetapkan Tujuan 6 yang secara khusus bertujuan untuk “memastikan ketersediaan dan pengelolaan air dan sanitasi yang berkelanjutan untuk semua” untuk menjawab tantangan mendesak yang ditimbulkan oleh kualitas air masalah.

Kualitas air dibahas juga di bawah SDGs lainnya seperti tujuan kesehatan, pengentasan kemiskinan, ekosistem dan konsumsi dan produksi berkelanjutan, mengakui hubungan antara kualitas air dan isu-isu lingkungan, sosial ekonomi dan pembangunan utama (Tujuan 1, 3, 12, 15 dan Target 1.4, 3.3, 3.9, 12.4, 15.1). Fokus yang jelas pada kualitas air dalam SDGs menunjukkan meningkatnya perhatian pada kebutuhan mendesak untuk meningkatkan kualitas air di seluruh dunia.



**Gambar 3.1:** Tujuan Pembangunan Berkelanjutan Sumber: Bappenas (2022).

## 3.3 Pencemaran Air di Benua Asia

Kualitas air telah memburuk di hampir semua sungai besar di benua Afrika, Asia, dan Amerika Selatan disebabkan oleh pencemaran pertanian. Selain itu, pengelolaan sisa air limbah perkotaan dan industri juga menjadi penyebab degradasi air di negara berpenghasilan rendah dan ekonomi berkembang. Hal ini terjadi karena kurangnya dukungan infrastruktur pengelolaan air limbah dan keterampilan sumberdaya manusianya. Pencemaran pertanian, bagaimanapun, memberikan berkontribusi lebih besar terhadap pencemaran air di negara berkembang karena ekspansi pertanian. Negara-negara berpenghasilan rendah dan menengah kebawah akan menghadapi risiko peningkatan terbesar dalam paparan polutan karena populasi yang lebih tinggi dan pertumbuhan ekonomi, terutama di benua Afrika (FAO dan IWMI, 2017).

95 persen plastik yang mencemari laut dan samudera dunia hanya berasal dari 10 sistem sungai. Sungai-sungai besar ini membawa sekitar delapan juta metrik ton sampah plastik setiap tahun, di mana hampir 88 persen polusi plastik berasal dari sungai di Asia. Di antara 10 sungai ini, delapan berada di Asia. Lima dari sungai terkotor ini berada di Cina, yaitu Sungai Yangtze, Sungai Kuning, Sungai Hai, Sungai Pearl, dan Sungai Amur. Kemudian Sungai Indus di Pakistan, Sungai Gangga di India dan Sungai Mekong yang mengalir melalui Cina dan lima negara di Asia Tenggara (Conserve Energy Future, 2020).

### 3.3.1 Jepang

Pada tahun 1932-1968, bencana pencemaran air laut terjadi di Jepang oleh Pabrik Kimia Chisso yang membuang limbah mengandung merkuri yang tidak diolah langsung ke Teluk Minamata dan Laut Shiranui (Gambar 2). Limbah tersebut telah mengakumulasi pada ekosistem di laut, menyebabkan manusia dan hewan keracunan merkuri. Penyakit akibat keracunan merkuri ini disebut penyakit Minamata. Keracunan pertama ditemukan pada tahun 1956 tetapi baru pada tahun 1968 pihak berwenang secara resmi sampai pada kesimpulan bahwa penyebab Minamata disebabkan oleh limbah dari pabrik kimia Chisso. Konsekuensinya berlangsung selama 36 tahun. Orang yang tercemar mengalami kejang-kejang, anggota badan lemas, tidak bisa berkata-kata dan cacat lahir janin. Akibat penyakit ini, dilaporkan hampir 2.000 orang meninggal dunia.



**Gambar 3.2:** Lokasi Pencemaran Merkuri Teluk Minamata Tahun 1932(Sumber: Le et al., 2017).

Pada tahun 2004, Pabrik Kimia Chisso telah membayar \$86 juta sebagai kompensasi kepada para korban dan diwajibkan untuk membersihkan wilayah laut yang terkontaminasi. Penyakit Minamata tetap menjadi salah satu dari empat penyakit paling serius yang disebabkan oleh pencemaran lingkungan di Jepang. Konsekuensinya masih berlanjut hingga saat ini, ketika korban berusia di atas 40-50 tahun, hanya bisa tinggal di dalam rumah, terisolasi dari masyarakat dan mendapatkan perawatan dari keluarga. Tuntutan hukum terhadap Pabrik Kimia Chisso dan otoritas regional Jepang terus berlanjut sampai saat ini.

### 3.3.2 Cina

#### 1. Pencemaran Air di Sungai Songhua

Perusahaan Industri Kimia Jilin Catlam yang berada di Shanghai, sekarang dikenal sebagai Jilin Petroleum, membuang 114 ton merkuri dan 5,4 ton metilmerkuri ke Sungai Songhua dari tahun 1958 hingga 1982. Kasus pertama keracunan merkuri muncul pada tahun 1965. Pada tahun 1973, jumlah merkuri yang diukur pada rambut nelayan di hulu Kota Jilin adalah 52,5 mg/kg. Pada bulan Juli tahun 1973,

pemerintah Jilin meluncurkan penyelidikan pencemaran Sungai Songhua.

Menurut Organisasi Kesehatan Dunia (WHO), pada tahun 1976, pihak berwenang China mengaku terinfeksi Minamata. Setelah kejadian tersebut, pabrik mengurangi jumlah pelepasan merkuri, tidak berhenti sepenuhnya. Saat ini, pabrik mulai mengolah air. 100 km ke hilir sungai mengalir melewati kota Jilin tanpa ikan dan udang. Pada tahun 1978, pemerintah meminta pabrik kimia Jilin untuk membersihkan polusi selama tiga tahun. Pembersihan sungai dimulai pada Maret 1979 dan selesai pada akhir 1980-an, dengan total 192.000 ton air. Pada 1979-1981, pemerintah memberi kompensasi kepada nelayan hampir 4 juta yuan (sekitar \$ 2,56 juta dengan nilai tukar 1979). Namun, pihak pemerintah China belum mempublikasikan data spesifik jumlah orang yang terinfeksi Minamata di kawasan Sungai Songhua.

Laporan penelitian dari Medical Library of America (PMC) pada bulan September 2010, meskipun konsentrasi merkuri dalam air sungai telah menurun, mungkin membutuhkan waktu beberapa dekade atau 100 tahun agar kadar merkuri di perairan sungai menjadi mendekati semula. Konsentrasi merkuri pada ikan telah menurun lebih dari 90% dibandingkan tahun 1975, tetapi masih 2-7 kali lebih tinggi dari normal dan diperkirakan akan kembali normal setidaknya selama 10 tahun

## 2. Pencemaran Air di Sungai Yangtze

Sungai Yangtze adalah sungai terpanjang di Cina dan Asia dan sungai terpanjang ketiga di dunia, dengan panjang 3.915 mil (6.300 km). Daerah aliran sungainya adalah rumah bagi hampir 500 juta orang, yang merupakan hampir sepertiga dari populasi negara itu. Ini adalah sungai terpanjang di dunia yang mengalir seluruhnya dalam satu negara. Cekungan sungai menyumbang 40% sumber daya air tawar China, lebih dari 70% produksi beras, dan lebih dari 70% produksi perikanan.

Pembuangan tahunan limbah dan limbah industri adalah 35,3 miliar ton (47% dari total pembuangan limbah China). Seiring perkembangan ekonomi China, polusi di Yangtze dan danau-danaunya berlipat ganda – terutama dari sabuk industri, zona pengembangan teknologi tinggi, dan pertanian, termasuk peternakan ikan dan babi skala besar. Kehilangan luas dataran banjir untuk pertanian telah mengurangi kemampuan cekungan untuk mendetoksifikasi polutan. Orang-orang yang tinggal di sepanjang aliran sungai terkena air yang tercemar, yang mengakibatkan meningkatnya jumlah pengidap penyakit kanker. Buaya Cina, yang ditemukan di bagian hilir Yangtze, adalah spesies buaya paling terancam di dunia. Lumba-lumba tanpa sirip sangat terancam punah, sedangkan ikan dayung Cina belum pernah terlihat hidup sejak tahun 2003 dan lumba-lumba sungai Cina (baiji), dianggap punah secara fungsional meskipun penampakan sesekali belum dikonfirmasi.

### 3.3.3 India

Sungai Gangga (2.525 km), dianggap sebagai sungai tersuci dalam agama Hindu, Gangga berasal dari gletser Gangotri di Himalaya barat dan mengalir melalui dataran Gangga di India Utara, dan kemudian memasuki Bangladesh, dan bermuara di Teluk Benggala. Sungai Gangga adalah sistem sungai terpenting di India karena ketersediaan air yang melimpah sepanjang tahun, dan telah memainkan peran utama dalam pertumbuhan peradaban dan ekonomi India. Sungai Gangga menyumbang 25% dari sumber daya air India. Cekungan Gangga adalah salah satu daerah yang paling padat penduduknya di dunia dengan kepadatan rata-rata 520 orang/km<sup>2</sup>. Cekungan ini menopang lebih dari 300 juta orang di India, Nepal, dan Bangladesh. Cekungan sungai Gangga yang sangat kaya akan warisan, nilai budaya dan agama, mengalir sekitar 1.060.000 km<sup>2</sup> dan merupakan yang terbesar kelima di dunia [Gopal, 2000]. Sistem sungai mengalir sekitar seperempat dari anak benua India. Di India, sungai Gangga melewati 29 kota kelas I, 23 kota kelas II dan sekitar 50 kota kelas III (Agrawal et al., 2010).

Limbah sungai Gangga, baik sungai maupun air tanah, telah mengalami tekanan ekstrim selama beberapa dekade. Pembuangan limbah beracun yang tidak diolah ke sungai Gangga dari berbagai industri (bahan kimia, pupuk,

pengolahan makanan, goni, industri berat, dan mobil), dan kegagalan fungsi instalasi pengolahan air di ratusan pusat kota (Kanpur, Varanasi, Allahabad, Patna, Bhagalpur, Berhampur, Krishna Nagar, Kolkata, dan Howrah.), debit sumber non-titik dari praktik irigasi (padi, rami, tebu, kacang-kacangan, jagung, dan rami), pengaturan navigasi sungai, dan pembangkit listrik, telah menyusahkan ratusan juta jiwa di dataran aluvialnya (Mukherjee, 2018).

Sungai Gangga menderita tingkat polusi yang ekstrim, yang disebabkan oleh 400 juta orang yang tinggal di dekat sungai (Gambar 3). Limbah dari banyak kota di sepanjang jalur sungai, limbah industri dan persembahan keagamaan yang dibungkus dengan plastik yang tidak dapat terurai menambahkan sejumlah besar polutan ke sungai saat mengalir melalui daerah padat penduduk. Masalahnya diperparah oleh fakta bahwa banyak orang miskin bergantung pada sungai pada sehari-hari untuk mandi, mencuci, dan memasak (Conserve Energy Future, 2020).



**Gambar 3.3:** Pencemaran Air di Sungai Gangga Sumber: Rizvi (2019).

Bank Dunia memperkirakan bahwa biaya kesehatan akibat pencemaran air di India sama dengan tiga persen dari PDB India. Itu juga sudah menunjukkan bahwa delapan puluh persen dari semua penyakit di India dan sepertiga dari kematian dapat dikaitkan dengan penyakit yang ditularkan melalui air. Penyebab utama pencemaran air di sungai Gangga adalah peningkatan kepadatan penduduk, berbagai aktivitas manusia seperti memandikan, mencuci pakaian, memandikan hewan, dan membuang berbagai limbah industri yang berbahaya ke sungai (Pratapwar, 2019).

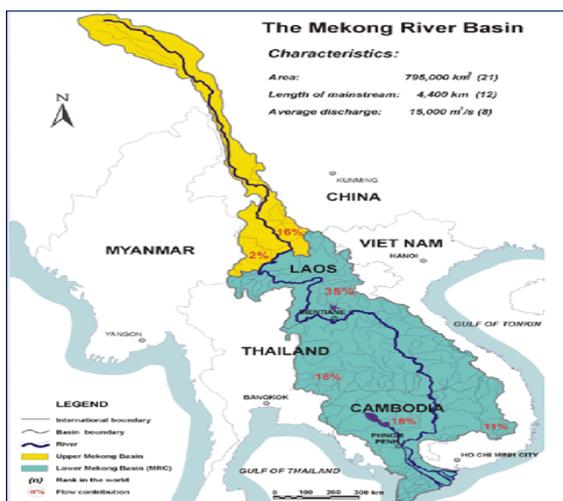
Menurut sebuah studi oleh Dewan Riset Medis India (ICMR) pada tahun 2019, Sungai Gangga begitu penuh dengan polutan beracun sehingga orang

yang tinggal di dekat bantaran sungai lebih rentan terhadap kanker daripada di tempat lain di India. Pencemaran yang terjadi pada Sungai Gangga menyebabkan 38 juta orang terinfeksi oleh penyakit yang ditularkan melalui air dan lebih dua juta kematian per tahun (Global Health, 2020).

### 3.3.4 Asia Tenggara

Sungai Mekong (4.350 km) adalah sungai terpanjang kedua belas dan terpanjang ketujuh di Asia yang melintasi enam negara (Gambar 4). Perikanan cekungan Mekong bagian bawah memiliki perkiraan hasil tahunan sebesar 4,4 juta ton, senilai USD17 miliar (Conserve Energy Future, 2020).

Sungai Mekong mengalir dari Dataran Tinggi Tibet melalui Cina, Myanmar, Laos, Thailand, Kamboja, dan Vietnam sebelum mengalir ke Laut Cina Selatan. Wilayah Laos meliputi 25% dari cekungan Mekong, diikuti oleh Thailand (23%), Cina (21%), Kamboja (20%), Vietnam (8%) dan Myanmar (3%) (CGIAR, 2020). Cekungan Mekong adalah salah satu daerah terkaya keanekaragaman hayati di dunia, menopang sekitar 66 juta orang, yaitu 10% dari total penduduk ASEAN, termasuk “sebagian besar penduduk Laos dan Kamboja, sepertiga dari 65 juta penduduk Thailand, dan satu-perlima dari 90 juta penduduk Vietnam (Eyler, 2019).



**Gambar 3.4:** Peta Sungai Mekong Sumber: Heather et al., (2009).

Ekosistem Sungai Mekong berada di ambang keruntuhan yang tidak dapat diubah karena efek kumulatif dari perubahan iklim dan peningkatan jumlah bendungan di hulu serta aktivitas buatan manusia lainnya seperti penggundulan hutan, penambangan pasir, irigasi ekstensif untuk pertanian, dan konversi lahan basah. Pada tahun 2019, kekeringan parah menyebabkan ketinggian air di sungai turun ke level terendah dalam lebih dari 100 tahun (Lovgren, 2019).

Perubahan kondisi hidrologis Sungai Mekong dengan kekeringan dan banjir yang tak terduga serta berkurangnya sedimen sungai telah mendatangkan malapetaka pada produksi pertanian dan perikanan darat. Danau Tonle Sap menyumbang dua pertiga tangkapan ikan Kamboja – sumber utama asupan protein penduduknya. Namun, semakin banyak nelayan lokal yang melaporkan berkurangnya tangkapan ikan. Pada Desember 2020, Kementerian Pertanian, Kehutanan, dan Perikanan Kamboja mengumumkan bahwa tangkapan ikan air tawar di antara beberapa nelayan berlisensi negara itu turun 31% dibandingkan tahun 2019.

Sementara itu, pada awal tahun 2020, Delta Mekong Vietnam mengalami kekeringan terparah dan intrusi air asin yang memengaruhi 42,5% luas daratannya, atau 1.688.600 hektar, meningkat tajam dari tahun 2016 sebesar 50.376 hektar. Sedimen sungai yang mencapai delta diperkirakan sepertiga dari tahun 2007, yang secara kritis berdampak pada produksi pertanian negara (Hiebert, 2021). Delta tersebut menghasilkan lebih dari 50% produksi beras Vietnam dan 60% dari total perikanan. Pencemaran air dan penangkapan ikan ilegal mengancam 1.200 spesies ikan air tawar Mekong dan 800 spesies reptil dan amfibi. Lumba-lumba yang tertangkap jaring ikan ilegal diburu untuk diambil lemaknya sebagai pelumas dan bahan bakar. Tingkat racun pestisida, merkuri (dari penambangan emas) dan polutan lainnya telah ditemukan pada lumba-lumba Irrawaddy yang mati. 11 bendungan yang direncanakan di sepanjang Sungai Mekong bagian bawah di Laos dan Kamboja membahayakan populasi ikan dan merusak perikanan (Cosslett et. al., 2014).

## 3.4 Pencemaran Air di Benua Eropa

Saat ini, masalah utama pencemaran air di negara-negara Uni Eropa (UE) bersumber dari air limbah perkotaan dan industri, dari pertanian, pertambangan dan tempat tinggal yang tidak terhubung ke sistem pembuangan limbah. Secara keseluruhan, 6% badan air permukaan dan 17% air tanah di negara-negara Eropa secara signifikan mengalami pencemaran yang disebabkan oleh limbah dari pertanian, baik berasal dari pencucian pupuk maupun pestisida. Selain itu, pengendapan polutan udara, khususnya merkuri, menyebabkan status kimiawi yang buruk pada badan air di Eropa (EEA, 2021).

European Environment Agency (EEA) melaporkan bahwa penggunaan pestisida yang terus menerus pada lahan pertanian menyebabkan berbagai masalah di Uni Eropa. Tingkat pestisida yang substansial pada saat ini mencemari sumber daya air Eropa, perusahaan utilitas di seluruh UE terpaksa menghabiskan banyak biaya untuk pengolahan air setiap tahun. Perkiraan menyarankan investasi tahunan sebesar €24,4 juta di Belanda, €130 juta di Jerman, dan €170 juta di Inggris yang pada akhirnya biaya ini dibebankan kepada konsumen (EEA, 2021).

Selain membunuh satwa liar, pestisida yang digunakan di Uni Eropa (UE) juga mencemari sumber daya air yang vital. Menurut sebuah studi baru-baru ini yang dilakukan atas nama industri air Eropa, kontaminasi pestisida paling akut terjadi di daerah sungai dataran rendah, khususnya di Belgia, Prancis, Belanda, dan Inggris. Di keempat negara ini, sebagian besar sumber daya mengandung residu di atas ambang batas legal, seringkali dengan margin yang signifikan. Di Jerman, Denmark, dan Belanda, polusi pestisida yang melebihi batas legal kini memengaruhi hingga 10% dari semua sumber daya air tanah [Pestisida mencemari aliran air]. Tidak mengherankan, beberapa kontaminan yang paling sering menyebabkan masalah pencemaran air di seluruh Eropa termasuk di antara pestisida yang paling umum digunakan di UE (pembunuh gulma: atrazin, isoproturon, dan MCPA) (EEA, 2021).

## 3.5 Pencemaran Air di Benua Afrika

### 3.5.1 Nigeria

Menurut WWAP (2015), air minum yang aman tidak dapat diakses oleh lebih dari 1,1 miliar populasi penduduk dunia, di mana 90% nya bertempat tinggal di Benua Asia dan Afrika. Salah satu wilayah yang airnya mengalami pencemaran di benua Afrika adalah di Delta Sungai Niger. Delta Sungai Niger adalah wilayah padat penduduk yang membentang lebih dari 70.000 km<sup>2</sup> dan membentuk hampir 8% dari daratan Nigeria. Hal ini sangat tercemar oleh minyak dan hidrokarbon, karena telah menjadi lokasi operasi perminyakan besar sejak akhir 1950-an. Tingkat polusi tanah dan air tanah melebihi standar nasional di dua pertiga lokasi yang ditinjau di dalam dan sekitar delta Niger (UNEP, 2011). Antara tahun 1976 dan 2001 terdapat hampir 7.000 insiden yang melibatkan tumpahan minyak di mana sebagian besar minyak tidak pernah ditemukan kembali. Pada tahun 2012, sekitar 2 juta barrel (320.000 m<sup>3</sup>) minyak diekstraksi dari delta setiap hari. Air tanah dan tanah telah sangat tercemar dalam proses tersebut, yang juga telah menghancurkan komunitas akuatik dan pertanian [Isumonah dan Adelfemi, 2013].

Rata-rata 240.000 barel minyak mentah tumpah di delta Niger setiap tahun karena kerusakan mekanis, aktivitas pihak ketiga, dan banyak penyebab yang tidak diketahui. Tumpahan tidak hanya mencemari permukaan dan air tanah delta tetapi juga udara sekitar dan tanaman yang ditanam secara lokal dengan hidrokarbon, termasuk karsinogen yang dikenal seperti hidrokarbon aromatik polisiklik (PAH). Tumpahan ini telah memengaruhi kesehatan penduduk lokal dalam beberapa cara. Diperkirakan bahwa polusi yang meluas dapat menyebabkan penurunan 60% ketahanan pangan rumah tangga dan peningkatan prevalensi malnutrisi anak sebesar 24%. Hal ini ditambah dengan fakta bahwa minyak mentah kemungkinan bersifat hemotoksik dan dapat menyebabkan kemandulan dan kanker (Ordinoh, 2013).

### 3.5.2 Mesir

Sungai Nil adalah urat nadi kehidupan Mesir dan merupakan sumber air tawar utama yang dibutuhkan untuk hampir semua kebutuhan air minum dan irigasi (Ali et al., 2014). Kualitas air Sungai Nil terus memburuk selama beberapa dekade karena pembuangan limbah yang tidak diolah dan input antropogenik. Kualitas air Nil menjadi perhatian serius karena perluasan kegiatan industri,

pertanian, dan rekreasi di samping struktur drainase dan sistem pembuangan limbah yang buruk (Goher et al., 2015). Perubahan kualitas air Sungai Nil tidak hanya dipengaruhi oleh intervensi pengelolaan air seperti rezim hidrodinamik yang diatur oleh waduk Nil, tetapi juga oleh penggunaan tanah dan air, termasuk limbah pertanian, industri, kota dan kapal sungai (Abdel-Satar, 2005, Shamrukh dan Abdel-Wahab, 2011).

Degradasi kualitas air Sungai Nil merupakan masalah utama di Mesir. Sumber polusi utama di Sungai Nil adalah pembuangan limbah yang tidak diolah dari saluran terbuka yang membawa arus balik pertanian; limbah dan air limbah industri (Abd El-Hady, 2014). Sungai Nil dari Aswan ke Delta Barrage menerima air drainase dari 67 saluran pertanian yang 43 di antaranya dianggap sebagai saluran utama. Namun, hanya 10 saluran yang sesuai dengan standar Mesir yang mengatur kualitas yang diperbolehkan dari air drainase yang dibuang ke Sungai Nil (Shamrukh dan Abdel-Wahab, 2011). Meningkatnya tingkat polusi akibat rendahnya permukaan air Sungai Nil menjadi masalah utama yang dihadapi Mesir; terutama setelah menyelesaikan pembangunan Bendungan Ethiopia. Logam berat dianggap sebagai polutan utama di Sungai Nil, di mana pencemaran air Nil olehnya terutama berasal dari berbagai sumber antropogenik termasuk limbah industri, pertanian, dan rumah tangga. Pencemaran logam berat pada air permukaan merupakan masalah ekologis yang serius karena potensi toksisitasnya bagi manusia dan lingkungan. Mereka tidak dapat terurai dan dapat terakumulasi secara biologis melalui rantai makanan (Ezzat et al., 2012).

## 3.6 Pencemaran Air di Amerika Latin

### 3.6.1 Argentina

Daerah Aliran Sungai (DAS) Matanza-Riachuelo memiliki panjang lebih dari 60 kilometer dan menampung sejumlah kluster UKM, termasuk produsen bahan kimia. Diperkirakan bahwa 15.000 industri secara aktif melepaskan limbah ke sungai, yang membelah 14 kota di Buenos Aires. Produsen bahan kimia bertanggung jawab atas lebih dari sepertiga pencemaran yang terjadi. Polutan di Sungai Matanza sangat bervariasi. Menurut Alicia et.al (2008) bahwa tanah yang berada di tepi Sungai Matanza-Riachuelo mengandung kadar seng, timah, tembaga, nikel, dan kromium total yang semuanya di atas

tingkat yang direkomendasikan. Chromium, misalnya, memiliki nilai rata-rata di dalam tanah sebesar 1.141 ppm, yang jauh lebih tinggi dari tingkat yang disarankan sebesar 220 ppm.

Pietri et al., (2011) menyatakan bahwa berbagai penyakit yang banyak dijumpai pada masyarakat yang bertempat tinggal di muara Sungai Sungai Matanza-Riachuelo seperti diare penyakit, penyakit pernapasan, dan kanker yang signifikan terkait dengan beberapa industri di DAS. Hasil uji terhadap sampel air sungai, diperoleh hasil bahwa 80% dari sampel air yang diambil dari sumur di dekat DAS Matanza Riachuelo tidak aman untuk dikonsumsi karena terkontaminasi.

### 3.6.2 Brazil

Sungai Amazon adalah sungai terbesar di dunia yang mengalirkan air tawar lebih dari  $5 \times 10^{12}$  m<sup>3</sup>/tahun ke Laut Atlantik, mewakili sekitar 17% dari total volume air tawar yang memasuki lautan global. Saat ini, sekitar 30 juta orang tinggal di lembah Amazon, dan diperkirakan hanya 8–12% populasi yang tinggal di daerah perkotaan di Amazon Brasil yang memiliki akses ke sistem sanitasi dasar. Oleh karena itu, sebagian besar air limbah perkotaan serta air limpasan perkotaan dibuang tanpa diolah ke sungai, yang merupakan jalur utama bagi limbah Mikroplastik. Selain itu, sejumlah besar plastik dibuang di tepi Sungai Amazon yang dapat terurai akibat proses erosi dan mikroba, berkontribusi pada peningkatan tingkat paparan limbah Mikroplastik (Lucas-Solis et al., 2021 dalam Rico et.al., 2023).

Tingkat keterpaparan mikroplastik yang tinggi dalam sampel air yang dikumpulkan di sepanjang Landas Kontinen Amazon (320–13.000 Mikroplastik/m<sup>3</sup>), Selain itu, beberapa penelitian telah melaporkan terjadinya pencemaran limbah Mikroplastik di saluran pencernaan ikan yang dikumpulkan dari muara Sungai Amazon, menunjukkan bahwa Sungai Amazon adalah rute masuk penting bagi limbah Mikroplastik ke Samudera Atlantik. mengemukakan bahwa Sungai Amazon adalah salah satu dari sepuluh sungai paling terpolusi di dunia dalam hal emisi plastik ke laut. (Lebreton et al. 2017; Pegado et al., 2021; Santos Queiroz et al., 2022 dalam Rico et.al., 2023).

## 3.7 Pencemaran Air di Indonesia

Hasil pemantauan kualitas air yang dilakukan Kementerian Lingkungan Hidup Republik Indonesia (KLH RI) tahun 2014, sebanyak 75% sungai di Indonesia tercemar berat akibat buangan air limbah rumah tangga. Tingkat pencemaran sungai yang tinggi dapat menurunkan kualitas air, fungsi, dan nilai ekosistem sungai bagi manusia dan kehidupan yang ada di dalamnya. Ada banyak desa/kelurahan di Indonesia yang mengalami permasalahan lingkungan, salah satunya berupa pencemaran air. Menurut data Badan Pusat Statistik (BPS, 2022), sepanjang tahun 2021 (Tabel 1) terdapat 10.683 desa/kelurahan yang mengalami pencemaran air. Pencemaran air paling banyak ditemukan di Provinsi Jawa Tengah, dengan 1.310 desa/kelurahan yang terdampak. Kemudian Provinsi Jawa Barat dengan 1.217 desa/kelurahan terdampak, dan Provinsi Jawa Timur 1.152 desa/kelurahan terdampak.

Di Provinsi Kalimantan Barat ada 715 desa/kelurahan yang mengalami masalah serupa. Kemudian di Provinsi Sumatera Utara jumlahnya mencapai 673, Provinsi Kalimantan Tengah 610, Provinsi Sumatera Selatan 440, dan di Provinsi Kalimantan Selatan 396 desa/kelurahan terdampak pencemaran air. BPS mencatat sebanyak 6.160 desa/kelurahan mengalami pencemaran air dari limbah rumah tangga. Sementara 4.496 desa/kelurahan mengalami pencemaran dari limbah pabrik, dan 27 desa/kelurahan dari sumber-sumber lainnya.

Pada tahun 2021, perhitungan Indikator Kualitas Lingkungan Hidup (IKLH) mulai diterapkan hingga level kabupaten/kota. Indikator untuk menghitung IKLH kabupaten/kota sedikit berbeda dengan indikator untuk menghitung nilai IKLH provinsi dan nasional. Indeks Kualitas Air (IKA) merupakan salah satu Indikator Kualitas Lingkungan yang digunakan untuk menghitung IKLH oleh Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (KLHK) mulai tahun 2022. Di mana Indeks Kualitas Air (IKA) yang diukur berdasarkan parameter-parameter TSS, pH, DO, BOD, COD, Total Fosfat, NO<sub>3</sub>, dan Fecal Coli. Capaian IKA tahun 2022 sebesar 53,88 poin. Skor tersebut merupakan nilai yang tertinggi dalam delapan tahun terakhir, namun skor tersebut belum mencapai target yang ditetapkan pada Rencana Pembangunan Jangka Menengah Nasional (RPJMN) sebesar 55,03 poin.

**Tabel 3.1:** Pencemaran Air di Indonesia Tahun 2014, 2018 dan 2021

No.	Propinsi	Tahun 2014	Tahun 2018	Tahun 2021
		Jumlah Kasus Pencemaran Air		
1	Aceh	350	729	350
2	Sumatera Utara	449	1 205	673
3	Sumatera Barat	144	319	193
4	Riau	318	454	250
5	Jambi	384	614	390
6	Sumatera Selatan	279	673	440
7	Bengkulu	189	286	163
8	Lampung	222	572	308
9	Kep. Bangka belitung	152	159	100
10	Kep. Riau	28	55	16
11	DKI Jakarta	54	126	78
12	Jawa Barat	1 131	1 890	1 217
13	Jawa Tengah	932	1 900	1 310
14	DI yogyakarta	44	99	76
15	Jawa Timur	759	1 643	1 152
16	Banten	251	513	257
17	Bali	82	130	82
18	Nusa Tenggara Barat	122	282	152
19	Nusa Tenggara Timur	53	122	79
20	Kalimantan Barat	717	915	715
21	Kalimantan Tengah	523	782	610
22	Kalimantan Selatan	445	714	396
23	Kalimantan Timur	249	318	227
24	Sulawesi Utara	140	327	161
25	Sulawesi Tengah	125	303	126
26	Sulawesi Selatan	176	400	308
27	Sulawesi Tenggara	73	227	140
28	Gorontalo	72	111	62
29	Sulawesi Barat	22	115	98
30	Maluku	57	105	53
31	Maluku Utara	46	216	71
32	Papua Barat	31	155	39
33	Papua	108	249	292
	Indonesia	8 786	16 847	10 683

Sumber: BPS (2022).

Indeks Kualitas Air mengalami kenaikan karena jumlah kabupaten/kota yang mengalami kenaikan sebanyak 192 kabupaten/kota (4.884 titik pantau) sedangkan yang mengalami penurunan 157 kabupaten/kota (3.881 titik pantau). Kenaikan IKA di 192 kabupaten/kota disebabkan oleh ketersediaan anggaran, implementasi kegiatan seperti pengawasan terhadap industri dan pembinaan terhadap usaha skala kecil. Adapun data yang digunakan untuk penghitungan Indeks Kualitas Air adalah sebanyak 14.245 data, meningkat 33,04% dari tahun sebelumnya (Sakina, 2022).

Sebuah laporan baru dari Bank Dunia menemukan bahwa mayoritas penduduk Indonesia terpapar polusi air, sementara hanya 12 % orang yang memiliki akses ke air bersih. Polusi dan sanitasi yang buruk terkait dengan tingginya angka stunting (35%) pada anak-anak di bawah usia 5 tahun. Secara keseluruhan, ancaman terkait air dapat memangkas PDB Indonesia lebih dari 7 % pada tahun 2045. Indonesia hanya membelanjakan 0,2 persen dari PDB-nya untuk air dan sanitasi, seperlima dari jumlah yang direkomendasikan oleh PBB. Defisit ini memiliki konsekuensi luas bagi kesehatan masyarakat. Angka kematian anak di Indonesia 3,5 kali lebih tinggi daripada negara berpenghasilan menengah di wilayah Asia Tenggara lainnya (Gerson, 2022).

Pencemaran air di Indonesia yang mendapat perhatian dunia internasional adalah kasus di DAS Citarum di Provinsi Jawa Barat dan DAS Kahayan di Provinsi Kalimantan Tengah. DAS Citarum yang membentang dari Kabupaten Bandung hingga Kabupaten Bekasi mempunyai panjang sekitar 13.000 kilometer persegi, bersentuhan dengan penduduk 9 juta orang. Sungai menyediakan sebanyak 80% air permukaan kepada otoritas pasokan air Jakarta, mengairi pertanian yang memasok 5% dari beras Indonesia, dan merupakan sumber dari air untuk lebih dari 2.000 pabrik. DAS ini mendapatkan perhatian internasional akibat kondisinya yang sangat tercemar (UNESCO, 2012).

Asia-Pacific Network for Global Change Research (2013) melaporkan bahwa konsentrasi aluminium, mangan, dan besi di sungai masing-masing adalah 97 ppb, 195 ppb, dan 194 ppb. Nilai Ini secara signifikan lebih tinggi dari rata-rata dunia, yaitu masing-masing 32 ppb, 34 ppb, dan 66 ppm. Konsentrasinya juga jauh di atas tingkat logam berat yang direkomendasikan dalam air minum yang ditetapkan oleh EPA. Mangan dalam air minum, misalnya, memiliki standar 50 ppb untuk meminimalkan efek kesehatan yang merugikan. Air di Sungai Citarum memiliki konsentrasi mangan yang hampir empat kali lipat dari kadar yang direkomendasikan (EPA, 2013).

KLHK (2018) melaporkan bahwa 54% air di sungai Citarum tercemar berat, 23% tercemar sedang, 20% tercemar ringan dan hanya 3% yang memenuhi baku mutu. Pencemaran di Sungai Citarum berdasarkan beban pencemaran eksisting sudah melampaui Daya Tampung Beban Pencemaran (DTBP). Beban pencemaran Citarum di Sub DAS Cikapundung sudah mencapai 77.341,19 kg/hari, sementara daya tampungnya hanya 19.335,30 kg/hari, ini berarti sudah empat kali lipatnya. Sumber pencemaran terbesar Sungai Citarum berasal dari pencemaran domestik berupa air limbah rumah tangga dan sampah, kemudian dari peternakan, industri, non point source, serta perikanan.

DAS Kahayan yang terletak di Provinsi Kalimantan Tengah dan mempunyai panjang 600 km adalah salah satu sungai terpanjang di Pulau Kalimantan. Di sepanjang DAS ini banyak dijumpai Pertambangan Emas Skala Kecil (PES) yang merupakan sumber pendapatan utama bagi 43.000 orang. (The Borneo Research Bulletin, 2012). Sebagian besar penambang emas ini menggunakan merkuri dalam proses ekstraksi emas. Merkuri membentuk amalgam dengan konsentrat emas dan dibakar dalam peleburan yang belum sempurna. Organisasi Pengembangan Industri Perserikatan Bangsa-Bangsa (UNIDO) memperkirakan bahwa lebih dari 1.000 ton merkuri dilepaskan ke lingkungan setiap tahun melalui proses ini, yang merupakan sekitar 30 persen dari emisi merkuri antropogenik (Blacksmith Institute, 2010).

Namun yang penting, risiko kesehatan paling akut yang ditimbulkan oleh lokasi PES lebih bersifat lokal. Banyak penambang mencium bau di dalam rumah, melepaskan uap merkuri dalam jumlah berbahaya yang terperangkap di dalamnya. Selain itu, merkuri yang dilepaskan selama proses amalgamasi (sebelum peleburan) mudah dilepaskan ke saluran air di mana ia dapat terakumulasi dalam ikan dan air. Konsentrasi merkuri di Sungai Kahayan Kalimantan Tengah sebesar 2.260 ng/L. Nilai ini lebih dari dua kali standar Indonesia untuk total merkuri dalam air minum (1.000 ng/L) (Rosana et al., 2008).



## **Bab 4**

# **Landasan Hukum Pencemaran Air di Indonesia**

### **4.1 Pengantar: Pentingnya Pengawasan dan Penegakan Hukum dalam Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air**

Air sangat penting untuk kelangsungan kehidupan, dan suplai air yang memuaskan (mencukupi, aman, dan dapat dijangkau) harus tersedia untuk semua. Akses untuk mendapatkan air bersih yang aman sangat penting bagi kesehatan dan merupakan hak asasi manusia.

Saat ini, Indonesia tengah mengalami permasalahan serius berkaitan dengan kualitas air, khususnya sungai. Sungai yang merupakan salah satu sumber air di Indonesia terus menunjukkan tren penurunan kualitas air setiap tahunnya. Data dari Direktorat Pengendalian Pencemaran Air Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan menunjukkan bahwa status mutu air sungai yang

tercemar berat berjumlah 67.94% (Direktorat Pengendalian Pencemaran Air, 2016).

Pengawasan dan Penegakan Hukum merupakan alat yang dapat didayagunakan untuk mengatasi permasalahan lingkungan hidup, termasuk pencemaran air. Terhadap pencemaran air – khususnya sungai - yang tidak sedikit disebabkan oleh kontribusi usaha dan/atau kegiatan, pengawasan dan penegakan hukum berguna untuk memastikan tingkat penataan penanggung jawab usaha dan/ atau kegiatan tersebut. Dengan adanya pengawasan dan penegakan hukum yang efektif, diharapkan dapat memberikan efek jera atau peringatan kepada penanggung jawab usaha dan/atau kegiatan lainnya agar tidak mengulangi pelanggaran yang sama.

Aturan umum mengenai pengawasan dan penegakan hukum lingkungan telah diatur dalam Undang-Undang Nomor 32 Tahun 2009 tentang Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup (UU 32/2009). Aturan ini juga telah diatur lebih lanjut dalam beberapa peraturan pelaksana. Hanya saja, sering sekali ditemui hambatan dalam menjalankan aturan-aturan ini, terutama oleh Dinas Lingkungan Hidup Daerah. Hambatan-hambatan ini antara lain mengenai penafsiran dan pemahaman atas aturan-aturan yang ada, kekosongan hukum terhadap beberapa instrumen seperti Surat Pernyataan Kesanggupan Pengelolaan dan Pemantauan Lingkungan Hidup (SPPL), dll.

Menyikapi hal ini, Pemerintah telah melakukan upaya dengan mencanangkan target pemulihan terhadap 15 Daerah Aliran Sungai (DAS) prioritas. Namun, program ini nyatanya belum menyelesaikan masalah, ditemukan bahwa salah satu aspek yang menghambat implementasi pengendalian pencemaran air adalah tidak maksimalnya sistem pengawasan dan penegakan hukum. Dalam kaitannya dengan pengawasan, beberapa permasalahan yang timbul adalah tidak berjalannya pengawasan rutin, yang merupakan kewajiban dari para pemberi izin. Selain itu, lemahnya pendokumentasian informasi dan data serta koordinasi dalam melakukan pengawasan juga menjadi salah satu penyebab. Permasalahan lainnya adalah sistem pendukung kegiatan pengawasan untuk pencemaran air juga masih belum dikembangkan secara maksimal.

Dalam hal penegakan hukum, tidak konsistennya penjatuhan sanksi administratif kepada pelaku usaha dan/atau kegiatan yang terbukti tidak taat menjadi permasalahan. Permasalahan lainnya seperti adanya pelanggaran yang cukup berat dan ditindaklanjuti dengan pembinaan, bukan pemberian sanksi; kelonggaran dalam pelaksanaan sanksi; hingga adanya penjatuhan sanksi

administratif teguran tertulis yang berulang berkali-kali terhadap suatu pelanggaran tanpa adanya peningkatan.

## 4.2 Konsep Perizinan dan Penegakan Hukum dalam Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air

Dalam kerangka Undang-Undang Nomor 32 Tahun 2009 tentang Pengelolaan dan Perlindungan Lingkungan Hidup (“UU No. 32 Tahun 2009”), pengawasan merupakan bagian dari mekanisme penegakan hukum. Tujuan utama pengawasan adalah memantau, mengevaluasi dan menetapkan status ketaatan penanggung jawab usaha dan/atau kegiatan terhadap peraturan perundang-undangan di bidang perlindungan dan pengelolaan lingkungan hidup (“PPLH”), perizinan lingkungan, serta kewajiban pengelolaan dan pemantauan lingkungan dalam dokumen lingkungan hidup (Widyastuti, 2011).

Kaitannya dengan pengelolaan kualitas air dan pengendalian pencemaran air, pengawasan memiliki nilai penting sebagai berikut:

1. Memastikan pengendalian pencemar yang masuk ke sumber-sumber air dari pencemar tertentu (point sources) berjalan sesuai izin, dengan mematuhi ketentuan yang dipersyaratkan; dan
2. Memverifikasi akurasi informasi swapantau, pengujian dan pemantauan yang diberikan kegiatan dan/atau usaha dalam laporannya.

Namun, pengawasan terhadap kegiatan dan/atau usaha dalam rangka pengendalian pencemaran air tidak terlepas dari upaya perencanaan, pemanfaatan, pengendalian, dan pemeliharaan lingkungan. Pengendalian pencemaran air sendiri hanya merupakan satu bagian dari keseluruhan kerangka pengelolaan kualitas air, mencakup upaya pencegahan dan penanggulangan pencemaran air serta pemulihan kualitas air untuk menjamin kualitas air agar sesuai dengan baku mutu air. Sebagai bagian dari mekanisme penegakan hukum, pengawasan berada di hilir.

Kerangka besar pengendalian pencemaran air diatur dalam Peraturan Pemerintah No. 82 Tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air (“PP No. 82 Tahun 2001”), yang sesungguhnya memerlukan penyesuaian dengan UU No. 32 Tahun 2009 – mengingat PP No. 82 Tahun 2001 ini masih menggunakan UU No. 23 Tahun 1997 tentang Pengelolaan Lingkungan Hidup sebagai dasar hukum.

Dari kerangka tersebut, dapat dipahami bahwa di luar pengawasan terdapat beberapa perintah perundang-undangan kepada pemerintah yang juga merupakan faktor untuk mencegah tercemarnya suatu sumber air. Perintah tersebut bersama-sama dengan pengawasan dan penegakan hukum merupakan rangkaian instrumen dalam pengelolaan kualitas air dan pengendalian pencemaran air. Jika perintah-perintah tersebut dijalankan, maka pengawasan dapat mereduksi tingkat pencemaran atas ketidaktaatan usaha dan/atau kegiatan secara signifikan.

Dalam hal permasalahan terletak pada perencanaan dan pemanfaatan, atau dalam hal sumber air berstatus cemar, pengawasan tetap harus dilakukan sesuai norma, prosedur, standar, dan kriteria. Namun, terdapat potensi keadaan cemar terus terjadi sekalipun usaha dan/atau kegiatan sepenuhnya taat dalam pengelolaan air limbah, atau bahkan telah melakukan perbaikan pengelolaan air limbah melebihi ketaatannya.

Pengawasan ideal atas pencemaran air dapat terlaksana apabila didukung oleh ketersediaan informasi yang lengkap, akurat, dan terintegrasi. Karenanya, dibutuhkan mekanisme pengumpulan data dari seluruh instansi lingkungan hidup dan pembuatan database informasi yang dapat diakses untuk kebutuhan pengawasan oleh seluruh instansi lingkungan hidup.

Informasi yang dikumpulkan dalam satu database pengawasan ini setidaknya memuat informasi tentang:

1. Izin yang diterbitkan oleh setiap penerbit izin, yaitu izin yang terkait dengan aspek lingkungan hidup (misalnya: Izin Lingkungan dan Izin PPLH) dan izin sektor terkait di bidang pengelolaan lingkungan hidup dan SDA (misalnya: perizinan di bidang kehutanan, perizinan di bidang perkebunan, dll);
2. Status ketaatan penanggung jawab usaha dan/atau kegiatan terhadap izin yang diperoleh dari laporan swapantau penanggung jawab usaha dan/atau kegiatan;

3. Status pengawasan; dan
4. Status dari tindak lanjut peneraan sanksi (jika ada).

Informasi izin yang lengkap membantu pengawas untuk menganalisis ketaatan penanggung jawab usaha dan/atau kegiatan. Dari informasi izin, pengawas setidaknya dapat mengetahui:

1. periode izin;
2. periode pelaporan berkala; dan
3. prasyarat pemenuhan izin.

Informasi yang harus dipublikasi kepada masyarakat antara lain:

1. informasi izin yang diterbitkan; dan
2. status ketaatan penanggung jawab usaha dan/atau kegiatan terhadap segala izin di bidang perlindungan dan pengelolaan lingkungan hidup. (Rancangan Permen Pengawasan, 2017).

Pemerintah dapat mengatur lebih lanjut mekanisme perolehan umpan balik dari masyarakat berkaitan dengan informasi pengawasan yang telah dipublikasi.

Seperti yang telah dijelaskan pada bagian pendahuluan, bahwa kewenangan untuk melakukan pengawasan terhadap penataan pelaku usaha dan/atau kegiatan yang tertera pada izin melekat kepada pejabat yang memberikan izin tersebut. Hal ini sebagaimana yang dimaksud pada Pasal 72 UU No. 32 Tahun 2009. Adapun izin yang dimaksud dalam UU No. 32 Tahun 2009 tersebut adalah Izin Lingkungan. Khusus untuk pengendalian pencemaran air, pengawasan juga diwajibkan terhadap izin pembuangan limbah cair, izin pemanfaatan air limbah untuk aplikasi ke tanah, dan izin reinjeksi ke dalam formasi sebagai bagian dari izin pengelolaan dan perlindungan lingkungan hidup. Terkait dengan izin pembuangan limbah cair, kewenangan melakukan pengawasan ini secara tegas telah dijelaskan dalam Pasal 44 PP No. 82 Tahun 2001 bahwa hal itu adalah kewenangan Bupati/Walikota.

Adapun terkait dengan izin pemanfaatan air limbah untuk aplikasi ke tanah dan izin reinjeksi ke formasi, tidak secara eksplisit diatur dalam peraturan perundang-undangan terkait mekanisme pengawasannya. Namun, apabila melihat dari Pasal 48 PP No. 27 Tahun 2012, dijelaskan bahwa Izin Lingkungan perlu untuk mencantumkan jumlah dan jenis izin PPLH dalam hal

usaha dan/atau kegiatan yang direncanakan pelaku usaha tersebut wajib memiliki izin PPLH. Maka, dapat diambil kesimpulan bahwa pasal ini memandatkan adanya izin PPLH yang merupakan bagian yang tidak terpisahkan dari Izin Lingkungan. Oleh karena itu, seluruh izin PPLH, termasuk izin pemanfaatan air limbah untuk aplikasi tanah dan izin reinjeksi ke formasi, merupakan hal yang harus diawasi juga.

## 4.3 Pembagian Kewenangan Pemerintah dalam Pengawasan Kualitas Air

Pengawasan Lingkungan Hidup merupakan bagian dari mekanisme penegakan hukum lingkungan hidup di Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan. Pengawasan Lingkungan Hidup diperlukan untuk mengetahui sampai sejauh mana tingkat ketaatan pelaku usaha dan/atau kegiatan terhadap ketentuan dalam perizinan lingkungan hidup dan ketentuan dalam peraturan perundang-undangan lingkungan hidup.

Dalam pengelolaan kualitas air dan pengendalian pencemaran air, terdapat tiga kemungkinan persinggungan kewenangan, yaitu:

1. antar instansi yang memiliki tugas pokok dan fungsi (tupoksi) yang berbeda;
2. antar wilayah administratif; serta
3. antar pemberi Izin Lingkungan dengan Izin PPLH. Poin penting dari tiga kemungkinan ini adalah mekanisme koordinasi dengan instansi yang berwenang mengawasi instrumen lainnya.

Meskipun tidak terkait langsung dengan kegiatan pengawasan, penting untuk memahami tugas berbagai instansi yang berkaitan dengan pengendalian pencemaran air. Selain instansi lingkungan hidup di bawah UU No. 32 Tahun 2009, berikut beberapa instansi yang memiliki tugas yang berpengaruh terhadap pengendalian pencemaran air:

**Tabel 4.1:** Instansi Yang Memiliki Tugas Pokok Dalam Pengendalian Pencemaran Air

<b>Mandat</b>	<b>Tugas Pokok yang Relevan</b>	<b>Instansi</b>
UU No. 11 Tahun 1974 tentang Pengairan (“UU 11/1974”)	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Pengelolaan sumber daya air (hak guna air)</li> <li>● Sistem penyediaan air minum</li> <li>● Sistem pengelolaan air limbah dan drainase lingkungan (termasuk sanitasi)</li> <li>● Persampahan</li> <li>● Konstruksi infrastruktur yang berkaitan dengan air; dan</li> <li>● Koordinasi segala pengaturan usaha- usaha perencanaan, perencanaan teknis, pengawasan, pengusahaan, pemeliharaan, serta perlindungan dan penggunaan air dan atau sumber- sumber air</li> </ul>	Pekerjaan Umum
UU No. 5 Tahun 1990 tentang Konservasi Sumber Daya Alam Hayati dan Ekosistemnya (“UU 5/1990”)	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Perlindungan spesies di wilayah perairan.</li> <li>● Perlindungan habitat di wilayah perairan</li> </ul>	Lingkungan Hidup dan Kehutanan (Sekarang Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan)
UU No. 25 Tahun 2004 tentang Sistem Perencanaan Pembangunan (UU 25/2004”)	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Koordinasi antar pelaku pembangunan</li> <li>● Jaminan integrasi, sinkronisasi, dan sinergi kebijakan antar daerah, antar ruang, dan antar waktu</li> <li>● Konsistensi perencanaan, penganggaran, pelaksanaan, dan pengawasan</li> <li>● Pemantauan dan evaluasi atas pelaksanaan rencana pembangunan</li> </ul>	Badan Perencanaan Pembangunan dan Keuangan

Dalam melakukan pengawasan ini terdapat dua tindakan yang perlu atau dapat diambil oleh Menteri, Gubernur, atau Bupati/Walikota:

1. Menteri, Gubernur, atau Bupati/Walikota dapat mendelegasikan kewenangannya kepada pejabat/instansi teknis yang bertanggung jawab di bidang perlindungan dan pengelolaan lingkungan hidup, sebagaimana dimaksud dalam Pasal 71 ayat (2) UU No. 32 Tahun 2009. Adapun yang dimaksud dengan “pejabat/instansi teknis” disini adalah dinas daerah Provinsi atau Kabupaten/Kota di bidang lingkungan hidup yang merupakan unsur pelaksana urusan pemerintahan yang menjadi kewenangan daerah terkait. Sebagai unsur pelaksana, “pejabat/instansi teknis” tersebut memiliki kewenangan untuk membantu Pemerintah terkait dalam melaksanakan urusan pemerintahan. Untuk itu, kewenangan yang melekat pada pejabat/instansi teknis tersebut adalah kewenangan dari pejabat struktural yang memberikan delegasi dengan mengacu pada pembagian urusan Pemerintahan sebagaimana diatur dalam lampiran UU No. 23 Tahun 2014 tentang Pemerintahan Daerah beserta peraturan pelaksanaannya.
2. Menteri, Gubernur, atau Bupati/Walikota menetapkan pejabat pengawas lingkungan hidup (PPLH) yang merupakan pejabat fungsional dalam melaksanakan pengawasan, sebagaimana dimaksud dalam Pasal 71 ayat (3) UU No. 32 Tahun 2009. Adapun sebagai pejabat fungsional, PPLH diberikan tugas, tanggung jawab, wewenang, dan hak secara penuh oleh pejabat yang berwenang untuk melaksanakan kegiatan pengawasan lingkungan hidup sesuai dengan peraturan perundang-undangan. Wewenang yang dimiliki oleh PPLH tersebut diatur dalam Pasal 74 ayat (1) UU No. 32 Tahun 2009.

# Bab 5

## Konsep Dasar Penentuan Kualitas Air Sungai, Air Bersih Dan Air Minum

### 5.1 Pendahuluan

Air merupakan kebutuhan pokok manusia dan makhluk hidup lainnya. Air menjadi elemen penting bagi keberlangsungan metabolisme makhluk hidup. Air berada hampir di manapun di dunia namun kuantitas dan kualitasnya sangat bergantung kepada waktu dan tempat. Di gurun keberadaan air sangat sedikit sedang di lautan air tersedia dengan jumlah yang sangat banyak. Air hujan adalah air yang sangat murni yang hampir 100% merupakan senyawa H<sub>2</sub>O, sedangkan air laut adalah air yang banyak mengandung berbagai macam garam dengan jumlah yang besar. Senyawa garam terbesar di laut adalah NaCl yang terurai menjadi ion-ion Na<sup>+</sup> dan Cl<sup>-</sup>. Keberadaan garam, bahan terlarut lainnya dan bahan tak terlarut menentukan kualitas air tersebut. Keberadaan makhluk hidup sangat tergantung dari ketersediaan air dengan kualitas yang tertentu (Purnomo, 2023).

Kualitas air adalah mutu air yang memenuhi standar untuk tujuan tertentu. Syarat yang ditetapkan sebagai standar mutu air berbeda-beda tergantung

tujuan penggunaan air tersebut. Perubahan kualitas air sungai adalah kondisi kualitas air yang dapat diukur dan diuji berdasarkan parameter-parameter tertentu dan metode tertentu berdasarkan peraturan perundang-undang yang berlaku, status kualitas air adalah tingkat kondisi kualitas air yang menunjukkan kondisi cemar atau kondisi baik pada suatu sumber air dalam waktu tertentu dengan membandingkan dengan baku mutu air yang ditetapkan (Sutanto & Purwasih, 2015).

Kualitas air dapat dipecahkan kepada tiga kategori utama yaitu kualitas atau sifat fisika, kimia dan biologi. Parameter fisika bagi kualitas air adalah bau dan rasa, kekeruhan, suhu. Adapun parameter kimia adalah nutrien bahan organik, bahan non organik. Organisme yang hidup di dalam air seperti sungai merupakan parameter biologi sebagai penentu kualitas air sungai (Iklima, 2022; I. L. Tarigan, 2021). Kualitas air perlu selalu dipantau, terlebih dengan meninjau parameter fisika kimia dan biologi suatu ekosistem perairan. Salah satu parameter biologi yang dapat digunakan sebagai bioindikator kualitas air adalah makroinvertebrata, karena dapat memberikan gambaran mengenai kondisi fisik, kimia dan biologi suatu perairan (Kulla et al., 2020).

## 5.2 Kualitas Air Sungai

Kualitas air adalah mutu air yang memenuhi standar untuk tujuan tertentu. Syarat yang ditetapkan sebagai standar mutu air berbeda-beda tergantung tujuan penggunaan, sebagai contoh, air yang digunakan untuk irigasi memiliki standar mutu yang berbeda dengan air untuk dikonsumsi. Kualitas air dapat diketahui nilainya dengan mengukur kondisi fisika, kimia dan biologi (Tambunan, 2020). Menurut Agustiniingsih, dkk. (2012), kualitas air sungai dipengaruhi oleh kualitas pasokan air yang berasal dari daerah tangkapan sedangkan kualitas pasokan air dari daerah tangkapan berkaitan dengan aktivitas manusia. Kualitas air sungai dapat diamati dengan melihat status mutu air. Status mutu air menunjukkan tingkat 13 kondisi mutu air sumber air dalam kondisi tercemar atau kondisi baik dengan membandingkan dengan baku mutu yang telah ditetapkan. Menurut (Tambunan, 2020; VAO AFNI DAELY, 2022), status mutu air sungai menunjukkan tingkat pencemaran suatu sumber air dalam waktu tertentu, dibandingkan dengan baku mutu air yang ditetapkan. Sungai dapat dikatakan tercemar apabila tidak dapat digunakan sesuai dengan peruntukannya secara normal/keluar dari ambang batas yang

telah ditentukan. Klasifikasi dan kriteria kualitas air di Indonesia diatur dalam Peraturan Pemerintah No. 82 Tahun 2001.

Berdasarkan Peraturan Pemerintah, kualitas air diklasifikasikan menjadi empat kelas yaitu:

1. Kelas I: dapat digunakan sebagai air minum atau untuk keperluan konsumsi lainnya
2. Kelas II: dapat digunakan untuk prasarana/sarana rekreasi air, pembudidayaan ikan air tawar, peternakan dan mengairi tanaman
3. Kelas III: dapat digunakan untuk pembudidayaan ikan air tawar, peternakan dan mengairi tanaman
4. Kelas IV: dapat digunakan untuk mengairi tanaman Kriteria kualitas air untuk tiap-tiap kelas didasarkan pada kondisi fisik kimia, biologi dan radioaktif.

Penentuan parameter yang ditetapkan oleh pemerintah pada PP Nomor 82 Tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air, parameter yang digunakan sebagai pengelolaan dan pengendalian pencemaran air terbagi menjadi lima yaitu parameter fisika, parameter kimia organik, parameter kimia anorganik, parameter mikrobiologi, dan parameter radioaktivitas dengan total 42 parameter pencemaran. Banyaknya parameter pencemaran tersebut menyebabkan penelitian kurang efisien dan menjadikan biaya penelitian semakin besar, selain itu tidak semua jenis pencemar mencemari daerah yang dijadikan penelitian sehingga berdasarkan lampiran III dari Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 01 Tahun 2010 tentang Pedoman Penetapan Baku Mutu Air Limbah menyarankan penggunaan parameter kunci yang diharapkan mampu mewakili parameter lainnya (GAZALI & WIDADA, 2021).

Penentuan daya tampung beban pencemar di Sungai Code dilakukan dengan menggunakan beberapa parameter kunci yang dapat mengindikasikan adanya pencemaran di Sungai Code. Parameter yang digunakan yaitu: DO (Dissolved Oxygen), BOD (Biochemical Oxygen Demand) dan COD (Chemical Oxygen Demand). Masing-masing parameter tersebut digunakan sebagai indikator pencemaran yang disebabkan oleh permukiman, pertanian, dan limbah perindustrian yang dibuang ke dalam badan sungai. Parameter DO, BOD, dan COD merupakan parameter yang komprehensif dalam menggambarkan polusi

di perairan (Amalia, 2018; NOVITA et al., 2020), hal tersebut menjadikan ketiga parameter tersebut digunakan dalam penelitian ini.

### 5.2.1 DO (Dissolved Oxygen)

DO sangat sangat dibutuhkan bakteri aerobik dalam proses respirasi. Kekurangan DO menyebabkan kematian mikroorganisme karena DO digunakan untuk proses metabolisme dalam tubuh mikroorganisme dan berkembang biak (Warlina, 2004). Semakin besar oksigen yang terlarut menunjukkan pengotoran yang semakin kecil. Parameter DO merupakan parameter yang paling fluktuatif karena pengaruh reaerasi (transfer oksigen) di badan air dari atmosfer, metabolisme organisme, difusi yang terjadi dan banyak faktor lainnya (Nurul, 2021).

### 5.2.2 BOD (Biological Oxygen Demand)

BOD atau Biological Oxygen Demand adalah parameter yang menunjukkan jumlah oksigen terlarut yang dibutuhkan oleh biota perairan untuk mengurai bahan pencemar yang ada di dalam badan air. BOD tidak menunjukkan bahan organik yang sebenarnya (Hamuna et al., 2018). BOD merupakan salah satu parameter yang digunakan dalam menentukan pencemaran sungai karena makin tinggi nilai BOD pada badan air maka mengindikasikan bahwa badan air tersebut telah mengalami pencemaran umumnya oleh limbah pemukiman dan industri (Yohannes et al., 2019). Perairan dapat dikatakan tercemar dengan parameter BOD adalah jika nilai BOD pada perairan tersebut telah melebihi 10 mg/L. Nilai BOD akan secara langsung memengaruhi jumlah oksigen terlarut di perairan karena semakin besar nilai BOD, maka kadar oksigen di perairan juga akan cepat habis. Sumber yang menyebabkan tingginya nilai BOD adalah sisa-sisa dedaunan, tumbuhan atau hewan yang mati, kotoran hewan atau manusia, limbah ternak atau domestik, dan lainnya (Azizah, 2017)

### 5.2.3 COD (Chemical Oxygen Demand)

COD atau Chemical Oxygen Demand adalah parameter yang menunjukkan jumlah oksigen terlarut yang dibutuhkan oleh bahan-bahan oksidan untuk mengoksidasi bahan-bahan buangan yang terdapat di dalam badan air melalui reaksi kimia. Nilai COD umumnya lebih tinggi dibanding nilai BOD karena dalam proses pengukuran COD, bahan-bahan yang stabil terhadap reaksi biologi dapat teroksidasi dalam uji COD (Hamuna et al., 2018). COD digunakan sebagai indikator pencemar karena COD dapat mengindikasikan

adanya kandungan limbah beracun non organik yang umumnya berasal dari limbah domestik dan limbah perindustrian (Azizah, 2017) dan hal tersebut sangat tidak menguntungkan bagi keperluan pertanian dan perikanan. Limbah rumah tangga dan limbah industri merupakan penyebab utama tingginya konsentrasi COD. Perairan yang tidak tercemar pada umumnya memiliki nilai COD kurang dari 200 mg/L.

## 5.3 Kualitas Air bersih

Air merupakan sumber daya yang sangat esensial bagi setiap makhluk hidup, baik manusia, hewan, maupun tumbuhan. Air juga merupakan salah satu sumber daya alam (SDA) yang memiliki fungsi sangat penting bagi kehidupan manusia serta memajukan kesejahteraan umum sehingga merupakan modal dasar dan faktor utama pembangunan masyarakat. Air yang bersifat universal atau menyeluruh dari setiap aspek kehidupan menjadikan sumber daya tersebut berharga, baik dari segi kualitas maupun kuantitas. Air yang berkualitas adalah air yang memenuhi baku mutu air minum yang ditetapkan oleh Peraturan Menteri Kesehatan RI No. 492/MENKES/PER/IV/2010 di mana air harus terbebas dari segala macam mikroorganisme yang patogen maupun apatogen dan bahan kimia berbahaya lainnya (Veronica & Fasa, 2022)

Air Bersih merupakan jenis sumber daya berupa air yang bermutu baik dan dimanfaatkan oleh manusia untuk kehidupan sehari-hari termasuk sanitasi. Menurut WHO (World Health Organization), air domestik adalah air bersih yang digunakan untuk keperluan domestik seperti konsumsi, air minum dan persiapan makanan (Duwara, 2022).

Peraturan Menteri Kesehatan Nomor 416 Tahun 1990 tentang kualitas air bersih harus sesuai dengan apa yang dipersyaratkan di dalamnya yang meliputi kualitas secara fisik, kimia, dan mikrobiologi apabila air secara kualitas tidak memenuhi syarat maka akan berakibat mengganggu kesehatan. Salah satu sumber keberadaan air bersih di wilayah pemukiman adalah air beji. Air bersih adalah air yang digunakan untuk keperluan Hygiene sanitasi yang digunakan untuk pemeliharaan kebersihan perorangan seperti mandi dan sikat gigi, serta untuk keperluan cuci bahan tangan, peralatan makan dan juga

pakaian. Selain itu untuk keperluan hygiene sanitasi dapat digunakan sebagai air baku untuk air minum (AQUA, 2017) .

### Syarat Kualitas Air Bersih

Air bersih yang disediakan untuk konsumsi harus memenuhi syarat fisik, kimiawi dan bakteriologis yang dimuat dalam parameter wajib yang dapat dilihat pada standar kualitas air bersih menurut Peraturan Menteri Kesehatan RI Nomor 32 Tahun 2017. Berikut merupakan parameter biologis dalam Standar Baku Mutu Kesehatan Lingkungan untuk media air untuk keperluan Higiene Sanitasi adalah sebagai berikut:

**Tabel 5.1:** Parameter Mikrobiologi

No	Parameter Wajib	Unit	Standar Baku Mutu (kadar maksimum)
1	Total <i>coliform</i>	CFU/100 ml	50
2	<i>E. coli</i>	CFU/100 ml	0

Sumber: (Menteri Kesehatan Republik Indonesia, 2017).

Menurut Permenkes Nomor 492/MENKES/PER/IV/2010 Pasal 1, air minum adalah air yang melalui proses pengolahan atau tanpa proses pengolahan yang memenuhi syarat kesehatan dan dapat langsung diminum. Pasal 3 menyebutkan bahwa air minum dikatakan aman bagi kesehatan apabila memenuhi persyaratan fisik, mikrobiologis, kimiawi, dan radioaktif yang dimuat dalam parameter wajib dan parameter tambahan (Permenkes RI, 2010) (Lestari & Fuady, 2022)

Jenis – jenis sarana air bersih yang lazim dipergunakan masyarakat diantaranya yaitu (Dirjen PPM dan PLP, 1995) (Djula, 2019);

#### 1. Sumur gali

Sumur gali adalah penyediaan air bersih dengan cara mengambil atau memanfaatkan air dengan cara mengambil atau memanfaatkan air dengan mengambil air menggunakan tangan sampai mendapatkan air bersih. Sumur dapat digolongkan menjadi dua yaitu sumur dangkal dengan kedalaman 10-15 meter dan sumur dalam di mana memiliki kedalaman 15-30 meter.

## 2. Perpipaan

Sarana perpipaan adalah bangunan beserta peralatan beserta perlengkapannya untuk menyediakan dan memberikan air minum untuk masyarakat melalui jaringan perpipaan yang didistribusikan ke rumah-rumah penduduk langsung. Contoh dari sarana perpipaan adalah PDAM.

## 3. Penampungan air hujan

Penampungan air hujan adalah sarana air bersih yang memanfaatkan air hujan sebagai bahan bakunya dengan menampungnya sewaktu ada hujan. Air hujan yang jatuh di atas atap rumah atau bangunan penangkap air yang lain dialirkan melalui saluran atau talang kemudian ditampung di dalam tempat penampungan air hujan

## 4. Perlindungan mata air (PMA)

Perlindungan mata air (PMA) merupakan suatu bangunan untuk menampung air dan melindungi sumber air dari pencemaran. Bentuk dan volume PMA disesuaikan dengan tata letak, situasi sumber, dekat air dan kapasitas air yang dibutuhkan. Sarana PMA biasanya terdiri dari bangunan penangkap mata air dan bak penampung dengan syarat tertentu untuk melindungi sumber mata air dari pencemaran. Oleh karena itu PMA harus dilengkapi dengan saluran pembuangan air limbah dan juga dibuatkan saluran drainase di sekeliling bak untuk mengalirkan air hujan supaya tidak mengotori bak.

# 5.4 Kualitas Air minum

Air minum adalah kebutuhan dasar manusia yang paling penting. Untuk menjamin kelangsungan hidup dan kualitas hidup manusia harus diperhatikan kelestarian sumberdaya air. Namun tidak semua daerah mempunyai sumberdaya yang baik. Yang dimaksud air minum menurut Permenkes RI No. 492/Menkes/Per/IV/2010 tentang persyaratan kualitas air minum adalah air yang melalui proses pengolahan yang memenuhi syarat kesehatan dan dapat langsung diminum. Air minum aman bagi kesehatan apabila memenuhi persyaratan fisika, mikrobiologis, kimiawi, dan radioaktif yang dimuat dalam

parameter wajib dan parameter tambahan (Wardani et al., 2021), berdasarkan Permenkes RI No. 492/Menkes/Per/IV/2010:

**Tabel 5.2.:** Parameter Wajib Persyaratan Kualitas Air Minum

No.	Parameter	Satuan	Kadar Maksimum yang diperbolehkan
1.	pH	-	6,5 – 8,5
2.	TDS	mg/l	500
3.	Kekeruhan	NTU	5
4.	Salinitas	mg/l	0
5.	Besi	mg/l	0,3
6.	Mangan	mg/l	0,4

Sumber: Permenkes RI No. 492/Menkes/Per/IV/2010

Secara umum syarat-syarat kualitas air minum, terdiri dari (Ningrum, 2018):

1. Syarat fisika: air bebas dari pencemaran dalam arti kekeruhan, warna, rasa, dan bau.
2. Syarat kimia: air minum tidak boleh mengandung zat kimia yang beracun sehingga dapat mengganggu kesehatan, estetika, dan gangguan ekonomi.
3. Syarat bakteriologi: air yang dipengaruhi sebagai air bebas dari kuman penyakit, di mana termasuk bakteri, protozoa, virus, cacing, dan jamur.
4. Syarat radioaktif: air minum yang bebas dari sinar alfa dan beta yang dapat merugikan kesehatan.

### 5.4.1 Parameter Fisika

Parameter fisika air yang perlu diketahui dalam penentuan kualitas air pada penelitian ini adalah (Rosarina & Laksanawati, 2018):

1. Kekeruhan  
Kekeruhan air dapat ditimbulkan oleh adanya bahan-bahan anorganik dan organik yang terkandung dalam air seperti lumpur dan bahan yang dihasilkan oleh buangan industry (Farida, 2002).

## 2. Zat Padat Terlarut (TDS)

Total padatan terlarut merupakan konsentrasi jumlah ion kation (bermuatan positif) dan anion (bermuatan negatif) di dalam air. Analisa total padatan terlarut digunakan sebagai uji indikator untuk menentukan kualitas umum dari air. Sumber utama untuk TDS dalam perairan adalah limbah dari pertanian, limbah rumah tangga, dan industri. Unsur kimia yang paling umum adalah kalsium, fosfat, nitrat, natrium, kalium dan klorida. Bahan kimia dapat berupa kation, anion, ribuan molekul. Beberapa padatan total terlarut alami berasal dari pelapukan dan pelarutan batu dan tanah.

### 5.4.2 Parameter Kimia

Parameter kimia merupakan kelompok parameter yang penting untuk menentukan mutu air, parameter kimia air antara lain adalah sebagai berikut:

#### 1. pH

pH menunjukkan tingkat keasaman pada air yang ditunjukkan dengan skala 0 sampai dengan 14. pH merupakan salah satu faktor yang sangat penting mengingat pH dapat memengaruhi pertumbuhan mikroba di dalam air. Sebagian besar mikroba akan tumbuh dengan baik pada pH 6,0-8,0 pH juga akan menyebabkan perubahan kimiawi di dalam air. Menurut standar kualitas air, nilai pH pada air yaitu 6,5-9,2. Apabila pH lebih kecil dari 6,5 atau lebih besar dari 9,2 maka akan menyebabkan korosifitas pada pipa-pipa air yang dibuat dari logam dan dapat mengakibatkan beberapa senyawa kimia berubah menjadi racun yang dapat mengganggu kesehatan manusia (Veriyansari, 2019).

#### 2. Salinitas

Salinitas adalah tingkat keasinan atau kadar garam terlarut dalam air. kandungan garam pada sebagian besar danau, sungai, dan saluran air alami sangat kecil sehingga air di tempat ini dikategorikan sebagai air tawar. Kandungan garam sebenarnya pada air ini secara definisi, kurang dari 0,05%. Jika lebih dari itu, air dikategorikan sebagai air

payau atau menjadi saline bila konsentrasinya 3 sampai 5%. Lebih dari 5%, ia disebut brine. Faktor-faktor yang memengaruhi salinitas:

- a. Penguapan, makin besar tingkat penguapan air laut di suatu wilayah, maka salinitasnya tinggi dan sebaliknya pada daerah yang rendah tingkat penguapan air lautnya, maka daerah itu rendah kadar garamnya.
- b. Curah hujan, makin besar/banyak curah hujan di suatu wilayah laut maka salinitas air laut itu akan rendah dan sebaliknya makin sedikit/kecil curah hujan yang turun salinitas akan tinggi (Andriyan, 2018).

### 3. Besi (Fe)

Besi merupakan salah satu unsur yang terkandung di dalam air. Adanya kandungan besi di dalam air ini sangat baik karena merupakan unsur yang dibutuhkan oleh tubuh untuk metabolisme tubuh serta untuk pembentukan sel-sel darah merah. Kandungan besi yang melebihi standar yang telah ditetapkan oleh Dep. Kes. R.I. yaitu sebesar 0,1 – 1,0 mg/l, dapat menyebabkan warna air menjadi kemerah-merahan akibat terjadinya ferri oksida/hidroksida, memberikan rasa yang tidak enak pada air. Konsentrasi unsur besi yang melebihi 2 ml/l juga dapat menimbulkan noda-noda pada peralatan dan bahan-bahan yang berwarna putih. Adanya unsur ini dapat pula menimbulkan bau dan warna pada air minum, dan warna koloid pada air. (Totok, 1987).

### 4. Mangan (Mn)

Mangan mampu menimbulkan keracunan kronis pada manusia hingga berdampak menimbulkan lemah pada kaki dan otot, muka kusam dan dampak lanjutan bagi manusia yang keracunan Mangan (Mn), bicaranya lambat dan hiperrefleksi (Pahlevi, dalam Amalia, 2014). Mangan mempunyai warna putihkelabu dan menyerupai besi. Mangan adalah logam keras dan sangat rapuh, bisa dileburkan dan disatukan walaupun sulit, tetapi sangat mudah untuk mengoksid mangan. Logam mangan dan ion-ion biasanya mempunyai daya magnet yang kuat. Tubuh manusia membutuhkan mangan rata-rata

10 mg/l sehari yang dapat dipenuhi dari makanan. Tetapi Mangan bersifat toxis terhadap alat pernafasan. Standar kualitas menetapkan: kandungan mangan di dalam air 0,0505 mg/l (SHAFIRA, 2020)

#### 5. Kesadahan

Kesadahan air yang tinggi akan memengaruhi efektifitas pemakaian sabun, namun sebaliknya dapat memberikan rasa yang segar. Di dalam pemakaian untuk industri (air ketel, air pendingin, atau pemanas) adanya kesadahan dalam air tidaklah dikehendaki. Kesadahan yang tinggi bisa disebabkan oleh adanya kadar residu terlarut yang tinggi dalam air (K. Tarigan et al., 2022).



# Bab 6

## Tata Cara Pengambilan Sampel Air

### 6.1 Pendahuluan

Sistem pemantauan kualitas air perlu dilakukan terutama saat pengambilan sampel, Karena hasil analisis dipengaruhi oleh cara pengambilan sampel air serta ketelitian analisis. Jika terjadi kesalahan dalam pengambilan sampel yang tidak representatif maka ketelitian dan peralatan yang digunakan akan sia-sia, sehingga hasil yang dianalisis tidak dapat disimpulkan atau diragukan hasil analisisnya.

Sampel (contoh) yang baik dan representatif harus memenuhi beberapa persyaratan antara lain:

1. Tempat (lokasi) yang dipilih harus tepat
2. Berapa banyak sampel yang dibutuhkan
3. Teknik dalam pengambilan sampel
4. Perlakuan terhadap sampel dilapangan

Guna memantau kualitas air harus diketahui lebih dahulu tentang cara pengambilan sampel (contoh) dengan memperhatikan hal-hal yang menjadi

prasyarat saat melakukan sampling air, karena bagian ini merupakan salah satu yang tidak dapat dipisahkan dalam sistem pengukuran kualitas air, untuk memperoleh data akurat dan valid.

Data hasil pengukuran yang valid dapat diperoleh jika memenuhi persyaratan berikut:

1. Sampel air yang representatif(dapat mewakili sampel)
2. Cara( metode) analisis dengan level akurasi dan presisi yang dapat dipercaya
3. Alat instrumen yang terkalibrasi
4. Analis yang memiliki pengetahuan dan keterampilan dalam melakukan analisis.

Sampel air yang representatif adalah sampel yang komposisinya sama dengan komposisi badan air yang sedang diselidiki (seperti sungai, waduk, laut, sumur, dan lain-lain). Jika sampel air yang dianalisis adalah sampel yang karakteristiknya sudah berubah dari sampel aslinya (badan air), maka pada saat dianalisis di laboratorium, data yang diperoleh adalah data yang tidak sama dengan kualitas badan air, sehingga data yang diperoleh tidak representatif, yang akan mengakibatkan kesalahan dalam mengambil kesimpulan tentang kualitas badan air, yang pada akhirnya akan mengakibatkan kesalahan lebih lanjut, yaitu kesalahan dalam merumuskan kebijakan yang akan diterapkan.

Meskipun sifat dan kandungan sampel air harus sesuai dengan sifat dan kandungan badan air yang sedang diselidiki, tujuan pengambilan sampel air adalah untuk mengambil air sesedikit mungkin dari badan air yang memungkinkan.

Sampel air yang representatif harus memenuhi sejumlah kriteria. Persyaratan tersebut terdiri dari:

1. Memilih tempat yang ideal
2. Menggunakan prosedur pengambilan sampel
3. Mengawetkan sampel

## 6.2 Pemilihan Tempat Pengambilan Sampel Air

Salah satu proses penting dalam proses pengambilan sampel air adalah memilih tempat pengambilan sampel air. Hal ini dilakukan untuk memastikan bahwa pengukuran yang diperoleh dari sampel air akurat dan mewakili badan air.

Tujuan pengukuran atau pemantauan, serta pengetahuan tentang lingkungan sekitar dan geografi badan air yang diperiksa, semuanya harus dipertimbangkan ketika memilih lokasi. Lokasi pengambilan sampel air dapat dipilih terlebih dahulu dan diplot pada peta, tetapi pilihan akhir dibuat setelah survei pendahuluan dan pertimbangan keadaan lapangan. Laporan ini hanya akan memberikan rekomendasi secara umum untuk memilih lokasi pengambilan sampel air.

### 6.2.1 Pemilihan Tempat Pengambilan Sampel Air Di Sungai

Luas, kedalaman, dan kecepatan air di sungai, semuanya memiliki peran penting dalam menentukan lokasi terbaik untuk sampel air, tetapi sebagai aturan umum, lokasi yang benar-benar tercampur harus dipilih.

1. Sampel air harus diambil dari area di mana airnya diperkirakan tercampur dengan baik; air yang tergenang tidak boleh diambil sampelnya.
2. Aliran terbesar dipilih jika sungai terdiri dari banyak aliran air yang berbeda.
3. Jika anak sungai atau air limbah bergabung dengan sungai utama, pengambilan sampel dilakukan di sungai utama sebelum dan sesudah anak sungai bercampur, serta di mana anak sungai tersebut berada. Lokasi pencampuran mungkin terletak beberapa kilometer ke arah hilir, dan lebar serta kedalaman sungai memiliki dampak yang signifikan terhadap lokasinya. Perkiraan jarak pencampuran ditunjukkan pada Tabel 1.1.

4. Lokasi pengambilan sampel air di sungai sangat dipengaruhi oleh kecepatan air, menurut SNI 06-2421-1991.
  - a. Sampel diperoleh di satu lokasi di tengah sungai dengan kedalaman 0,5 x dari permukaan untuk debit di bawah 5 m<sup>3</sup> per detik.
  - b. Sampel diambil di 2 (dua) tempat, masing-masing pada jarak 1/3 dan 2/3 lebar sungai dengan kedalaman 0,5 x kedalaman sungai, untuk debit 5-150 m<sup>3</sup>/detik.
  - c. Sampel minimum sebanyak 6 (enam) lokasi harus diambil pada jarak 1/4, 1/2, dan 3/4 dari lebar sungai dan 0,2 dan 0,8 kali kedalaman sungai untuk debit lebih dari 150 m<sup>3</sup>/detik.

Perahu atau jembatan diperlukan untuk pengambilan sampel sungai. Jembatan adalah lokasi terbaik untuk pengambilan sampel air karena mudah diakses dan sempurna untuk mengumpulkan sampel cairan.

### 6.2.2 Pengambilan Sampel Air Di Danau /Waduk

Kondisi air yang masuk, lebar dan kedalaman danau, serta lokasi, semuanya berdampak pada kualitas air di danau dan waduk.

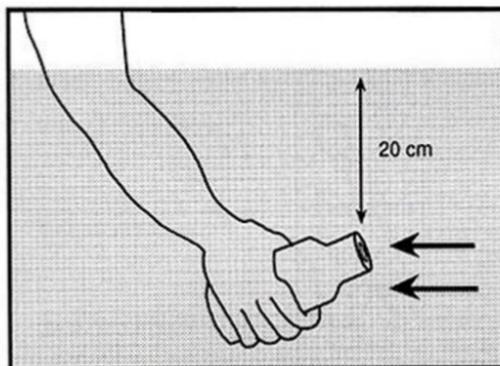
Lokasi pengambilan sampel dipilih di dekat saluran keluar danau atau waduk jika tujuannya adalah untuk menilai kualitas air yang keluar dari badan air. Pengambilan sampel transek, yang memerlukan pengambilan sampel di berbagai lokasi dan masuk ke dalam danau, dapat dilakukan jika ingin mengetahui kualitas air di dalam badan air.

Dalam SNI dinyatakan bahwa prosedur pengambilan sampel air untuk danau adalah sebagai berikut:

1. Sampel diambil di 2 (dua) titik, yaitu bagian atas danau dan bagian dasar danau, untuk danau dengan kedalaman kurang dari 10 meter.
2. Sampel diambil masing-masing dari bagian atas, bagian tengah, dan dasar sungai untuk kedalaman 10 hingga 30 meter.
3. Sampel diambil di bagian atas, tengah, dan bawah pada 4 (empat) titik pengambilan sampel untuk kedalaman antara 30 hingga 100 meter.

### 6.2.3 Pengambilan Sampel Air Sumur/ Air Tanah

Pengambilan sampel air dapat dilakukan pada kedalaman 20 cm di atas permukaan air, dan untuk prosedur pengambilannya, peralatan yang digunakan dapat berupa ember dengan tali pengangkat (timba) atau pompa air. Pada umumnya, kualitas air sumur atau air tanah cukup stabil. Untuk air sumur bor, sampel air dapat diambil pada kran keluaran atau pintu keluar pompa setelah air dikeluarkan selama beberapa waktu untuk membuang air yang mungkin tersangkut di dalam pipa. Cara pengambilan sampel untuk air kran maupun pompa dapat dilihat pada gambar 6.1 di bawah .



**Gambar 6.1:** Cara Pengambilan Sampel Dari Kran Air/ Pipa

### 6.2.4 Pengambilan Sampel Di Instalasi Pengolahan Air

Tujuan dari pemilihan tempat pengambilan sampel air di instalasi pengolahan air adalah untuk menilai keefektifan setiap proses instalasi, mulai dari asupan air baku hingga keluar air olahan. Akibatnya, jumlah titik pengambilan sampel tergantung pada jumlah proses yang digunakan di pabrik.

Tempat untuk sampel fasilitas pengolahan air minum, misalnya.

1. Air baku
2. Air setelah bak sedimentasi
3. Air setelah filtrasi , setelah penambahan kapur dan kaporit
4. Air di reservoar ( bak penampung)
5. Air di konsumen.

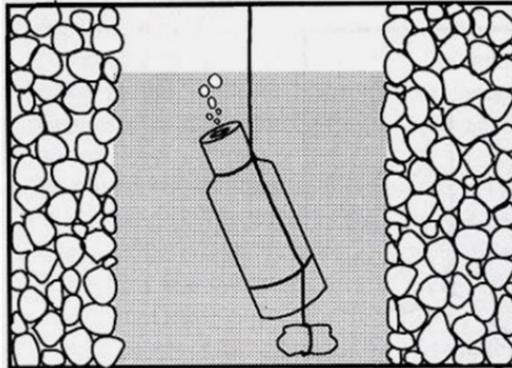
Pemilihan lokasi di pelanggan (konsumen) dimaksudkan untuk memastikan seberapa besar kualitas air akan berubah sebagai akibat dari perjalanan air dari reservoir di instalasi ke konsumen. Sebagai contoh, korosi pada pipa transmisi dapat mengakibatkan perubahan pada kualitas air pelanggan. Jumlah konsumen memiliki dampak besar pada berapa banyak sampel air yang diambil. Jumlah sampel air yang harus diambil diatur oleh berbagai peraturan yang ditetapkan oleh WHO. Sebagai contoh, 1 (satu) sampel air diperlukan untuk konsumen antara 20.001 dan 50.000 pengguna. Satu sampel air diperlukan untuk setiap 5.000 pelanggan baru, dengan pengambilan sampel dilakukan setiap dua minggu.

## 6.3 Teknik Pengambilan Sampel Air

Sampel ambil (sampel air langsung) dan sampel komposit (sampel air campuran) adalah istilah yang digunakan dalam pengambilan sampel air.

### 1. Sampel Air Sesaat (Grab sampel)

Sampel air yang diperoleh sekaligus dari satu titik disebut sebagai sampel air sesaat. Pengambilan sampel air sesaat dimaksudkan untuk badan air yang kualitasnya cukup konstan terhadap variasi musiman dan perubahan di badan air karena data pengukuran hanya mewakili kualitas air pada waktu dan tempat pengambilan sampel. Sebagai contoh, kualitas air di sumur dalam seringkali stabil, sehingga memungkinkan untuk mengambil sampel kualitas badan air secara akurat pada saat tertentu. Sampel pengambilan sering digunakan dalam analisis awal untuk menilai kualitas badan air secara umum. Cara pengambilan air sumur dapat dilihat dalam gambar 6.1 di bawah ini.



**Gambar.6.2:** Cara Pengambilan Airs Umur (E & FN Spon, 1996)

## 2. Sampel air komposit ( Composite Sample)

Sampel komposit adalah sampel air campuran yang dikumpulkan dari satu tempat selama beberapa sesi pengumpulan. Sampel air kemudian dikumpulkan dan dicampur untuk membuat satu sampel. Periode pengambilan sampel biasanya berlangsung selama 24 jam (siang dan malam), dengan pengambilan sampel setiap 1, 2, atau 3 jam, atau secara terus menerus selama 24 jam dengan menggunakan pompa dengan output konstan.

Hasilnya, data yang diperoleh dari pengukuran sampel air komposit mewakili data kualitas air rata-rata untuk periode waktu tertentu. Pengambilan sampel air komposit dirancang untuk badan air yang kualitasnya berubah dari waktu ke waktu, seperti sungai yang diduga terkontaminasi oleh buangan domestik (buangan rumah tangga). Sudah pasti kualitas air akan berubah setiap saat, tergantung dari keberadaan air limbah domestik yang masuk, sehingga pengambilan sampel harus dilakukan dalam jangka waktu tertentu (biasanya 24 jam) untuk mengetahui kualitas air sungai tersebut. Data kualitas badan air rata-rata selama periode waktu tertentu (biasanya 24 jam atau satu minggu) merupakan data pengukuran sampel air komposit.

Untuk badan air yang kualitas airnya bervariasi menurut lokasi, pengambilan sampel air komposit dapat dilakukan. Setelah itu, sampel air harus dicampur dari berbagai tempat yang berbeda.

Sampel air yang dikumpulkan di satu tempat tidak cukup untuk menggambarkan secara akurat kualitas air rata-rata sungai dengan lebar sungai yang besar. Oleh karena itu, pengambilan sampel harus dilakukan di beberapa tempat di sepanjang lebar sungai sebelum sampel air digabungkan untuk membentuk satu sampel.

## 6.4 Persiapan Pengambilan Sampel Air

### 6.4.1 Alat Pengambil Sampel Air (Water Sampler)

Kriteria berikut ini harus dipenuhi oleh peralatan pengambilan sampel air:

1. dibuat dari bahan (kaca, plastik, atau baja tahan karat) yang tidak berdampak pada kemurnian air.
2. Kontaminan dari sampel air sebelumnya dapat dengan mudah dihilangkan dengan pencucian.
3. Sangat mudah untuk memindahkan sampel air ke dalam botol sampel.
4. Kapasitas 1-5 liter dan mudah dibawa

Beberapa jenis alat pengambilan sampel air yang sering digunakan dalam pengambilan sampel air

1. Peralatan sampel air sederhana seperti ember atau botol yang terbuat dari plastik.
2. Alat untuk mengambil air pada kedalaman tertentu untuk air sungai atau area lain di mana air mengalir yang dikenal sebagai alat pengambilan sampel air horizontal. Seperti pada gambar 6.3



**Gambar 6.3:** Alat Sampel Air Horizontal

3. Alat untuk pengambilan sampel air secara vertikal adalah alat yang dibuat untuk mengambil air pada kedalaman tertentu dari perairan yang relatif tenang, termasuk danau atau waduk (lihat Gambar 2).



**Gambar 6.4:** Alat Sampel Air Vertikal

4. Perangkat pengambil sampel air otomatis yang disebut composite sampler terdiri dari komponen-komponen berikut ini:
  - a. pompa pengambil sampel air dengan daya hisap (debit) yang dapat diatur;
  - b. pengatur waktu untuk mengatur durasi pengambilan sampel air yang akan dilakukan; dan

c. wadah untuk tempat menampung sampel air.

Baterai (sumber DC yang dapat discharge) sering digunakan sebagai sumber listrik (Gambar 6.5).



**Gambar 6.5:** Water Composite sample(<https://metosoffshore.com/safety-products-equipments/waterqualitymanagement>)

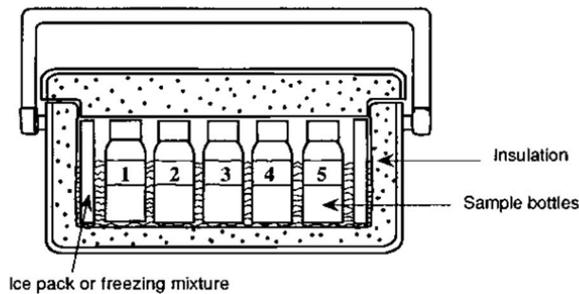
#### 6.4.2 Botol / Wadah Sampel Air

Spesifikasi berikut ini harus dipenuhi oleh botol atau wadah yang akan digunakan untuk menyimpan sampel air:

1. Dibuat dari kaca atau plastik
2. Dapat ditutup dengan aman dan nyaman
3. Bersih, mudah dibersihkan, dan bebas polutan.
4. Tidak mudah rusak
5. Tidak mampu menyerap zat kimia dari sampel air
6. Dibuat dengan menggunakan komponen yang tidak mencemari sampel air
7. Tidak memicu interaksi kimia antara bahan botol dan konstituen kimia sampel air.

### 6.4.3 Persiapan Tempat /Box Untuk Pengangkutan Sampel Air

menyediakan wadah yang dibutuhkan untuk membawa sampel air. Untuk membawa sampel air dari tempat pengambilan sampel ke laboratorium, diperlukan kotak atau kotak pendingin. Kotak pendingin biasanya banyak dijual di pasaran dengan volume 20 liter. (Gambar 4) Selama dalam perjalanan, sampel air harus didinginkan dengan memasukkan potongan-potongan es.



**Gambar 6.6:** Box Pendingin untuk Sampel Air (E & FN Spon, 1996)

### 6.4.4 Reagen Untuk Pengawetan Sampel Air dan Perangkat Untuk mengukur Parameter Lapangan

Beberapa karakteristik air tidak dapat diawetkan, tetapi perlu dianalisis secepat mungkin, sehingga pengukuran dilakukan di lapangan (tempat sampel air diperoleh). Di lokasi pengambilan sampel air, parameter berikut ini harus segera diukur yaitu: suhu, pH, oksigen terlarut, asiditas dan alkalinitas, dan sisa klorin. Oleh karena itu, diperlukan persiapan alat dan bahan kimia untuk pengukuran parameter di lapangan.

**Tabel 6.1:** Alat dan Bahan Pengukuran Di Lapangan

No	Parameter lapangan	Peralatan /Pereaksi
1	Temperatur	Thermometer
2	pH	pH meter.

3	Konduktivitas	Conductivity meter
4	Oksigen terlarut	DO meter
5	Klor aktif	DPD- Comparator
6	Asiditas –Alkalinitas	Titration asidi-alkalinitas

Reagen juga harus dibuat untuk pengawetan sampel air selain untuk pengukuran di lapangan. Secara umum, reagen berikut ini sering digunakan untuk pengawetan:

1. asam sulfat pekat
2. asam nitrat pekat,
3. larutan NaOH
4. dan lain-lain

### 6.4.5 Label untuk Sampel Air

Untuk setiap sampel air yang diambil, label atau kode identitas berisi hal-hal berikut ini perlu dicantumkan:

1. Nama sampel air
2. Tempat
3. (Waktu dan tanggal pengambilan) pengambilan sampel
4. Nama petugas pengambil sampel air
5. Teknik Pengawetan yang dilakukan
6. Kondisi Badan air dan kondisi meteorologi ( banjir, hujan , dll)

## 6.5 Cara Pengambilan Sampel Air

### 6.5.1 Sampel Air Untuk Analisis Fisik dan Kimia

Botol sampel dari kaca atau plastik dengan volume tertentu (250-1000 ml) harus bersih. Setelah tutupnya dibuka, wadah tersebut harus direndam hingga kedalaman 20 cm di dalam air (sungai atau danau), dengan mulut botol menghadap ke arah arus air. Botol tidak perlu dibilas dengan air sampel jika

bersih dan kering, tetapi harus dibilas dengan air sampel jika bersih tetapi tidak kering.

Jika menggunakan alat pengambil sampel air (sampler), alat pengambil sampel harus bersih dan mungkin perlu dibersihkan dengan air yang akan dijadikan sampel terlebih dahulu. Setelah melakukan pengambilan sampel menggunakan alat tersebut, air dipindahkan dari alat ke wadah sampel dan diawetkan untuk mencegah perubahan kualitas air. Bahan pengawet ditambahkan, wadah disegel, wadah Sampel air kemudian disimpan di dalam kotak pendingin yang berisi es. Kemudian, pengambilan sampel lebih lanjut dilakukan untuk menguji berbagai karakteristik di lapangan, termasuk pH dan kadar oksigen terlarut. Kondisi lapangan dan cuaca, seperti hujan, sinar matahari, kondisi sungai saat banjir, dan lain-lain, harus diperhatikan saat pengambilan sampel.

Kotak pendingin harus dijaga agar tetap dingin ( $4^{\circ}\text{C}$ ) selama perjalanan dari lapangan ke laboratorium. Sampel air harus dijaga tetap dingin ( $4^{\circ}\text{C}$ ) selama disimpan di laboratorium, dan perlu diperhatikan bahwa setiap parameter air memiliki durasi penyimpanan/pengawetan yang ditentukan. Penting untuk menganalisis sampel air sebelum batas waktu penyimpanan habis.

### 6.5.2 Volume sampel Air

Jumlah sampel air yang dibutuhkan akan bervariasi tergantung pada berapa banyak parameter kualitas air yang akan dianalisis dan bagaimana parameter tersebut akan diukur. Setiap pengujian parameter membutuhkan volume sampel yang berbeda karena semakin banyak parameter yang akan dianalisis, yang berarti semakin banyak sampel air yang harus dibutuhkan.

Sebagai contoh, volume sampel yang dibutuhkan untuk menganalisis kekeruhan hanya 100 ml, sedangkan untuk menganalisis karakteristik pestisida dibutuhkan antara 1000 hingga 2000 ml air. Untuk pengukuran dengan parameter kualitas air yang cukup lengkap, dibutuhkan sekitar 5 liter sampel air. Secara umum, volume sampel air yang harus diambil harus lebih besar dari volume yang dibutuhkan untuk pengukuran, sehingga ada sisa volume air yang dibutuhkan untuk mengulang pengukuran jika diperlukan.

Adapun volume sampel yang dibutuhkan untuk analisis fisika kimia dapat dilihat berdasarkan indikator uji. Ukuran sampel bervariasi tergantung pada variabel yang akan dianalisis tetapi umumnya di kisaran antara 1 dan 5 liter. Volume yang digunakan untuk masing analisis dirangkum dalam tabel 6.3

**Tabel 6.2:** Volume Sampel Yang Diperlukan Untuk Analisis Fisiko Kimia (E & FN Spon, 1996)

Analisis	Volume sampel (mL)	Analisis	Volume sampel (mL)
Alkalinitas	100	Kjeldahl nitrogen	400
Aluminium	25	Nitrate Nitrogen	200
BOD	1000	Nitrit Nitrogen	50
Boron	1	Phosphorus	100
Calcium	50	Potassium	100
Klorida	100	Selenium	1000
Florida	50	Silica	50
Iron	50	Sodium	100
Magnesium	75	Sulfat	200
Mangan	90	TOC	200
Ammonia Nitrogen	400	TSS	1000

Pedoman ini dapat digunakan untuk analisis baik air sungai, danau atau waduk maupun air tanah

## 6.6 Pengawetan Sampel Air

Pengawetan sampel air adalah proses yang digunakan untuk mengawetkan sampel air agar kualitasnya tidak menurun selama perjalanan dari tempat pengambilan ke laboratorium dan ketika disimpan di laboratorium selama menunggu proses analisis.

Karena pengawetan sampel air merupakan proses yang dilakukan dengan tujuan agar senyawa kimia yang akan diuji tidak mengalami perubahan selama penyimpanan, maka metode pengawetan untuk masing-masing parameter berbeda tergantung dari karakteristik parameter dalam air, dan setiap pengawetan yang dilakukan memiliki batas waktu pengawetan. Mengetahui sifat-sifat dari setiap unsur kimia dalam air sangat penting untuk memahami prosedur pengawetan sampel air.

Seperti yang telah diketahui, air di alam biasanya mengandung gas yang terdistribusi di dalamnya (seperti oksigen atau CO<sub>2</sub> terlarut), padatan tersuspensi atau tidak larut (seperti kekeruhan), dan zat kimia terlarut (seperti mineral, NaCl).

Senyawa kimia dalam air berbeda satu sama lain dalam hal karakteristiknya dan juga dapat berubah karena perubahan fisik dalam air (seperti perubahan suhu dan tekanan) atau berinteraksi satu sama lain untuk menghasilkan senyawa baru.

Dengan demikian, ada tiga kelompok untuk bahan kimia yang ditemukan dalam air.

1. Zat kimia atau molekul yang ditemukan dalam air relatif stabil dan sulit berubah seiring waktu, seperti natrium, kalium, kalsium, magnesium klorida, atau sulfat. Oleh karena itu, jika sampel air akan segera dianalisis, tidak perlu mengawetkannya.
2. molekul atau senyawa kimia yang konsentrasinya berfluktuasi dengan cepat sebagai akibat dari perubahan fisik dalam air.

Sebagai contoh, gas terlarut dalam air (seperti gas O<sub>2</sub> terlarut dan gas Cl<sub>2</sub> sebagai desinfektan) akan berubah ketika suhu dan tekanan air bervariasi. Karena tidak mungkin (secara praktis tidak mungkin) untuk menyimpan sampel air, maka sangat penting untuk menguji parameter ini sesegera mungkin untuk mendapatkan hasil pengukuran yang dapat dipercaya. Suhu, oksigen terlarut, pH, konduktivitas listrik, asam-basa, dan sisa klorin untuk air bersih (PDAM) adalah beberapa karakteristik lapangan yang umum (parameter yang diukur di lapangan), seperti yang ditunjukkan pada Tabel 2.

3. Zat atau molekul kimia yang rentan terhadap perubahan namun tetap dapat disimpan dengan cara tertentu untuk jangka waktu yang singkat.

Teknik pengawetan sampel air dan waktu penyimpanan bervariasi tergantung pada parameter pengukuran. Pengukuran harus dilakukan, misalnya, untuk karakteristik amonia yang disimpan dengan cara diasamkan dengan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> pekat hingga pH 2, dengan lama waktu penyimpanan maksimum 28 hari. Pengelompokkan metode pengawetan sampel air ke dalam:

- a. Pengawetan melalui pendinginan 40°C (untuk BOD, asidi – alkalinitas, warna, konduktivitas, dll.)
- b. Pengawetan untuk COD, TOC, fosfat, amonia, dan parameter lainnya dengan menambahkan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> pekat hingga pH 2 dan mendinginkannya hingga suhu 40°C (untuk 1 liter sampel air tambah 1 ml H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> pekat).
- c. Pengawetan untuk karakteristik logam berat, kesadahan, dll. dengan menambahkan HNO<sub>3</sub> pekat dan mendinginkannya hingga suhu 40 C (untuk 1 liter sampel air + 1 ml HNO<sub>3</sub> pekat).
- d. Pengawet untuk parameter H<sub>2</sub>S dan CN dengan penambahan NaOH hingga pH 12

# Bab 7

## Metode perhitungan STORET

### 7.1 Pendahuluan

#### 7.1.1 Pengenalan Tentang STORET dan Pentingnya Dalam Analisis Kualitas Air

STORET (singkatan dari storage dan retrieval) adalah sebuah repositori untuk data kualitas air, biologi, dan fisik. Repositori ini digunakan oleh lembaga lingkungan negara, EPA (Environmental Protection Agency) dan lembaga pemerintah federal lainnya, universitas, warga swasta, dan banyak lainnya. STORET menerima deskripsi proses pengambilan sampel yang mencakup spektrum lengkap pemantauan air dan pengambilan sampel komunitas biologi. Metode STORET merupakan salah satu metode yang umum digunakan untuk menentukan kualitas air (Afriani et al., 2021). Metode ini digunakan untuk mengklasifikasikan kualitas air ke dalam empat kategori berdasarkan sistem nilai dari US-EPA (Environmental Protection Agency) (Rintaka et al., 2019). Penilaian kualitas air dengan metode STORET sangat penting untuk kesesuaian konsumsi manusia (Afriani et al., 2021).

Di Indonesia Analisis kualitas air menggunakan metode STORET (Storage and Retrieval of Water Quality Data System) in dilakukan dengan cara membandingkan data kualitas air dari hasil analisis dengan standar kualitas air

dengan baku mutu air yang disesuaikan. Klasifikasi kualitas air didasarkan pada standar yang ditetapkan oleh Environmental Protection Agency (EPA) (Widjihatini. et al., 2021). Klasifikasi mutu air dibagi menjadi empat kelas yaitu:

1. Kelas A : Baik Sekali, dengan skor total = 0  memenuhi baku mutu
2. Kelas B : Baik, dengan skor = -1 s/d -10  cemar ringan
3. Kelas C : Sedang, skor = -11 s/d -30  cemar sedang
4. Kelas D : Buruk, skor  $\geq$  -31  cemar berat

Mengapa Metode STORET merupakan alat penting dalam analisis kualitas air dapat dilihat dari beberapa hal berikut:

1. Penilaian kualitas air sangat penting untuk disesuaikan dengan pemenuhan konsumsi manusia, dan metode STORET adalah salah satu metode yang umum digunakan untuk menentukan apakah kualitas air yang diamati layak konsumsi atau tidak (Nabila et al., 2020).
2. Metode ini digunakan untuk menentukan kualitas air berdasarkan data deret waktu, termasuk parameter-parameter fisik, kimia, dan biologi (Mudjiardjo et al., 2021).
3. Metode STORET digunakan untuk membandingkan antara data kualitas air dengan standar kualitas air yang disesuaikan dengan penetapan untuk menentukan Status Kualitas Air (Anwar et al., 2018).
4. Penentuan kualitas air didasarkan pada sistem penilaian dari US-EPA (Environmental Protection Agency) (Anwar et al., 2018).
5. Klasifikasi tingkat kualitas air berdasarkan metode STORET dilakukan dengan menggunakan sistem nilai dari US-EPA (Environmental Protection Agency) dengan mengelompokkan kualitas air ke dalam 4 kategori (Rintaka et al., 2019).

Secara keseluruhan, metode STORET merupakan alat penting untuk analisis kualitas air karena membantu menentukan kesesuaian air untuk konsumsi

manusia dan menyediakan metode standar untuk membandingkan data kualitas air dengan standar kualitas air.

### 7.1.2 Sejarah dan Perkembangan STORET sebagai Sistem Pengumpulan Dan Penyimpanan Data Lingkungan

Sistem STORET (STORage and RETrieval) memiliki sejarah perkembangan dan evolusi yang panjang sebagai sistem untuk mengumpulkan dan menyimpan data lingkungan. STORET awalnya merupakan sistem manajemen database yang dikembangkan oleh Badan Perlindungan Lingkungan Amerika Serikat (EPA) untuk menyimpan data kualitas air (US-EPA, 2012).

Berikut beberapa poin penting tentang sejarah dan pengembangan STORET:

1. Pengembangan STORET dimulai pada akhir tahun 1960-an, dan sistem ini pertama kali diimplementasikan pada tahun 1971.
2. Versi asli dari STORET adalah sistem berbasis mainframe yang menggunakan kartu punch (punch cards) untuk penginputan data.
3. Seiring berjalannya waktu, STORET diperbarui menggunakan teknologi baru, seperti pita magnetik dan penyimpanan disk, dan akhirnya beralih ke arsitektur client-server.
4. Pada awal tahun 2000-an, EPA mulai beralih ke sistem baru yang disebut Water Quality Exchange (WQX), yang didasarkan pada teknologi web modern dan memungkinkan pertukaran data yang lebih efisien antara lembaga-lembaga.
5. Pada tahun 2019, EPA menyelenggarakan Konferensi Pengguna STORET Nasional Modern pertama di Las Vegas, Nevada, yang dihadiri oleh sekitar 140 perwakilan dari lembaga kualitas air negara.

Di Indonesia sendiri, metode ini banyak digunakan untuk melakukan monitoring terutama monitoring kualitas air. Salah satu penelitian yang pernah dilakukan menggunakan metode ini yaitu pada tahun 2021, metode STORET digunakan untuk menganalisis pencemaran air di DAS Citarum Hulu.

Secara keseluruhan, sistem STORET memiliki sejarah yang panjang dan terus berkembang sebagai alat untuk mengumpulkan dan menyimpan data

lingkungan, dan hingga saat ini tetap menjadi sumber daya penting untuk analisis kualitas air.

### 7.1.3 Komponen Data dalam STORET

Untuk melakukan analisis dengan metode STORET, beberapa data yang diperlukan meliputi:

1. Data Kualitas Air

Data ini mencakup parameter-parameter fisik, kimia, dan biologi yang menggambarkan kondisi kualitas air. Contohnya termasuk suhu, pH, kekeruhan, oksigen terlarut, konsentrasi logam berat, kandungan nutrisi, dan biomonitoring. Data mutu air dikumpulkan secara periodik sehingga dapat membentuk data berkesinambungan dari waktu ke waktu (time series data) (Hernaningsih, 2020).

2. Data Lokasi

Informasi tentang lokasi pengambilan sampel air, seperti koordinat geografis (latitude dan longitude), identifikasi sumber air (sungai, danau, sumur, dll.), dan karakteristik geografis atau geologis yang relevan.

3. Data Waktu

Informasi tanggal dan waktu pengambilan sampel air sangat penting untuk analisis dengan metode STORET. Data ini digunakan untuk menganalisis tren kualitas air dari waktu ke waktu dan melakukan pemantauan jangka panjang.

4. Data Standar Kualitas Air

Standar kualitas air/baku mutu yang ditetapkan oleh lembaga regulasi/lembaga pemerintah terkait, atau Environmental Protection Agency (EPA), baku mutu kualitas air diperlukan untuk membandingkan data kualitas air yang diperoleh dari analisis. Data ini juga diperlukan membantu menentukan status kualitas air, apakah memenuhi standar atau tidak.

5. Informasi Metode Pengambilan Sampel

Deskripsi mengenai metode dan prosedur pengambilan sampel air juga perlu disertakan. Hal ini meliputi informasi tentang peralatan

yang digunakan, teknik pengambilan sampel, frekuensi pengambilan sampel, dan perawatan dan pengolahan sampel sebelum analisis.

Pastikan untuk memahami persyaratan dan rekomendasi yang spesifik untuk metode STORET yang akan digunakan, karena persyaratan data dapat bervariasi tergantung pada konteks dan tujuan analisis yang dilakukan.

## 7.2 Metodologi Pengumpulan Data

Ada beberapa hal yang perlu diperhatikan selama proses pengumpulan data untuk menilai kualitas air suatu lokasi. Berikut adalah beberapa hal penting yang harus diperhatikan:

### 1. Tujuan Pengumpulan Data

Tentukan tujuan pengumpulan data Anda, seperti menilai kualitas air untuk konsumsi manusia, kepentingan lingkungan, atau tujuan lainnya. Dengan demikian, Anda akan dapat memilih parameter dan metode pengujian yang tepat.

### 2. Parameter yang Relevan

Untuk menilai kualitas air, cari parameter seperti kekeruhan, pH, oksigen terlarut, nitrat, fosfat, logam berat, dan mikroorganisme patogen. Sesuaikan pengukuran Anda dengan tujuan pengumpulan data Anda.

### 3. Standar Kualitas Air

Pastikan Anda memahami standar kualitas air yang berlaku di wilayah Anda. Setiap negara atau daerah biasanya memiliki batasan untuk parameter tertentu. Dengan memahami standar ini, Anda dapat membandingkan data yang Anda kumpulkan dengan batasan ini.

### 4. Metode Pengambilan Sampel

Pastikan Anda menggunakan metode pengambilan sampel yang benar, menggunakan peralatan yang steril dan sesuai untuk mencegah kontaminasi, dan mengambil sampel dari sumber air yang mewakili populasi yang ingin Anda evaluasi. Selain itu, pastikan bahwa sampel

disimpan dan dikirim dengan benar untuk memastikan hasil analisis akurat.

5. Frekuensi Pengambilan Sampel

Ketahui berapa kali sampel diambil. Untuk mendapatkan gambaran yang akurat tentang kualitas air, sampel harus diambil pada waktu yang tepat dan dalam rentang waktu yang cukup.

6. Analisis Laboratorium

Pastikan sampel dikirim ke laboratorium yang terakreditasi dan memiliki metode analisis yang valid. Pilih laboratorium yang memiliki pengalaman dalam menganalisis parameter yang relevan untuk penilaian kualitas air.

7. Dokumentasikan Hasil

Catat dan dokumentasikan hasil pengujian. Selain menggunakan catatan, dokumentasi juga dapat dilakukan menggunakan foto ataupun video. Laporan evaluasi kualitas air harus jelas dan mudah dipahami. Hal ini akan membantu dalam pemantauan dan perbandingan data dari waktu ke waktu dalam jangka panjang.

### 7.2.1 Deskripsi Peralatan Dan Instrumen Yang Digunakan Dalam Pengambilan Sampel Air

Peralatan dan instrumen pengambilan sampel air disesuaikan berdasarkan tujuan dan lokasi pengambilan sampel. Sebagai acuan, peneliti dapat berpedoman pada Standar Nasional Indonesia(SNI). Beberapa SNI yang terkait dengan pengambilan sampel air adalah sebagai berikut:

1. SNI 06-6989.1-2004: Air Minum - Bagian 1: Persyaratan dan Metode Pengambilan Contoh/sampel.

Standar ini memberikan panduan tentang persyaratan dan metode pengambilan contoh air minum yang meliputi parameter fisik, kimia, dan mikrobiologi. Termasuk di dalamnya adalah prosedur pengambilan sampel yang sesuai, botol sampel yang digunakan, metode penyimpanan, dan persyaratan sterilisasi.

2. SNI 06-6989.2-2004: Air Minum - Bagian 2: Persyaratan dan Metode Pengujian.

Standar ini merujuk pada metode pengujian air minum setelah sampel diambil. Termasuk dalam standar ini adalah metode analisis untuk parameter-parameter seperti pH, kekeruhan, oksigen terlarut, nitrat, fosfat, logam berat, dan mikroorganisme patogen.

3. Standar Nasional Indonesia SNI 6989.57:2008 Air dan air limbah.  
Standar ini memberikan panduan tentang persyaratan dan metode pengambilan contoh air permukaan, yang mencakup sungai, danau, waduk, dan sumber air permukaan lainnya. SNI 6989.57:2008 mencakup berbagai parameter dan metode pengambilan sampel untuk evaluasi kualitas air permukaan. Di dalam standar ini, terdapat panduan tentang lokasi pengambilan sampel, teknik pengambilan sampel, metode penyimpanan, dan prinsip umum yang harus dipatuhi saat mengambil sampel air permukaan. Selain itu, standar ini juga mencakup parameter kualitas air tertentu yang harus diuji, seperti parameter fisik, kimia, dan biologi.

Secara umum, alat sampling air yang biasa dipakai untuk pengambilan data monitoring kualitas air meliputi:

1. Botol sampling air  
Botol sampling air biasa digunakan untuk mengambil sampel air dari sumber air yang akan dianalisis
2. Alat pengukur parameter kualitas air:  
Alat pengukur parameter kualitas air yang biasa digunakan seperti pH meter, DO meter, turbidimeter, termometer atau infrared thermometer.
3. Alat pengambil sampel air otomatis  
digunakan untuk mengambil sampel air secara terus menerus pada interval waktu tertentu.
4. Water test kit  
Selain alat ataupun metode manual, alat-portabel juga saat ini sudah sangat berkembang dan banyak digunakan untuk pengukuran parameter lingkungan. Salah satunya adalah water test kit. Water test kit merupakan alat portabel yang memudahkan peneliti untuk

mendapatkan data parameter kualitas air secara insitu di lapangan. Alat portabel yang dapat digunakan untuk mengukur parameter kualitas air secara cepat dan mudah, seperti pH, klorin, nitrat, dan lain-lain. Biasanya dalam satu alat dapat mengukur beberapa parameter sekaligus.

Penggunaan alat sampling air yang tepat dan akurat sangat penting dalam memastikan validitas data kualitas air yang diperoleh. Selain itu, perlu juga dilakukan kalibrasi secara berkala untuk memastikan alat pengukur memberikan hasil yang akurat.

## 7.2.2 Teknik dan Prosedur Pengumpulan Data Dalam Penggunaan Metode STORET

Metode STORET digunakan untuk menentukan status mutu air dengan membandingkan data kualitas air dengan baku mutu air yang sesuai dengan peruntukannya (merujuk pada Peraturan Pemerintah Nomor 82 Tahun 2001 tentang pengelolaan kualitas air dan pengendalian pencemaran air) (HZ et al., 2018).

Berikut adalah prosedur pengumpulan data untuk analisis kualitas air menggunakan STORET yang dilakukan dalam beberapa studi di Indonesia.

1. Melakukan pengumpulan data kualitas air dan debit air secara periodik (sehingga data yang didapatkan adalah data time series).
2. Melakukan pengukuran parameter kualitas air seperti suhu, pH, DO, BOD, COD, TSS, logam berat dan parameter-parameter lain yang dibutuhkan.
3. Menentukan baku mutu air yang sesuai dengan peruntukannya.
4. Membandingkan data kualitas air dengan baku mutu air untuk menentukan status mutu air.
5. Menghitung nilai indeks pencemaran untuk mengetahui tingkat pencemaran air.
6. Menganalisis data hasil yang didapat.

### **Penetapan lokasi sampling**

Dalam pemilihan titik pengambilan sampel, penting untuk mengadopsi pendekatan yang holistik dan mempertimbangkan faktor-faktor yang relevan untuk memastikan representativitas data kualitas air yang akurat dan bermakna. Sangat penting untuk memberikan deskripsi yang jelas dan mendalam tentang lokasi air yang akan dipantau.

Deskripsi ini harus mencakup batasan berikut:

1. Lokasi pemantauan berdasarkan wilayah administratif;
2. Lokasi geografis (ditetapkan dengan alat GPS atau GPS);
3. Ciri-ciri lain yang terkait dengan karakteristik lokasi air yang dipantau; dan
4. Penetapan lokasi pemantauan disertai dengan peta yang memuat titik-titiknya.

Faktor-faktor yang memengaruhi pemilihan dan penetapan titik pemantauan adalah jumlah, jenis kegiatan, atau distribusi sumber pencemar (titik dan non-titik), serta lokasi dan sumber air baku air minum di wilayah hulu yang dianggap tidak terpengaruh oleh aktivitas manusia dan outlet DAS (Widjihatini. et al., 2021).

### **Waktu dan frekuensi pemantauan**

Untuk menjalankan program kegiatan pemantauan, frekuensi dan jadwal pemantauan kualitas air ditetapkan setidaknya tiga (tiga) kali setahun pada waktu berikut:

1. Musim kemarau (dengan asumsi debit air sungai rendah);
2. Peralihan dari musim kemarau ke musim hujan (dengan asumsi debit air rata-rata); dan
3. Mewakili musim hujan (dengan asumsi debit air sungai tinggi)

### **Penentuan titik sampling**

Pertimbangan titik pengambilan sampel sangat penting dalam memastikan representativitas data kualitas air yang dikumpulkan. Untuk menentukan lokasi pemantauan yang paling penting, beberapa pertimbangan dapat digunakan diantaranya adalah:

1. Mewakili sumber pencemar (titik dan non-titik sumber) minimal 6 titik pengambilan sampel.;
2. Pada outlet daerah aliran sungai (DAS) utama;
3. Pada titik pengambilan air minum; dan
4. Pada aliran sungai kawasan hulu yang dianggap belum terpengaruh oleh aktivitas manusia. Jumlah titik sampling harus ditetapkan secara representatif untuk mewakili wilayah hulu, wilayah tengah, dan hilir jika pengambilan sampel air dilakukan di sungai.

## 7.3 Analisis Kualitas Air menggunakan STORET

Metoda STORET secara umum dilakukan dengan menentukan status mutu air yang dipakai kemudian membandingkan data kualitas air dengan baku mutu air yang disesuaikan dengan peruntukannya. Untuk mengetahui status nya, sistem nilai "US-EPA (Environmental Protection Agency)" mengklasifikasikan mutu air dalam empat kelas.

Klasifikasi mutu air dibagi menjadi empat kelas yaitu:

1. Kelas A : Baik Sekali, dengan skor total = 0 □ memenuhi baku mutu
2. Kelas B : Baik, dengan skor = -1 s/d -10 □ cemar ringan
3. Kelas C : Sedang, skor = -11 s/d -30 □ cemar sedang
4. Kelas D : Buruk, skor  $\geq$  -31 □ cemar berat

### 7.3.1 Penggunaan STORET dalam Analisis Parameter Fisika Kimia Dan Biologi Air

Penggunaan metode STORET dapat dilakukan dengan mengikuti langkah-langkah berikut:

1. Lakukan pengumpulan data kualitas air yang diperlukan dan debit air secara periodik sehingga dapat di peroleh data dari waktu ke waktu (time series data).

2. Bandingkan data hasil pengukuran dari masing-masing parameter air dengan nilai baku mutu yang sesuai dengan kelas air.
3. Jika hasil pengukuran memenuhi nilai baku mutu air (hasil pengukuran < baku mutu) maka diberi skor 0
4. Jika hasil pengukuran tidak memenuhi nilai baku mutu air (hasil pengukuran > baku mutu), maka diberi skor dengan panduan sebagai berikut:

**Tabel 7.1:** Penentuan Sistem Nilai untuk Menentukan Status Mutu Air

Jumlah contoh*	Nilai	Parameter		
		Fisika	Kimia	Biologi
<10	Maksimum	-1	-2	-3
	Minimum	-1	-2	-3
	Rata-rata	-3	-6	-9
≥10	Maksimum	-2	-4	-6
	Minimum	-2	-4	-6
	Rata-rata	-6	-12	-18

Sumber: Canter, 1977 Catatan: Jumlah parameter yang digunakan untuk penentuan status mutu air

5. Jumlah negatif dari seluruh parameter dihitung dan ditentukan status mutunya dari jumlah skor yang didapat dengan menggunakan sistem nilai.

### 7.3.2 Pengolahan Data

Ketika peneliti mengolah data menggunakan metode STORET, berikut adalah beberapa hal yang perlu diperhatikan yaitu validasi data, standar kualitas air, pemfilteran data: kesadaran terhadap batasan. Dengan memperhatikan hal-hal di atas, peneliti dapat mengolah data kualitas air dengan metode STORET secara lebih efektif dan mendapatkan wawasan yang lebih baik tentang status kualitas air yang Anda teliti.



## 7.4 Tantangan dan Peluang Menggunakan STORET

### 7.4.1 Kendala Dan Hambatan Dalam Penggunaan STORET untuk Analisis Kualitas Air

Penggunaan metode STORET untuk analisis kualitas air dapat menghadapi beberapa kendala dan hambatan, antara lain:

1. Keterbatasan Data

Tersedianya data kualitas air yang lengkap, terkini, dan representatif dapat menjadi kendala. Beberapa wilayah atau badan air mungkin tidak memiliki data yang memadai atau tidak tersedia dalam basis data STORET. Keterbatasan ini dapat membatasi analisis yang dapat dilakukan dan memberikan gambaran yang komprehensif tentang kualitas air.

2. Variabilitas Data

Data kualitas air dapat bervariasi dalam hal metode pengambilan sampel, laboratorium yang melakukan analisis, dan waktu pengambilan sampel. Variabilitas ini dapat memengaruhi konsistensi dan perbandingan data dari berbagai sumber dan waktu yang berbeda.

3. Kesenjangan Metode

Meskipun STORET menyediakan panduan untuk pengambilan sampel dan analisis kualitas air, metode yang digunakan oleh berbagai lembaga atau individu dapat bervariasi. Perbedaan dalam metode pengambilan sampel, peralatan, atau teknik analisis dapat menyulitkan perbandingan data antara lokasi atau waktu yang berbeda.

4. Kompleksitas Analisis

Analisis kualitas air menggunakan metode STORET sering melibatkan berbagai parameter dan interpretasi data yang kompleks. Pemahaman yang mendalam tentang parameter dan standar kualitas

air yang relevan diperlukan untuk menginterpretasikan hasil analisis dengan benar.

5. Sumber Daya dan Biaya

Penggunaan metode STORET memerlukan sumber daya manusia, peralatan, dan keuangan yang cukup untuk melakukan pengambilan sampel, analisis laboratorium, dan pengolahan data. Terbatasnya sumber daya ini dapat menjadi hambatan dalam melakukan analisis kualitas air yang komprehensif.

6. Perubahan Standar dan Pedoman

Standar dan pedoman kualitas air dapat berubah dari waktu ke waktu. Hal ini dapat memengaruhi interpretasi data historis dan membuat perbandingan antara data lama dan data baru menjadi sulit. Pemahaman yang baik tentang perubahan standar dan pedoman aktual menjadi penting dalam penggunaan metode STORET.

7. Keterbatasan Teknologi

Teknologi dan infrastruktur yang diperlukan untuk mengumpulkan, menyimpan, dan membagikan data kualitas air dapat menjadi hambatan. Terbatasnya akses ke teknologi informasi, konektivitas internet, atau peralatan yang diperlukan dapat membatasi kemampuan untuk menggunakan metode STORET secara efektif.

Dalam mengatasi kendala dan hambatan ini, penting untuk melakukan upaya yang tepat dalam pengumpulan data yang konsisten, validasi data yang cermat, dan penggunaan metode analisis yang sesuai. Kolaborasi antara lembaga dan pengguna STORET juga dapat meningkatkan ketersediaan data dan memperluas pemahaman tentang kualitas air di berbagai lokasi dan waktu.

### 7.4.2 Potensi Pengembangan dan Peningkatan Penggunaan STORET dalam Masa Depan

STORET memiliki potensi pengembangan dan peningkatan penggunaan yang signifikan dalam masa depan dalam monitoring kualitas air.

Beberapa potensi pengembangan tersebut meliputi:

1. Integrasi Data yang Lebih Luas

STORET dapat dikembangkan untuk mengintegrasikan data kualitas air dari berbagai sumber, termasuk data yang dikumpulkan oleh lembaga pemerintah, lembaga penelitian, universitas, dan masyarakat. Ini akan menciptakan sumber data yang lebih komprehensif dan memungkinkan analisis yang lebih luas tentang kualitas air secara regional atau nasional.

2. Pemanfaatan Teknologi Sensor dan Pemantauan Otomatis.

Penggunaan teknologi sensor dan sistem pemantauan otomatis dapat ditingkatkan dalam penggunaan STORET. Sensor canggih yang terhubung secara online dapat memberikan data kualitas air secara real-time dengan tingkat presisi yang tinggi. Integrasi data dari teknologi sensor ini ke dalam STORET akan memberikan gambaran waktu nyata tentang kualitas air dan mendukung pengambilan keputusan yang lebih cepat.

3. Analisis Data Cerdas.

Pengembangan STORET dapat melibatkan teknik analisis data cerdas, seperti kecerdasan buatan (Artificial Intelligence/AI) dan pembelajaran mesin (Machine Learning/ML). Ini akan memungkinkan sistem STORET untuk mengidentifikasi pola dan tren kualitas air yang kompleks, menghasilkan prediksi yang lebih akurat, dan memberikan wawasan yang lebih mendalam tentang masalah kualitas air.

4. Peningkatan Aksesibilitas dan Penggunaan Publik

STORET dapat dikembangkan untuk mempermudah aksesibilitas data kualitas air oleh masyarakat umum. Ini dapat dilakukan melalui pengembangan antarmuka pengguna yang intuitif, portal web yang mudah digunakan, dan aplikasi mobile. Dengan demikian, masyarakat dapat memperoleh informasi yang mudah dipahami tentang kualitas air di area mereka dan terlibat dalam pemantauan lingkungan.

5. **Kemitraan dan Kolaborasi.**

Pengembangan STORET dapat didorong melalui kemitraan dan kolaborasi antara lembaga pemerintah, lembaga penelitian, lembaga lingkungan, dan komunitas ilmiah. Kerjasama yang erat akan memungkinkan pertukaran data yang lebih luas, pemantauan yang lebih komprehensif, dan peningkatan pemahaman tentang kualitas air.

6. **Pemantauan Spesifik Wilayah atau Permasalahan.**

STORET dapat dikembangkan untuk memfokuskan pemantauan pada wilayah atau permasalahan khusus yang membutuhkan perhatian lebih, seperti wilayah dengan pencemaran tertentu atau daerah rawan bencana alam. Ini akan memberikan pemahaman yang lebih mendalam tentang masalah-masalah spesifik dan mendukung upaya mitigasi yang lebih efektif.

Melalui pengembangan dan peningkatan penggunaan STORET dalam hal-hal tersebut di atas, sistem ini dapat menjadi alat yang lebih kuat dan efektif dalam pemantauan kualitas air. Hal ini akan membantu dalam perlindungan dan pengelolaan sumber daya air yang lebih baik, serta mendukung kebijakan dan tindakan yang berkelanjutan untuk menjaga kualitas air yang baik.

# Bab 8

## Metode Perhitungan Indeks Pencemaran (IP)

### 8.1 Pendahuluan

Air memiliki struktur molekul yang sangat sederhana, hanya terdiri atas unsur H dan O. Fungsi utama air bagi kehidupan yang tidak dapat digantikan adalah mutlak diperlukan dalam proses fotosintesis, pendistribusian nutrien, dan pengontrol suhu tubuh. Keberadaan air bagi kehidupan di bumi ditentukan oleh siklus air. Di dalam siklus air, volume total air di bumi sesungguhnya tetap, namun distribusinya mengalami perubahan-perubahan seiring dengan gangguan terhadap siklus air. Pendistribusian air ini tidak merata di seluruh bagian dari bumi. Hal ini disebabkan karena distribusi curah hujan yang berbeda di berbagai daerah (Suyasa, 2015).

Air merupakan pelarut yang sangat baik karena dapat melarutkan berbagai macam senyawa ionik dan polar. Dengan demikian, air bertindak sebagai media untuk transportasi senyawa-senyawa nutrisi bagi tanaman, hewan dan senyawa-senyawa yang berasal dari limbah yang bersifat toksik ataupun polutan. Effendi (2003) menyebutkan bahwa pemantauan dan interpretasi data kualitas air menjadi langkah konkrit untuk pengelolaan sumberdaya air yang

sangat penting agar air dapat dimanfaatkan secara berkelanjutan dengan tingkat mutu yang diinginkan (Pahlewi, 2020)

Kualitas air merupakan isu utama dalam pengembangan sumberdaya air karena setiap perubahan dalam kualitas air akan berdampak signifikan terhadap lingkungan. Kualitas air mencakup keadaan fisik, kimia dan biologi yang dapat memengaruhi ketersediaan air untuk kehidupan manusia, pertanian, industri, rekreasi dan pemanfaatan air untuk kepentingan umat manusia lainnya. Peningkatan limbah yang tidak mampu diurai ke dalam badan air mengakibatkan penurunan kualitas air secara umum. Penambahan bahan buangan dalam jumlah besar dari hulu ke hilir secara terus menerus akibat aktivitas manusia seperti logam berat, pewarna, obat-obatan, pestisida, fluorida, pestisida dan deterjen memberikan ancaman terbesar sebesar 80% terhadap populasi dunia (Kumar Reddy & Lee, 2012) dan beban polutan tertinggi adalah Cd dan Pb yang memberikan ancaman tertinggi terhadap perairan

Evaluasi terhadap kualitas air sungai sangatlah penting dilakukan untuk mengetahui status mutu air dari sungai tersebut. Melalui Water Framework Directive (WFD), negara di eropa mulai melakukan pengelolaan Daerah Aliran Sungai (DAS) Terpadu untuk mencari status mutu baik dari badan air sungai (Tsakiris & Alexakis, 2012). Penentuan status mutu air dapat menggunakan Metode Indeks Kualitas Air (WQI) dan Penilaian Kualitas Air (WQA) (Fulazzaky, 2010). Penggunaan indeks kualitas air dengan WQI dianggap masih tidak efektif karena banyak parameter penting tidak ada dalam formula seperti nutrisi, logam berat dan coliform (Naubi, dkk., 2016).

Mutu air adalah kondisi kualitas air yang diukur dan atau diuji berdasarkan parameter-parameter tertentu dan metode tertentu berdasarkan peraturan perundang-undangan yang berlaku. Status mutu air yaitu tingkat kondisi mutu air yang menunjukkan kondisi cemar atau kondisi baik pada suatu sumber air dalam waktu tertentu dengan membandingkan dengan baku mutu air yang ditetapkan.

Metode Indeks Pencemaran (IP) merupakan salah satu metode analisis kualitas air yang diaplikasikan di Indonesia. Metode ini merupakan perhitungan relatif antara hasil pengamatan terhadap baku mutu yang berlaku. Sebagai metode indeks komposit, IP terdiri atas indeks rata-rata dan indeks maksimum. Indeks maksimum dapat memberikan indikator unsur kontaminan utama penyebab penurunan kualitas air. Unsur utama dapat dihubungkan dengan sumber

pencemar, apakah dari domestik maupun, non domestik (industri) (Marganingrum, dkk., 2013).

## 8.2 Sifat Fisik, Kimia, dan Biologi Air

Kualitas air berhubungan dengan sifat fisik, kimia, dan biologi air. Adanya perubahan fisik pada air, adanya bahan-bahan lain terutama senyawa-senyawa kimia, baik dalam bentuk senyawa organik, dan juga adanya mikroorganisme memegang peranan penting dalam menentukan kualitas air.

### 1. Sifat Fisik Air

Sifat fisik air terdapat tiga wujud yaitu bentuk padat sebagai es, bentuk cair sebagai air, dan bentuk gas sebagai uap air. Bentuk yang diperoleh tergantung dalam keadaan cuaca yang setempat. Air secara fisik bersifat tidak mempunyai warna, tidak berasa dan tidak berbau pada kondisi standar yaitu pada tekanan 100 kPa (1 bar) dan temperatur 0 derajat celsius (Nedi, dkk., 2018).

Air sebagai zat, air tidak berbau, tak berwarna tanpa rasa, air merupakan senyawa yang sangat mantap, pelarut yang mengagumkan serta sumber kimia sangat kuat.. Air dapat memuai apabila membeku menjadi zat padat, dalam suatu kegiatan seringkali suatu proses disertai dengan timbulnya panas reaksi atau panas dari gerakan mesin dan zat kimia terlarut. Sehingga semakin tinggi suhu air semakin sedikit oksigen yang terlarut di dalamnya (Irianto, 2015).

Bau yang berasal dari dalam air dapat langsung berasal dari bahan-bahan buangan atau air limbah dari kegiatan atau dapat pula berasal dari hasil degradasi bahan buangan oleh mikroba yang hidup di dalam air. Pembentukan kolodial terjadi karena bahan buangan padat buangan padat yang berbentuk halus (butiran kecil), sebagian ada yang larut dan sebagian lagi tidak dapat larut dan tidak dapat mengendap, kolodial ini melayang di dalam air sehingga air menjadi keruh (Irianto, 2015).

## 2. Sifat Kimia Air

Sifat kimia air adalah mempunyai pH sama dengan 7 dan oksigen terlarut jenuh pada 9 mg/L. Air merupakan substansi kimia dengan rumus kimia H<sub>2</sub>O satu molekul air tersusun atas dua atom hidrogen terikat secara kovalen pada satu atom oksigen (Rukaesih, 2004).

Molekul air terdiri dari satu atom oksigen yang berikatan kovalen dengan dua atom hidrogen, gabungan dua atom hidrogen dengan satu atom oksigen yang membentuk air ini merupakan molekul yang sangat kokoh dan untuk menguraikan air diperlukan jumlah energi yang besar, jumlah yang sama juga dilepaskan dalam pembentukannya (Rukaesih, 2004).

Organisme perairan harus mengeluarkan energi yang besar untuk menyesuaikan diri dengan salinitas yang jauh di bawah atau di atas normal bagi kehidupan hewan. Air dapat mengandung zat besi (Fe) dan mangan (Mn) cukup besar, adanya kandungan besi dan mangan dalam air menyebabkan warna air tersebut berubah menjadi kuning-coklat setelah beberapa saat kontak dengan udara. Baik besi maupun mangan dalam air biasanya terlarut dalam bentuk senyawa atau garam bikarbonat, garam sulfat hidroksida dan juga dalam bentuk koloid atau dalam bentuk gabungan senyawa anorganik (Rukaesih, 2004).

## 3. Sifat Biologi Air

Sifat biologi air adalah perairan selalu didapat kehidupan, fauna dan flora, serta didapat di dalam tubuh semua organisme. Bio indikator merupakan kelompok komunikator organisme yang kehadirannya atau perilakunya di dalam air berkorelasi dengan kondisi lingkungan sehingga dapat digunakan sebagai penunjuk kualitas lingkungan perairan (Willey, 1990).

Organisme yang tergolong sebagai indikator di antaranya ganggang, bakteri, protozoa makrobentos, dan ikan.

## 8.3 Klasifikasi Kualitas Air

Baku Mutu Air (BMA) adalah ukuran batas atau kadar makhluk hidup, zat, energi, atau komponen yang ada atau harus ada dan atau unsur pencemar yang ditenggang keberadaannya di dalam air.

Menurut Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 82 Tahun 2001 Tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air di Bagian Ketiga Klasifikasi dan Kriteria Mutu Air Pasal 8, Kualitas mutu air ditetapkan menjadi 4 (empat) kelas, yaitu:

1. Kelas Satu; air yang peruntukannya dapat digunakan untuk air baku air minum, atau peruntukan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut.
2. Kelas Dua; air yang peruntukannya dapat digunakan untuk prasarana dan sarana rekreasi air, pembudidayaan ikan air tawar, peternakan, air untuk mengairi pertanian, dan atau peruntukan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut.
3. Kelas Tiga; air yang peruntukannya dapat digunakan untuk pembudidayaan ikan air tawar, peternakan, air untuk mengairi pertanian, dan atau peruntukan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut.
4. Kelas Empat; air yang peruntukannya dapat digunakan untuk mengairi pertanian dan atau peruntukan lain yang dapat mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut.

Penentuan kelas untuk kualitas mutu air diajukan berdasarkan pada hasil pengkajian yang dilakukan oleh pemerintah, pemerintah provinsi, dan atau pemerintah Kabupaten/Kota berdasarkan wewenangnya sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku. Parameter ini paling relevan untuk menentukan kualitas air sungai seperti zat karbon terlarut, oksidasi amonium, desertifikasi, keseimbangan oksigen dan proses degradasi. Dalam melakukan pengukuran terhadap parameter kualitas air perlu dilakukan secara terpadu agar perumusan strategi pengendalian pencemaran dapat dilakukan dengan baik.

## 8.4 Pencemaran Air

Menurut UU Republik Indonesia Pasal 23 Ayat 2 No 32 Tahun 2009 tentang Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup, yang dimaksud dengan pencemaran lingkungan hidup yaitu masuknya atau dimasukkannya makhluk hidup, zat, energi atau komponen lain ke dalam lingkungan hidup, oleh kegiatan manusia sehingga kualitasnya turun sampai ke tingkat tertentu yang menyebabkan lingkungan hidup tidak dapat berfungsi sesuai dengan peruntukannya. Hal ini berlaku pula pada pencemaran air. Air akan dikatakan tercemar apabila kualitasnya menurun hingga tingkat membahayakan sehingga tidak dapat digunakan sesuai peruntukannya.

Menurut Saeni (1989) dalam (Istomi, 2013), pencemaran adalah peristiwa adanya penambahan bermacam-macam bahan sebagai hasil dari aktivitas manusia kedalam lingkungan yang biasanya dapat memberikan pengaruh yang berbahaya terhadap lingkungan. Istomi (2013), Mendefinisikan pencemaran air adalah penyimpangan sifat-sifat air dari keadaan normal, bukan dari kemurniannya. Pencemaran terjadi bila dalam lingkungan hidup manusia baik lingkungan fisik, biologis maupun sosial, terdapat suatu bahan pencemar (polutan) yang ditimbulkan oleh proses aktivitas manusia yang berakibat merugikan terhadap kehidupan manusia baik langsung maupun tidak langsung.

Sumber pencemar secara umum diklasifikasikan menjadi 2, yaitu:

1. Sumber pencemaran langsung adalah sumber pencemar yang langsung keluar dari sumbernya masuk ke media sebagai sumber dampak. Sumber pencemar langsung ini meliputi limbah industri, rumah tangga, pertanian, peternakan, dan sebagainya
2. Sumber pencemaran tidak langsung adalah kontaminasi yang memasuki lingkungan melalui media perantara, misalnya pencemaran pada tanah, air tanah, dan hujan sebelum menerima dampak kontaminan.

Sumber pencemaran air berdasarkan karakteristik limbah yang dihasilkan dapat dibedakan menjadi dua yaitu sumber limbah domestik dan sumber limbah non domestik. Berdasarkan sumbernya, jenis limbah cair yang dapat mencemari air dapat dikelompokkan menjadi beberapa bagian yaitu:

1. Limbah cair domestik, yaitu limbah cair yang berasal dari pemukiman, tempat-tempat komersial (perdagangan, perkantoran, institusi) dan tempat-tempat rekreasi.
2. Limbah cair industri, merupakan limbah cair yang dikeluarkan oleh industri sebagai akibat dari proses produksi.
3. Limbah pertanian, yaitu limbah yang bersumber dari kegiatan pertanian seperti penggunaan pestisida, herbisida, fungisida dan pupuk kimia yang berlebihan.
4. Infiltration/inflow yaitu limbah cair yang berasal dari perembesan air yang masuk ke dalam dan luapan dari sistem pembuangan air kotor.

Menurut Wardhana (2001), Indikator atau tanda bahwa air lingkungan telah tercemar adalah adanya perubahan atau tanda yang diamati, antara lain:

1. Adanya perubahan suhu air
2. Adanya perubahan pH atau konsentrasi ion hidrogen
3. Adanya perubahan warna, bau dan rasa air
4. Timbulnya endapan, koloidal, bahan pelarut
5. Adanya mikroorganisme
6. Meningkatnya radioaktivitas air lingkungan

Pengamatan yang dilakukan untuk mengetahui adanya perubahan kualitas air dapat digolongkan menjadi pengamatan secara fisik, kimia dan biologis (Warlina, 2004). Parameter kimia / fisika yang umum digunakan untuk mengetahui tingkat pencemaran air dan baku mutu air adalah warna, bau, kesadahan, salinitas dan toksin (pestisida).

## 8.5 Metode Indeks Pencemaran (IP)

Metode IP merupakan salah satu metode penilaian kualitas air sungai yang sederhana dan mudah diterapkan. Nilai IP menunjukkan tingkat pencemaran yang sifatnya relatif terhadap mutu air (BMA) yang dipersyaratkan pada sumber air. Metode IP merupakan metode yang dibangun berdasarkan dua indeks kualitas, yaitu indeks rata-rata (IR) yang menunjukkan tingkat pencemaran rata-rata dari seluruh parameter dalam satu kali pengamatan dan

indeks maksimum (IM) yaitu indeks yang menunjukkan penurunan kualitas air pada satu kali pengamatan (Marganingrum, 2013).

Menurut Nemerow dan Sumitomo (1970), Metode Indeks Pencemaran (Pollution Index) digunakan untuk menentukan tingkat pencemaran relatif terhadap parameter kualitas air yang diizinkan yang ditentukan dari resultan nilai maksimum dan nilai rata-rata rasio konsentrasi setiap parameter terhadap nilai baku mutunya agar dapat dikembangkan untuk beberapa peruntukan bagi seluruh bagian badan air atau sebagian dari suatu sumber air. Analisis kualitas air dengan mengacu pada baku mutu kualitas air sungai menurut PP 82/2001.

Penentuan status mutu air menggunakan metode indeks pencemaran menurut KEPMENLH 115/2003, dengan menggunakan persamaan:

$$PI_j = \sqrt{\frac{(C_i/L_{ij})_M^2 + (C_i/L_{ij})_R^2}{2}}$$

Di mana,

PI<sub>j</sub>: Indeks pencemaran

C<sub>i</sub>: Konsentrasi parameter kualitas air

L<sub>ij</sub>: Konsentrasi parameter kualitas air

M: Nilai maksimum

R: Rata-rata

Keraguan pada nilai (C<sub>i</sub>/L<sub>ij</sub>) akan timbul jika dua nilai tersebut berdekatan dengan nilai acuan 1,0 atau perbedaan yang sangat besar sehingga tingkat kerusakan badan air sulit ditentukan. C<sub>i</sub>/L<sub>ij</sub> (baru) akan didapatkan apabila suatu parameter C<sub>i</sub>/L<sub>ij</sub> melebihi > 1 atau = 1, maka dihitung kembali dengan persamaan:

$$C_i/L_{ij}(\text{baru}) = 1.0 + P \cdot \log(C_i/L_{ij})$$

Di mana P: Konstanta dan nilainya ditentukan dengan bebas dan disesuaikan dengan hasil pengamatan lingkungan dan atau persyaratan yang dikehendaki untuk suatu peruntukan (di Indonesia digunakan 5).

Jika nilai konsentrasi parameter menurun menunjukkan tingkat pencemaran yang meningkat, amak perlu dihitung terlebih dahulu nilai teoritik atau nilai maksimum dari parameter tersebut dengan menggunakan persamaan:

$$\frac{C}{L} = \frac{C_{im} - C_i(\text{hasil pengukuran})}{C_{im} - L_i}$$

Di mana,  $C_{im}$ : Nilai teoritik atau nilai maksimum dari parameter yang dimaksud. Untuk penentuan parameter baku mutu yang memiliki rentang seperti pH, maka penentuan IP menggunakan persamaan, sebagai berikut:

1. Apabila  $C_i \leq 1$ , rata-rata

$$\frac{C}{L} = \frac{[C_i - L_{i \text{ rata-rata}}]}{[L_{i \text{ min}} - L_{i \text{ rata-rata}}]}$$

2. Apabila  $C_i > 1$ , rata-rata

$$\frac{C}{L} = \frac{[C_i - L_{i \text{ rata-rata}}]}{[L_{i \text{ max}} - L_{i \text{ rata-rata}}]}$$

Di mana  $L_{i \text{ min}}$  dan  $L_{i \text{ max}}$  masing-masing adalah batas rentang bawah dan batas rentang atas. Sedangkan  $L_{i \text{ rata-rata}}$  adalah nilai rata-rata dari  $L_{i \text{ min}}$  dan  $L_{i \text{ max}}$ . Dengan melakukan modifikasi IM pada beberapa parameter tertentu akan diketahui indikasi sumber pencemar utama pada sumber air yang dimonitor. Modifikasi dilakukan dengan cara menghilangkan parameter yang menjadi IM. Penghilangan IM disesuaikan dengan parameter ke- $i$  yang ingin diketahui efeknya satu persatu untuk mendeteksi sumber pencemar..

Indeks kualitas air IP ditentukan dari result nilai maksimum dan nilai rata-rata rasio konsentrasi setiap parameter terhadap nilai baku mutunya. Dalam KEPMENLH Republik Indonesia Pasal 1 No 18 Tahun 2012, Metode menghubungkan tingkat pencemaran suatu perairan yang dipakai untuk peruntukan tertentu dengan nilai parameter-parameter tertentu. Adapun kategori kelas pada Metode Indeks Pencemaran (Pollution Index) yaitu:

**Tabel 8.1:** Kategori Kelas Indeks Pencemaran

IP	Keterangan
$0 \leq IP \leq 1,0$	Memenuhi baku mutu ( <i>good</i> )
$1,0 \leq IP \leq 5,0$	Tecemar ringan ( <i>slightly polluted</i> )
$5,0 \leq IP \leq 10$	Tercemar sedang ( <i>fairly polluted</i> )
$>10$	Tercemar berat ( <i>heavily polluted</i> )

Pada prinsipnya nilai  $PI_j > 1$  mempunyai arti bahwa air sungai tersebut tidak memenuhi baku peruntukan air j. Penghitungan indeks kualitas air dilakukan dengan langkah-langkah sebagai berikut:

1. Setiap lokasi dan waktu pemantauan kualitas air sungai dianggap sebagai satu sampel.
2. Hitung indeks pencemaran setiap sampel untuk parameter TSS, DO, dan COD.
3. Hitung persentase jumlah sampel yang mempunyai nilai  $PI_j > 1$ , terhadap total jumlah sampel pada tahun yang bersangkutan.
4. Melakukan normalisasi dari rentang nilai 0–100% (terbaik – terburuk) jumlah sampel dengan nilai  $PI_j > 1$ , menjadi nilai indeks dalam skala 0 – 100 (terburuk – terbaik).

Pengelolaan kualitas air atas dasar Indeks Pencemaran (IP) ini dapat memberi masukan pada pengambil keputusan agar dapat menilai kualitas badan air untuk suatu peruntukan serta melakukan tindakan untuk memperbaiki kualitas jika terjadi penurunan kualitas akibat kehadiran senyawa pencemar. IP mencakup berbagai kelompok parameter kualitas yang independen dan bermakna.

## 8.6 Pengendalian Pencemaran Air

Menurut Undang-Undang No 32 Tahun 2009 tentang Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup, disebutkan bahwa pengendalian pencemaran atau kerusakan lingkungan hidup dilaksanakan dalam rangka pelestarian fungsi lingkungan hidup yaitu meliputi tindakan pencegahan, penanggulangan dan pemulihan. Sedangkan menurut PP 82/2001, Pengendalian Pencemaran Air dilakukan untuk menjamin kualitas air sesuai dengan baku mutu memulai upaya pencegahan dan penanggulangan pencemaran air serta pemulihan kualitas lingkungan.

Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No. 01 Tahun 2010 tentang Tata Laksana Pengendalian Pencemaran Air disebabkan definisi pencemaran air serta pemulihan kualitas air untuk menjamin kualitas air sesuai dengan baku mutu air. Pengelolaan kualitas air adalah upaya pemeliharaan air sehingga

tercapai kualitas air yang diinginkan sesuai peruntukannya untuk menjamin agar kualitas air tetap dalam kondisi alamiahnya. Pengendalian pencemaran air adalah upaya pencegahan dan penanggulangan pencemaran air serta pemulihan kualitas air untuk menjamin kualitas air agar sesuai dengan baku mutu air.

Upaya pengendalian pencemaran yang dapat diterapkan untuk mengurangi tingkat pencemaran air berdasarkan sumber pencemar, sebagai berikut:

1. Sumber Pencemar Pertanian

Penggunaan Lahan untuk pertanian juga ditengarai menimbulkan beban pencemaran. Limbah pertanian menyumbang pencemaran terdeteksi dari adanya parameter Nitrat dan Nitrit walaupun belum melampaui baku mutu. Penggunaan pupuk kimia dan pestisida menambah nutrisi dalam air yang terlarut kemudian mengalir ke sungai. Upaya pencegahan yang dapat dilakukan yaitu mengadopsi pertanian ramah lingkungan dengan budidaya pertanian organik.

2. Sumber Pencemar Peternakan

Langkah yang dapat dilakukan dalam pengurangan pencemaran yaitu dengan mereduksi pencemar yang ada. Beberapa program yang perlu dipertimbangkan antara lain pembuatan instalasi pengolahan limbah peternak seperti IPAL Biogas yang sudah dipraktekan oleh beberapa peternak sapi. Keberadaan kluster peternak perlu dibina agar mengadopsi pengolahan limbah supaya limbah peternakan tidak langsung mencemari badan air.

3. Sumber Pencemar Pemukiman

Pemukiman menyumbang pencemaran dari 2 hal yaitu limbah domestik dan sampah. Untuk mengurangi limbah domestik dapat diterapkan IPAL limbah domestik bagi pemukiman padat. Penanganan pencemaran sampah dilakukan dengan menambah kuota pengelolaan sampah dan penyuluhan bahaya pembuangan sampah ke sungai.

4. Sumber Pencemar Industri

Pembuangan limbah industri tekstil dan kimia yang ternyata memiliki IPAL dalam pengolahan limbah. Izin Pembuangan Limbah Cair

(IPLC) ke badan air juga sudah dikantongi oleh industri. Kewajiban industri dalam pelaporan pengelolaan IPAL juga sudah dilaksanakan industri tersebut. Namun tingkat kualitas air yang buruk harus dievaluasi sistem pengelolaan IPAL yang dilakukan dan pemantauan yang dilakukan instansi terkait.

# **Bab 9**

## **Dasar-Dasar Perencanaan Instalasi Pengolahan Air Bersih**

### **9.1 Dasar Pengelolaan Air Bersih**

Air merupakan sumber energi yang memiliki peran penting dalam mendukung kehidupan makhluk hidup, sebagai media yang dimanfaatkan untuk mendukung kegiatan perikanan, pertanian, pariwisata dan sebagainya. Pengelolaan air yang baik dapat meningkatkan mutu serta kualitas air yang dihasilkan, sehingga tidak terjadi kontaminasi pada saat air digunakan. Air memiliki substansi penting dalam kegiatan rumah tangga, pertanian, ekonomi dan industri (Koengo et al., 2022)

Kualitas air yang tersebar di permukaan bumi memiliki densitas yang cukup besar akan tetapi hanya sedikit yang bisa dimanfaatkan dengan baik, hal ini disebabkan oleh pencemaran yang terjadi baik dalam skala kecil maupun besar, dan berdampak pada perubahan kondisi lingkungan . pencemaran air diakibatkan oleh proses pembuangan limbah domestik dengan kandungan bahan kimia yang berbahaya dan tidak dilakukan proses daur ulang, sehingga peluang terkontaminasinya besar dari pembuangan awal. Air bersih yaitu air yang bebas dari mikroorganisme patogen, bahan kimia, warna, dan bau. (Wahadamaputera et al., 2014)

Indikasi pencemaran air dapat dilakukan dengan bagaimana perencanaan air sebagai salah satu upaya untuk pengelolaan air untuk mengubah sifat zat sehingga sesuai dengan baku mutu air untuk dapat dimanfaatkan. Perencanaan ini dibutuhkan kajian terhadap bagaimana ketersediaan air (kuantitas), kualitas, dan keberlangsungan air tersebut. (Arundina et al., 2022) ketersediaan air bersih dan kualitas air sangat penting bagi kesejahteraan dan pertumbuhan manusia.

Kebutuhan air bersih terus mengalami peningkatan seiring bertambahnya jumlah penduduk. Ketersediaannya harus mampu mengakomodasi segala kebutuhan manusia di semua level kehidupan sehingga diperlukan upaya penjagaan terhadap kuantitas, dan kualitasnya sebagai sumber mata air kehidupan, perlu langkah strategis untuk pengelolaan terhadap baku mutu air bersih sehingga pemanfaatannya bisa berkelanjutan. Rencana pengelolaan dilakukan sebagai tahapan dari rangkaian teknis yang dilakukan untuk mengelola dan menjaga agar kualitas air sehingga menghadirkan mutu air yang baik sehingga dapat dimanfaatkan secara optimal (Santoso et al., 2021).

## 9.2 Ruang Lingkup Air Bersih

Air bersih merupakan air yang berasal dari sumber mata air serta dapat dimanfaatkan sebagai sumber energi yang menopang aktivitas manusia dan memiliki kualitas yang baik, ditinjau dari sisi fisika kimia perairan. Aktivitas yang membutuhkan air diantaranya proses metabolisme tubuh, kegiatan rumah tangga, pabrik, perikanan, dan pertanian. menyatakan air memiliki peran dalam skala sosial, ekonomi dan lingkungan.

Air merupakan zat cair yang bersifat sebagai pelarut bahan kimia dengan ikatan atom hidrogen (H) dan oksigen (O). Keberadaan air di muka bumi terkontaminasi oleh pencemaran lingkungan diantaranya masuknya limbah kimia ke dalam air sehingga diperlukan uji kelayakan. Sebaran air bersih banyak mengalami penurunan kualitas hal ini disebabkan bertambahnya jumlah penduduk, terjadinya peralihan fungsi lahan, pembangunan pabrik yang tidak memiliki standar operasional yang baik terkait dengan limbah.

Sehingga ruang lingkup air bersih perlu dioptimalkan dengan mengembangkan pengawasan terhadap 3 hal diantaranya:

1. Pengolahan air bersih diantaranya a) bagaimana netralisasi pH mendekati 7 sehingga menghasilkan asam dan basa menghasilkan larutan mendekati netral. b) Proses aerasi adanya penambahan jumlah oksigen di air, sehingga jika ada zat-zat seperti karbon dioksida dan hidrogen di dalam air dapat dikendalikan dengan menghilangkan aroma dan rasa. c) Filtrasi atau penyaringan dengan tujuan memisahkan partikel padat yang ada di dalam air. d) meminimalisir air sadah dengan mengurangi kandungan kation di dalam air seperti kalsium dan magnesium. e) koagulasi dengan penambahan bahan kimia yang dimasukkan ke dalam air sehingga air dapat dimanfaatkan.
2. Sumber air bersih, dapat bersumber dari beberapa sumber air dengan memanfaatkan media diantaranya air galian sumur manual, menggunakan pompa tangan, dan penjagaan sumber mata air.
3. Penjagaan lingkungan, dengan memetakan lingkungan jauh dari limbah pembuangan, sampah dan kandang hewan sehingga sumber air tidak terkontaminasi dan terjaga kebersihannya.

Pengawasan terhadap air bersih diharapkan mampu menghasilkan mutu air yang memenuhi beberapa parameter fisika kimia (Kusumawardani, 2018). Parameter fisika dengan melihat kondisi fisik diantaranya air tidak berwarna, dan tidak memiliki aroma, kekeruhan, suhu. Parameter kimia mengamati beberapa bahan kimia yang ada di dalam air seperti herbisida dan insektisida.

Sumber air bersih yang dapat diolah dan dimanfaatkan sebagai air bersih diantaranya berasal dari beberapa perairan:

1. Air Permukaan  
Bersumber dari perairan yang ada di permukaan bumi, perairan yang termasuk dalam kategori air permukaan yaitu perairan sungai dan danau. Pencemaran terjadi akibat proses drainase (pembuangan masa air secara alami, berfungsi mengalirkan air hujan yang menggenang).
2. Air Hujan  
Air hujan memiliki karakteristik yang berbeda dengan air lainnya, tidak memiliki kandungan mineral dan memiliki rasa hambar. Air

hujan yang turun ke bumi tidak baik untuk langsung dimanfaatkan karena kandungan kotoran. Pemanfaatan air hujan sebagai media alternatif untuk pemenuhan air bersih. (Suprayogi et al., 2017)

### 3. Air Laut

Air laut merupakan air yang memiliki kandungan NaCl yang cukup tinggi, kondisi air laut belum dapat dikategorikan sebagai air bersih karena proses pertukaran atau terkontaminasi dengan limbah darat yang begitu cepat sehingga belum layak untuk dimanfaatkan secara langsung. Potensi air laut diantaranya mampu memproduksi garam dalam jumlah yang besar, dan memiliki sumber protein hewani terbesar.

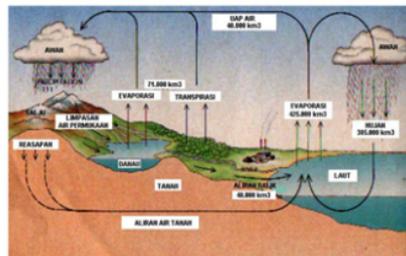
### 4. Air Tanah

Proses ini terjadi setelah adanya infiltrasi air dari permukaan tanah. Air tanah memiliki keunggulan diantaranya:

- Airnya lebih steril dan tidak terkontaminasi oleh bahan pencemar
- Berada di lapisan dengan kedalaman tertentu di bawah permukaan tanah
- Sebarannya hampir di semua tempat dan tidak mengenal musim

### 5. Mata Air

Merupakan air yang bersumber dari dalam tanah, dan memiliki kualitas sangat baik seperti air tanah, dan tidak bergantung kepada musim . Sumber mata air bersumber dari rembesan mata air dan munculnya air ke permukaan tanah.



SIKLUS HIDROLOGI DI BUMI

$$SR = P - (T + E)$$

$$I = Q_1 + Q_2$$

**Gambar 9.1:** Siklus Sumber Air di Bumi

## 9.3 Pengelolaan Instalasi Air Bersih

Pengelolaan adalah proses filterisasi yang dilakukan dengan tujuan memisahkan partikel atau zat yang tersuspensi dalam kandungan air untuk menghasilkan energi air bersih dan tidak merugikan lingkungan sekitar. Pengelolaan instalasi merupakan serangkaian kinerja yang menggunakan seperangkat alat, dan cara teknis untuk memanfaatkan air bersih sehingga dapat dimanfaatkan dan dikelola dengan baik (Rifandini, 2022).

Manfaat instalasi air bersih diantaranya:

1. Memurnikan dan memfilterisasi air baku menjadi air bersih  
Keluar masuknya bahan dan zat kedalam perairan dapat disterilisasi dari instalasi
2. Pengendalian kondisi lingkungan  
Keberadaan unit instalasi air bersih membantu masyarakat dan lingkungan dalam pemanfaatan dan sisa buangnya tidak membahayakan lingkungan

Pengelolaan air membutuhkan proses agar dapat menghasilkan air dengan kualitas yang baik dan memenuhi standar baku yang baik untuk kesehatan maupun lingkungan.

Proses tersebut melalui beberapa fase diantaranya:

1. Penyaringan  
Merupakan proses yang dilakukan untuk memfilter dan menjaga bagian utama instalasi dengan menggunakan saringan sehingga membantu menghilangkan padatan yang mengapung dan tersuspensi di dalam aliran air. contohnya serasah, kertas, yang menghalangi aliran air. saringan menjadi media untuk penjagaan dan menghindari kerusakan alat.
2. Aerasi  
Proses pengambilan oksigen dari udara dengan cara air diangin-anginkan sehingga membantu mengeluarkan gas larut seperti karbon dioksida dan hidrogen sulfida, dan senyawa organik yang tidak diperlukan oleh air. Aerasi juga mampu menghilangkan besi dan

mangan yang mengakibatkan aroma dan rasa yang tidak enak serta tidak baik untuk pakaian

3. Koagulasi

Koagulasi sebagai proses untuk menghilangkan partikel halus yang tersuspensi di dalam air. Bahan kimia sebagai koagulan dengan muatan positif sedangkan air yang menetralkan muatan listrik partikel halus. Koagulasi sebagai metode yang dikenal untuk menurunkan kadar kekeruhan air

4. Sedimentasi

Endapan partikel yang terjadi pada saat air didiamkan beberapa jam di dalam media penampungan dan endapan yang dihasilkan menyerupai lumpur akan dihilangkan melalui media pembuangan.

5. Filtrasi

Filtrasi merupakan cara untuk memisahkan padatan dan cairan. Dalam proses pengelolaan air bersih ada padatan yang tidak dapat dipisahkan dapat dikeluarkan dengan menggunakan media pendukung seperti pasir dan kerikil.

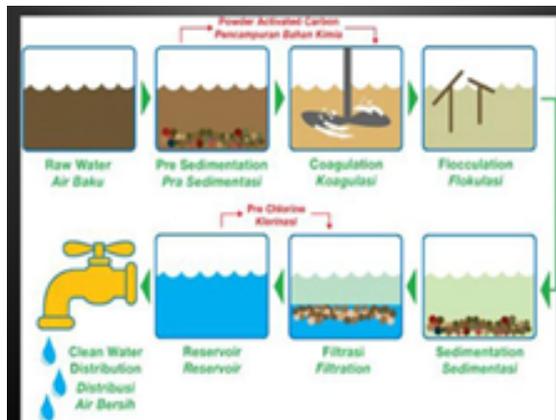
6. Klorinasi

Metode ini digunakan untuk menghilangkan bakteri patogen yang tersisa, klorin jika di dalam air mampu bereaksi dengan polutan dan mikroorganisme yang ada.

7. Perlindungan ekstra

Kegiatan ini terkait dengan perlindungan terhadap populasi seperti flourida air, karena ini dapat mencegah dari kerusakan gigi.

Air sebagai salah satu objek yang diperlukan untuk makhluk hidup yang ada dibumi dan tidak dapat dipisahkan sehingga keberlangsungan hidup dapat terjaga, diperlukan upaya penjagaan terhadap kualitas air yang bersih diantaranya menjaga jarak antara sumber air dengan tempat pembuangan, jauh dari bahan pencemar, pondasi bangunan sumber air harus kokoh, sumber air harus kedap air dan dalam kondisi yang baik, kondisi lingkungan di sekitar sumber air tidak terdapat genangan dan limbah. Pengelolaan air bersih dipengaruhi oleh faktor topografi, geografis, pencemaran terhadap sumber air, tarif dasar air bersih, dan kehilangan air (Koengo, 2022)



**Gambar 9.2:** Fase Pengolahan Air

## 9.4 Perencanaan Instalasi Air Bersih

Perencanaan merupakan rangkaian kegiatan untuk menentukan tahapan-tahapan yang tepat dalam mencapai tujuan yang diinginkan, dengan adanya perencanaan menjadi pedoman dalam pelaksanaan. Perencanaan juga harus menentukan langkah yang tepat dengan skala prioritas baik jangka pendek atau jangka panjang mencakup analisis, kebijakan, dan rancangan yang akan diterapkan (Sumule, et al 2021) Optimalisasi dalam pelaksanaannya memerlukan tindakan untuk menyelesaikan persoalan terkait air bersih yang sesuai dengan standar dan pedoman.

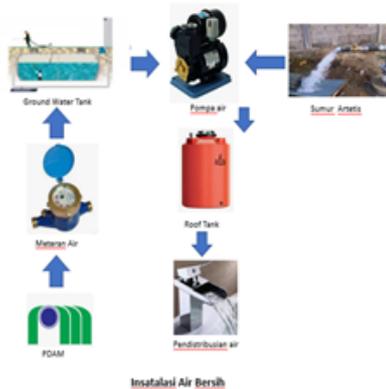
Perencanaan instalasi air bersih membutuhkan gambaran yang menjadi pedoman diantaranya:

1. Topografi wilayah yang membutuhkan air bersih
2. Kuantitas dan kualitas air bersih yang dibutuhkan
3. Sebaran penduduk berdasarkan wilayah
4. Keberadaan bahan baku air
5. Pengelolaan bahan baku air menjadi air bersih
6. Pendistribusian air bersih

Kebutuhan air bersih dipengaruhi oleh jumlah penduduk, iklim, pola hidup, sistem pembuangan air serta sebaran industri yang ada di suatu wilayah. Perencanaan instalasi air bersih merupakan bagian dari support sistem mendukung pembangunan (Wahyuni et al., 2020). Instalasi air bersih dilakukan dengan pemasangan menggunakan pipa dan pemasangan kran kran sebagai alur penyambung untuk menyalurkan air bersih dengan menggunakan pipa. Pipa menjadi alternatif sebagai komponen penyambung untuk menyalurkan air bersih, alur pemasangan pipa harus dibuat sistem perencanaan yang matang sehingga instalasi air dapat disalurkan dengan baik dan lancar untuk itu diperlukan alur perencanaan pemasangan.

Pemasangan pipa sebagai instalasi air bersih menjadi penting untuk menyalurkan kebutuhan air bersih, sebelum pemasangan instalasi diperlukan aspek-aspek yang mendukung diantaranya:

#### 1. Ketersediaan sumber air



**Gambar 9.3:** Unit Instalasi Air Bersih

Instalasi yang digunakan menghubungkan langsung dengan sumber air yang menggunakan mekanisme pemasangan pipa, diantaranya PDAM, air tanah, air penampungan yang keberadaannya dihubungkan langsung dengan pipa instalasi rumah.

#### 2. Alur pemasangan pipa

- a. Alur horizontal (kebawah), mekanisme ini lebih kepada pemasangan instalasi pipa menuju satu aliran seperti perumahan penduduk, ada yang fokus pada satu titik akhir aliran sehingga semakin jauh aliran air maka pancaran air yg keluar semakin

kecil sedangkan jika menggunakan pipa yang bersifat paralel maka tekanan air yang akan keluar dari pipa hampir sama.

- b. Alur vertikal (ke atas), pada kondisi ini pemasangan instalasi pipa air bersih pada segmen atau bangunan tinggi di mana air ditampung terlebih dahulu dalam wadah penampungan dan dialirkan dengan menggunakan pompa berkekuatan tinggi dengan menggunakan daya listrik sehingga bisa dialirkan dengan baik, sedangkan jika penampungan hanya menggunakan pipa dan daya gravitasi maka air juga dapat digunakan untuk dialirkan ke bawah (Fahreza, et al 2017)

### 3. Posisi dan ukuran pipa instalasi

Rangkaian pipa instalasi air bersih tergantung kepada alur dan pola pemasangan pipa serta estimasi biaya yang akan dikeluarkan. Pemasangan tergantung model dan ukuran pipa, dan juga letak posisi pemasangan pipa apakah di dalam tanah atau di permukaan. Jika pemasangan pipa dilakukan dipermukaan tanah atau di atas plafon akan lebih mudah untuk mendeteksi jika terjadi kebocoran. Kemampuan pipa mengalirkan air juga dipengaruhi oleh tekanan air yang melaluinya,

Ukuran dan jenis pipa dalam pemasangan instalasi air bersih saat ini ada beberapa varians diantaranya ada yang terbuat dari bahan logam dan juga PVC, bahan PVC saat ini banyak diminati masyarakat karena tidak berkarat dan mudah dalam perawatannya. Akan tetapi jika dalam posisi pemasangan pipa tidak baik maka akan mudah mengalami kebocoran. sehingga diperlukan ketelitian yang baik pada saat perencanaan dan menentukan alur pemasangan

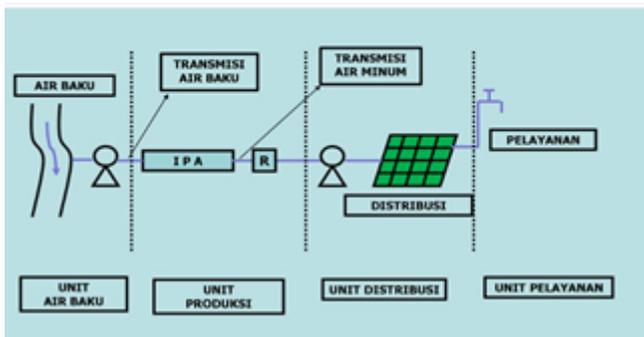
Perencanaan pemasangan pipa instalasi air bersih juga dibutuhkan tahap perawatan terhadap instalasi yang sudah terpasang sehingga dapat menghindari kebocoran yang tidak diinginkan perlu diperhatikan rambu-rambunya agar tidak berdampak negatif pada perawatan pipa.

## 9.5 Unit Transmisi dan Distribusi Air Bersih

Unit transmisi merupakan jalan untuk menyalurkan air baku ke tempat unit produksi atau membawa hasil pengolahan air ke reservoir, tekanan yang terjadinya aliran bebas tidak bertekanan contohnya dan aliran bertekanan. Unit dari transmisi mencakup sistem pemasangan pipa air baku dan air minum, mengalirkan air dari sumber unit produksi dan mengalirkan air baku ke reservoir jika sudah memenuhi persyaratan secara kualitas untuk dimanfaatkan, sedangkan unit distribusi berfungsi untuk mengalirkan air bersih secara baik kualitas, keberlanjutannya, dan tekanannya keseluruhan kawasan (Hartono et al., 2021)

Hal yang harus diperhatikan dalam pemasangan unit transmisi dan distribusi:

1. Menggunakan jalur pemasangan pipa pendek dan menghindari jalur dengan konstruksi seperti perlintasan jalan, dan pembangunan jembatan.
2. Alur pemasangan pipa harus mudah untuk dilakukan perawatan dan pengoperasiannya.
3. Hindari perbedaan elevasi yang tinggi
4. Penempatan reservoir diupayakan dekat dengan sistem pelayanan



**Gambar 9.4:** Alur Distribusi Air Bersih

## 9.6 Evaluasi Pengelolaan Air Bersih

Evaluasi sebagai tahapan untuk memberikan penilaian terhadap kinerja pengelolaan air bersih. Informasi yang didapatkan diharapkan dapat menjadi acuan untuk mengkritisi program tersebut, evaluasi harus berlangsung secara kontinu, terbuka, dan dengan data yang valid

Evaluasi terhadap pengelolaan air bersih diantaranya

1. Evaluasi perlengkapan yang digunakan, seperti kondisi pipa, alat pengukur tekanan, katup udara.
2. Evaluasi reservoir untuk menjaga keseimbangan antara produksi dan kebutuhan
3. Evaluasi sistem distribusi air yang perlu diperhatikan kawasan layanan, jumlah penduduk, tipe aliran, jenis distribusi, dan tekanan air



# **Bab 10**

## **Parameter Kualitas Air Yang Bersifat Fisika**

### **10.1 Pendahuluan**

Air adalah salah satu sumber kehidupan makhluk hidup yang sangat penting. Sebagai sumber kehidupan, air memungkinkan proses vital seperti metabolisme, pencernaan, dan transportasi zat-zat dalam tubuh. Air juga berperan dalam menjaga suhu tubuh yang stabil, mengatur keseimbangan elektrolit, serta membantu dalam fungsi organ-organ seperti ginjal dan saluran pencernaan (Mardhia and Abdullah, 2018). Selain itu, air juga menjadi habitat bagi berbagai organisme akuatik dan merupakan komponen penting dalam siklus hidrologi yang menjaga keseimbangan ekosistem. Dengan demikian secara keseluruhan, air adalah elemen yang tak tergantikan dalam mempertahankan kehidupan dan keberlangsungan semua bentuk kehidupan di bumi (Triatmadja, 2019).

Permasalahan kualitas fisik air bersih di berbagai dunia masih menjadi permasalahan yang serius. Pencemaran air menjadi permasalahan utama yang memengaruhi kualitas fisik air. Pencemaran ini dapat berasal dari berbagai sumber, termasuk limbah domestik, limbah industri, pertanian, dan kegiatan pertambangan serta bencana alam (Mardhia and Abdullah, 2018). Selain

pencemaran, penurunan kualitas fisik air dapat dipengaruhi oleh pemanasan global, eutrofikasi, perubahan penggunaan lahan seperti deforestasi, dan pembangunan permukiman (Triatmadja, 2019).

Pengelolaan kualitas fisik air menjadi hal yang sangat penting dalam upaya menjaga kesehatan manusia, keberlanjutan ekosistem perairan, dan kelestarian sumber daya alam. Salah satu aspek penting dalam mengevaluasi kualitas air adalah memahami parameter kualitas fisik air. Parameter ini mencakup sejumlah karakteristik fisik air dan kondisi perairan (Tamjidillah, 2021).

Sifat-sifat fisik air memainkan peran penting dalam memisahkan lingkungan air dan udara. Selain itu, faktor-faktor fisik juga memiliki pengaruh yang signifikan terhadap kehidupan organisme di dalam air. Perbedaan yang besar antara faktor-faktor fisik di lingkungan air dan udara menyebabkan dampak yang berbeda pada tumbuhan dan hewan di kedua lingkungan tersebut (Asrori, 2021). Selain itu, air memiliki peran penting dalam menjaga tekanan osmosis, berperan sebagai pelarut dan penghantar listrik yang efisien .

## 10.2 Persyaratan Kualitas Fisik Air

Kualitas fisik air untuk keperluan Higiene dan Sanitasi bagi rumah tangga yang mengakses secara mandiri atau yang memiliki sumber air sendiri untuk keperluan sehari-hari tercantum dalam dalam Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 32 Tahun 2017 Tentang Standar Baku Mutu Kesehatan Lingkungan dan Persyaratan Kesehatan Air untuk Keperluan Higiene Sanitasi, Kolam Renang, Solus per Aqua, dan Pemandian Umum. Namun peraturan ini telah dicabut setelah diberlakukannya Permenkes Nomor 2 Tahun 2023. Air dalam hal ini adalah air dengan kualitas tertentu yang digunakan untuk keperluan sehari-hari yang kualitasnya berbeda dengan kualitas air minum. Air yang memenuhi baku mutu dapat digunakan untuk mencuci pakaian, mencuci alat masak, membersihkan perabot, mandi cuci kakus (MCK), mengepel, menyiram tanaman, dan sebagainya. Air yang menjadi bahan baku air minum harus melalui pengolahan tertentu sehingga dapat memenuhi syarat kualitas (Tamjidillah, 2021). Pemerintah Republik Indonesia juga telah mengatur pengawasan kualitas fisik air tersebut sesuai yang tercantum dalam Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 2 Tahun 2023 tentang Peraturan Pelaksanaan Peraturan Pemerintah

Nomor 66 Tahun 2014 Tentang Kesehatan Lingkungan. Standar baku mutu kualitas fisik air dapat dilihat dalam tabel berikut:

**Tabel 10.1:** Baku Mutu Kualitas Fisik Air untuk Keperluan Higiene Sanitasi (Kemenkes, 2023)

No.	Parameter Wajib	Unit	Standar Baku Mutu (kadar maksimum)	Metode Pengujian
1.	Kekeruhan	NTU	< 3	SNI atau yang setara
2.	Warna	TCU	10	SNI / APHA
3.	Zat padat terlarut ( <i>Total Dissolve Solid</i> )	mg/L	< 300	SNI / APHA
4.	Suhu	°C	Suhu udara $\pm 3$	SNI / APHA
5.	Bau	-	Tidak berbau	APHA

### 10.2.1 Kekeruhan

Turbiditas merupakan kata lain dari tingkat kekeruhan air. Turbidity ini merupakan salah satu parameter fisik yang diuji dalam analisis air. Tingkat kekeruhan air umumnya diukur dalam satuan NTU (Nephelometer Turbidity Unit) menggunakan alat turbidimeter setelah dilakukan pengujian aplikasi (Puspitarini and Ismawati, 2022).

Kekeruhan adalah karakteristik optik air yang disebabkan oleh keberadaan bahan padat, terutama partikel-partikel tersuspensi dengan pengaruh sedikit dari warna air. Partikel-partikel tersuspensi ini meliputi tanah liat, lumpur, koloid tanah, dan organisme perairan seperti mikroorganisme. Padatan tersuspensi ini tidak hanya berdampak negatif pada ikan, tetapi juga dapat menyebabkan air tidak produktif karena menghambat penetrasi sinar matahari yang diperlukan untuk fotosintesis (Suhadi, 2019).

Keberadaan organisme sebagai bahan tersuspensi dalam perairan, pada tingkat tertentu dapat menjadi indikator adanya pencemaran. Oleh karena itu, kekeruhan air dapat memengaruhi atau menentukan hal-hal berikut:

1. Terganggunya proses respirasi
2. Menurunkan kadar oksigen dalam air

3. Membatasi daya lihat (visual) organisme akuatik
4. Terganggunya habitat perairan
5. Menghambat penetrasi sinar matahari ke dalam air
6. Menurunkan efektifitas desinfeksi pengolahan air

Konsentrasi padatan tersuspensi memiliki hubungan positif dengan kekeruhan. Semakin tinggi konsentrasi padatan tersuspensi dalam perairan, maka kekeruhan air tersebut akan semakin tinggi. Kekeruhan pada perairan yang tergenang, seperti kolam atau danau, lebih sering terjadi disebabkan adanya bahan tersuspensi dalam bentuk koloid dan partikel-partikel halus. Sedangkan pada sungai yang mengalami banjir, kekeruhan disebabkan oleh larutan tersuspensi yang terbawa arus air (Mardhia and Abdullah, 2018).

### 10.2.2 Warna

Warna dalam air diakibatkan oleh keberadaan partikel yang berasal dari pembusukan bahan organik, ion-ion logam seperti besi dan mangan, limbah industri, humus, plankton, dan tanaman air. Keberadaan oksida besi menyebabkan air memiliki warna kemerahan, sementara oksida mangan membuat air berwarna coklat atau hitam. Kandungan besi sebanyak 0,3 mg/L dan kandungan mangan sebanyak 0,05 mg/L sudah cukup untuk menghasilkan warna dalam perairan (Putra and Mairizki, 2019). Kehadiran kalsium karbonat yang berasal dari daerah tanah kapur juga dapat memberikan warna hijau pada air. Bahan-bahan organik seperti tanin, lignin, dan asam humus yang berasal dari dekomposisi tumbuhan mati dapat menyebabkan warna coklat dalam air.



**Gambar 10.1:** Warna Air dengan Kandungan Fe yang Tinggi (Rahmatika, 2023)

Air memiliki warna yang disebabkan oleh proses alami, baik itu berasal dari proses biologis maupun non-biologis. Produk-produk dari proses biologis dapat berupa zat humus, gambut, dan sejenisnya, sementara produk-produk dari proses non biologis dapat berupa senyawa kimia yang mengandung unsur-unsur seperti Fe, Ni, Co, Mn, dan lain-lain. Selain itu, perubahan warna air juga dapat disebabkan oleh aktivitas manusia yang menghasilkan limbah berwarna. Kehadiran warna tertentu dalam air dapat mengganggu kehidupan biota akuatik, terutama fitoplankton dan beberapa jenis organisme bentos (Kemendikbud, 2013).

Bahan-bahan anorganik seringkali menunjukkan warna-warna khusus, seperti kalsium karbonat memberikan warna hijau-hijauan, belerang memberikan warna hijau, dan besi oksida memberikan warna merah. Dalam proses penyediaan air minum, warna-warna tersebut sangat berhubungan dengan aspek estetika. Warna air ini juga dapat digunakan sebagai indikator untuk menentukan jenis pengolahan yang tepat .

Warna air berdasarkan zat penyebabnya dapat dibedakan sebagai berikut:

1. Warna sejati (true color)

Penyebab warna sejati adalah keberadaan zat organik dalam bentuk koloid. Warna ini tetap tidak dapat berubah meskipun melalui proses penyaringan dan sentrifugasi. Diperlukan teknologi khusus untuk mengolah air dengan warna sejati ini, yaitu teknologi RO dan destilasi. Contoh warna sejati diantaranya warna air teh, warna limbah industri tekstil, plankton, warna dari adanya asam humus, atau tanaman air yang sudah mati.



**Gambar 10.2:** Warna Air Gambut di Kalimantan (Twadigmark, 2022)

## 2. Warna semu (apparent color)

Penyebab warna semu adalah adanya partikel-partikel tersuspensi dalam air. Cara mengurangi warna ini dapat dilakukan dengan penyaringan atau sentrifugasi serta melalui pengendapan. Warna semu ini berbanding lurus dengan kekeruhan air, sehingga semakin air keruh maka warna semu juga akan semakin pekat.

### 10.2.3 Zat padat terlarut (Total Dissolve Solid)

Total Dissolve Solid (TDS) adalah kandungan zat terlarut, baik itu bersifat organik maupun anorganik yang terdapat dalam suatu larutan. TDS mengindikasikan jumlah zat terlarut dalam satuan part per million (ppm) atau milligram per liter (mg/L). Berdasarkan definisi tersebut, zat terlarut dalam air atau larutan seharusnya dapat melewati saringan dengan diameter 2 mikrometer ( $2 \times 10^{-6}$  meter). Penggunaan umum TDS meliputi pengukuran kualitas cairan dalam konteks irigasi, kolam renang, pemeliharaan akuarium, proses kimia, pengolahan air mineral dan lain-lain (Mardhia and Abdullah, 2018).

TDS dapat juga menggambarkan konsentrasi ion kation (bermuatan positif) dan anion (bermuatan negatif) di dalam air. Analisis TDS digunakan sebagai metode kualitatif untuk mengukur jumlah ion terlarut, meskipun tidak memberikan informasi tentang sifat atau hubungan ion tersebut. Selain itu, pengujian ini tidak memberikan wawasan yang spesifik mengenai masalah kualitas air. Oleh karena itu, analisis TDS digunakan sebagai indikator umum untuk mengevaluasi kualitas air secara keseluruhan. Sumber TDS dapat mencakup semua jenis kation dan anion yang terlarut dalam air (Mardhia and Abdullah, 2018).

Sumber utama TDS dalam air berasal dari aliran limbah pertanian, limbah industri, dan limbah rumah tangga. Unsur kimia merupakan kandungan yang paling umum dalam TDS, termasuk kalsium, kalium, nitrat, natrium, fosfat, dan klorida. Bahan kimia ini bisa berupa kation, anion, molekul, atau gabungan dari ribuan molekul. Kandungan TDS yang berbahaya adalah pestisida yang berasal dari aliran permukaan. Kandungan TDS yang bersifat alami berasal dari pelapukan dan pelarutan batuan dan tanah. Ambang batas TDS untuk perairan adalah 1000 mg/L. Kadar TDS yang tinggi di perairan berdampak negatif terhadap ikan, seperti kematian langsung, mudah terkena penyakit, lambat dalam pertumbuhan, perubahan perilaku, penurunan

reproduksi, dan penurunan jumlah pakan alami bagi ikan (Rosarina and Laksanawati, 2018).

### 10.2.4 Suhu

Suhu adalah suatu parameter yang mengindikasikan sejauh mana kepanasan suatu objek, biasanya digambarkan sebagai ukuran energi kinetik molekul. Secara umum, suhu diungkapkan dalam satuan derajat Celcius atau Fahrenheit. Perubahan suhu memiliki dampak pada proses fisik, kimia, dan biologi dalam lingkungan air. Suhu juga memainkan peran yang sangat penting dalam mengatur kondisi ekosistem perairan. Suhu menjadi pengatur utama dalam proses fisik dan kimia yang terjadi di dalam air. Suhu air, baik secara langsung maupun tidak langsung memengaruhi kelarutan oksigen, dan kelarutan oksigen tersebut secara langsung memengaruhi kehidupan organisme seperti tumbuhan dan reproduksi biota (Taufiqullah, 2022b).

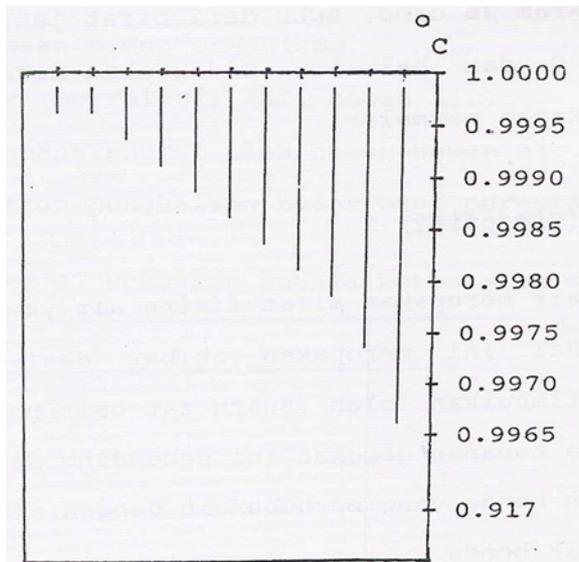
Suhu merupakan faktor fisik yang memiliki signifikansi di seluruh dunia. Peningkatan suhu dapat mempercepat reaksi kimia. Hal ini sesuai dengan hukum Van't Hoff yang menyatakan setiap kenaikan suhu sebesar 10°C akan menggandakan kecepatan reaksi, meskipun hal ini tidak selalu berlaku. Sebagai contoh, proses metabolisme akan meningkat hingga mencapai puncaknya dengan kenaikan suhu, namun kemudian akan menurun kembali. Setiap perubahan suhu cenderung memengaruhi sejumlah proses kimia yang terjadi secara bersamaan dalam jaringan tumbuhan dan hewan, sehingga juga berdampak pada organisme secara keseluruhan.

Perbandingan antara lingkungan daratan dan perairan memiliki fluktuasi suhu yang relatif terbatas. Karena itu, air dapat berfungsi sebagai penutup permukaan bumi yang mampu mengurangi panas dari sinar matahari. Suhu sungai banyak dipengaruhi oleh musim, kedalaman air, komposisi substrat, kekeruhan, dan cahaya yang masuk ke dalam perairan. Organisme akuatik memiliki rentang suhu tertentu, yaitu batas atas dan batas bawah yang ideal untuk pertumbuhannya. Sebagai contoh, alga akan tumbuh dengan baik dalam rentang suhu 30-35°C (Rosarina and Laksanawati, 2018).

Suhu air dipengaruhi oleh sinar matahari baik secara langsung maupun tidak langsung. Perubahan panas dalam air mengalami perubahan secara perlahan dari siang ke malam hari dan setiap pergantian musim. Selain itu, air memiliki sifat khusus di mana densitas maksimum terjadi pada suhu 4°C, bukan pada titik beku air. Selain faktor sinar matahari (pancaran radiasi matahari),

meningkatnya suhu air dapat dipengaruhi oleh kondensasi dari uap air, panas dari pusat bumi, panas dari atmosfer, dan panas dari hasil reaksi kimia dalam air. Sedangkan faktor-faktor yang dapat menurunkan suhu air adalah penguapan (evaporasi, pemantulan/pelepasan panas kembali, dan pemantulan kembali sinar matahari dari permukaan air ke atmosfer (Taufiqullah, 2022b).

Menurut (Priharyatno, 2021), perubahan suhu memengaruhi molekul-molekul air dan mengakibatkan ekspansi zat cair, yang pada akhirnya menghasilkan grafik suhu dan berat jenis anomaly. Sifat anomaly air ini memiliki peran bagi organisme air saat musim dingin. Pada musim dingin air hanya membeku di permukaan, sementara air di bagian bawah tetap cair dengan suhu sedikit di bawah 40C. Dengan demikian, hewan dan tumbuhan yang berada di bawah lapisan es tidak terlalu terpengaruh oleh perubahan suhu tersebut. Pengaruh suhu terhadap berat jenis air dapat digambarkan dalam grafik berikut:



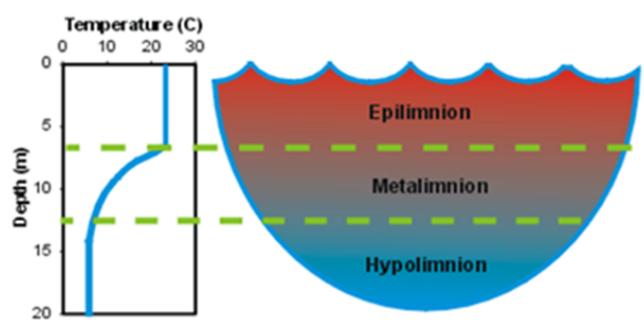
**Gambar 10.3:** Pengaruh Suhu Terhadap Berat Jenis Air (Taufiqullah, 2022a)

Suhu air sangat memengaruhi jumlah jumlah oksigen terlarut di dalam air. Pada kondisi suhu tinggi, air akan lebih cepat mencapai kejenuhan oksigen dibandingkan dengan ketika suhu rendah. Faktor-faktor yang dapat memengaruhi suhu di perairan adalah musim, ketinggian dari permukaan laut (altitude), lintang (latitude), kehadiran awan, waktu dalam sehari, kedalaman air dan aliran air. Peningkatan suhu air ini akan mengakibatkan viskositas,

evaporasi volatilisasi, reaksi kimia, dan penurunan kelarutan gas O<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> dan lainnya.

Dalam perairan yang tergenang, terdapat stratifikasi air yang dapat dikelompokkan menjadi tiga berdasarkan perbedaan suhu pada setiap kedalaman, yaitu:

1. Lapisan epilimnion, adalah lapisan bagian atas perairan yang hangat karena mengalami penurunan suhu relatif kecil. Pada lapisan ini seluruh air tercampur dengan baik karena adanya angin dan gelombang
2. Lapisan termoklin atau metalimnion, adalah bagian tengah yang mengalami penurunan suhu sangat cepat. Pada lapisan ini suhu akan berkurang 10C setiap kedalaman bertambah 1 m.
3. Lapisan hypolimnion, adalah bagian lapisan paling bawah yang perbedaan suhu sangat kecil dan cenderung konstan. Pada lapisan ini suhu relatif dingin karena hamper tidak terjadi pencampuran massa air.



**Gambar 10.4:** Stratifikasi Perairan Tergenang Berdasarkan Suhu (Taufiqullah, 2022b)

### 10.2.5 Bau

Hidrogen sulfida dan senyawa organik yang dihasilkan dari dekomposisi anaerob adalah beberapa sumber utama bau air. Selain menyebabkan ketidaknyamanan, bau juga dapat menjadi indikator adanya gas beracun atau kondisi yang berpotensi membahayakan kesehatan dan lingkungan.

Air yang memiliki bau tidak normal, seperti bau logam dan bau busuk, menunjukkan bahwa kualitas air tersebut buruk dan dapat membahayakan kesehatan. Bau ini disebabkan oleh adanya bahan organik yang mengalami pembusukan, kehadiran organisme tertentu, dan senyawa seperti fenol. Sumber-sumber bau bervariasi, misalnya bau amis disebabkan oleh pertumbuhan algae yang berlebihan atau kontaminasi limbah, bau khlor dari proses desinfeksi air PDAM, dan bau busuk disebabkan oleh dekomposisi bahan organik oleh mikroorganisme air. Air yang memiliki bau tidak normal selain tidak estetik juga tidak disukai oleh masyarakat (Sari and Huljana, 2019) (Latupeirissa and Manuhutu, 2020).

Pengukuran bau dilakukan dengan menggunakan metode analisis organoleptik langsung, di mana bau dari setiap sampel dibandingkan. Dalam metode ini, terdapat dua indikator bau yang digunakan sebagai batas penilaian, yaitu air murni dan air asam. Sampel yang diamati ditempatkan dalam wadah tertutup selama enam hari untuk melihat adanya perubahan bau. Pengecekan bau pada sampel dilakukan pada hari pertama dan hari keenam (Khalisa, Lubis and Agustina, 2021).

## 10.3 Teknologi Pengolahan Parameter Fisik Air

Kualitas parameter fisik air dapat diperoleh dengan melakukan pengolahan. Pengolahan fisik berfungsi untuk menurunkan atau menghilangkan parameter-parameter fisik seperti kekeruhan, total dissolve solid, warna, dan bau. Instalasi pengolahan ini terdiri dari (Tamjidillah, 2021):

1. Prasedimentasi, fungsi proses ini untuk mengendapkan partikel-partikel diskrit (kasar), seperti pasir, lempung, dan zat-zat padat lainnya yang dapat mengendap secara gravitasi.
2. Koagulasi, pada tahapan ini dilakukan pembubuhan bahan koagulan dan terdapat proses pengadukan cepat (rapid mixing). Tujuan pengadukan cepat adalah untuk proses pencampuran bahan koagulan dengan air baku sehingga terjadi proses koagulasi.

3. Flokulasi, pada tahapan ini dilakukan pengadukan lambat (slow mixing). Fungsi pengadukan lambat adalah untuk pembentukan flokulen, yang prosesnya disebut sebagai flokulasi.
4. Sedimentasi, pada tahapan ini terjadi pengendapan partikel-partikel flokulen yang telah terbentuk di bak flokulasi. Flokulen yang besar akan lebih mudah mengendap, sedangkan flokulen yang melayang tidak dapat mengendap di bak sedimentasi.
5. Filtrasi, pada tahapan ini partikel-partikel flokulen yang melayang dan tidak dapat mengendap di bak sedimentasi akan tersaring. Filtrasi juga berfungsi sebagai penyaring mikroorganisme/bakteri yang ikut larut dalam air (Suwerda et al., 2019).

Beberapa jenis filtrasi yang dapat diaplikasikan dalam pengolahan fisik air sebagai berikut (Tamjidillah, 2021):

1. Rapid sand filter, menggunakan media pasir (single media), antrasit dan pasir yang terpisah (dual media) serta pasir dan antrasit yang tercampur (mixed media).
2. Slow sand filter, digunakan untuk pengolahan air tanpa melalui unit koagulasi, flokulasi dan sedimentasi.
3. Pressure filtration, dilakukan untuk air baku yang berasal dari air tanah. Keuntungan filtrasi ini adalah tidak perlu melakukan pemompaan ganda.
4. Direct filtration, digunakan untuk pengolahan air baku dengan kadar kekeruhan rendah, sebagai contoh untuk filtrasi air buangan.



# Bab 11

## Parameter Kualitas Air yang Berhubungan dengan Asam

### 11.1 Pendahuluan

Kualitas air adalah faktor penting dalam menjaga kehidupan dan keberlanjutan ekosistem air. Salah satu aspek penting dalam memahami kualitas air adalah mempelajari parameter-parameternya yang berhubungan dengan keasaman. Keasaman air dapat dipengaruhi oleh berbagai faktor, termasuk sifat geokimia alami, aktivitas manusia, dan interaksi antara air dan lingkungannya. Beberapa parameter yang biasa digunakan untuk mengetahui kualitas air adalah derajat keasaman (pH), total partikel terlarut (TDS), kadar garam dan daya hantar listrik (DHL) (Lestari, I.L., dkk., 2021).

Kajian mengenai parameter kualitas air yang berhubungan dengan asam menjadi penting karena keasaman yang tidak seimbang dapat memiliki dampak yang signifikan pada organisme hidup, ekosistem air, serta kesehatan manusia. Parameter kualitas air yang berhubungan dengan asam mencakup pH, alkalinitas, bicarbonate, karbon dioksida, konsentrasi ion hidrogen ( $H^+$ ), logam berat, dan organisme indikator sensitif terhadap perubahan keasaman.

Dalam kajian ini, akan dilakukan eksplorasi mendalam tentang setiap parameter kualitas air yang berhubungan dengan asam, termasuk pengaruhnya

terhadap keasaman air, interaksi antar parameter tersebut, dan konsekuensi ekologis yang mungkin terjadi akibat perubahan keasaman. Melalui pemahaman yang lebih baik tentang parameter-parameter ini, kita dapat mengidentifikasi dan mengatasi permasalahan keasaman air, serta mengambil langkah-langkah perlindungan dan penanganan yang tepat untuk menjaga kualitas air yang optimal. Perairan yang asam cenderung menyebabkan kematian pada ikan demikian juga pada pH yang mempunyai nilai kelewat basa (Suprianta, M., dkk., 2020).

Dalam kajian ini, kita akan menjelajahi penelitian terbaru, data empiris, dan kerangka konseptual yang relevan untuk memperoleh pemahaman yang komprehensif tentang parameter kualitas air yang berhubungan dengan asam. Hal ini diharapkan dapat memberikan wawasan yang lebih baik tentang pentingnya memantau, melindungi, dan menjaga kualitas air terkait keasaman, serta konsekuensi jangka panjang yang mungkin timbul akibat perubahan keasaman yang tidak terkendali.

Dengan memperdalam pemahaman tentang parameter kualitas air yang berhubungan dengan asam, diharapkan kita dapat mengembangkan strategi pengelolaan yang efektif untuk menjaga kualitas air yang baik, melindungi ekosistem air yang rentan, dan memastikan kesehatan dan keberlanjutan sumber daya air bagi generasi mendatang.

## 11.2 Pengertian Parameter Kualitas Air

Parameter kualitas air adalah variabel atau karakteristik yang digunakan untuk mengukur, memantau, dan mengevaluasi kondisi air. Parameter-parameter ini memberikan informasi tentang sifat-sifat fisik, kimia, biologi, dan organoleptik air. Tujuan dari penggunaan parameter kualitas air adalah untuk menentukan apakah air memenuhi standar kualitas yang ditetapkan untuk berbagai keperluan, seperti konsumsi manusia, kegiatan industri, pertanian, dan perlindungan ekosistem. Parameter kualitas air minum harus netral, tidak boleh bersifat asam atau basa (Sasongko E.B., dkk, 2014).

Parameter kualitas air adalah karakteristik fisik, kimia, biologi, atau radiologis dan air yang dapat digunakan untuk menilai kualitas air dan kecocokannya untuk digunakan dalam berbagai keperluan seperti air minum, pertanian dan

industri. Parameter kualitas air sangat penting untuk menentukan apakah air tersebut aman dan layak dikonsumsi atau digunakan untuk keperluan lainnya.

Parameter kualitas air dapat diukur dengan berbagai cara, seperti dengan mengambil sampel air dan menganalisisnya di laboratorium. Beberapa parameter kualitas air yang umumnya diukur meliputi parameter fisika seperti suhu, kekeruhan dan bau, serta parameter kimia seperti pH, kandungan amonia, nitrat nitrogen, dan ortofosfat. Parameter biologi mencakup organisme hidup, seperti bakteri, alga, dan invertebrata air. Parameter ini memberikan indikasi tentang keberadaan organisme yang mungkin mengindikasikan kondisi ekosistem dan kualitas air yang baik.

## 11.3 Klasifikasi Parameter Kualitas Air

Kualitas air memiliki standar atau batas yang ditetapkan untuk memastikan air memenuhi persyaratan tertentu sesuai dengan tujuan penggunaannya. Standar atau kriteria kualitas air yang digunakan apakah sesuai dengan peruntukannya dapat ditentukan berdasarkan parameter kualitas air. Parameter kualitas air dapat diklasifikasikan berdasarkan sifat dan karakteristiknya. Pengklasifikasian parameter kualitas air ini membantu dalam pemantauan dan pengendalian kualitas air, serta membantu dalam pengembangan kebijakan dan tindakan penanganan yang tepat untuk menjaga kualitas air yang baik dan lingkungan yang sehat.

Parameter kualitas air tersebut secara umum dapat diklasifikasikan sebagai berikut:

1. **Parameter Fisik:** Parameter fisik mencakup suhu air, warna, kekeruhan, dan tingkat oksigen terlarut. Parameter ini memberikan informasi tentang kondisi fisik air yang dapat memengaruhi organisme hidup dan penggunaan air.
2. **Parameter Kimia:** Parameter kimia meliputi pH, kandungan oksigen terlarut, konsentrasi nutrien (seperti nitrogen dan fosfor), konsentrasi logam berat, bahan organik terlarut, dan bahan kimia berbahaya lainnya. Parameter ini membantu dalam menilai tingkat pencemaran dan keasaman air, serta potensi dampak terhadap organisme hidup dan lingkungan.

3. Parameter Biologi: Parameter biologi mencakup organisme hidup, seperti bakteri, alga, dan invertebrata air. Parameter ini memberikan indikasi tentang keberadaan organisme yang mungkin mengindikasikan kondisi ekosistem dan kualitas air yang baik.
4. Parameter Organoleptik: Parameter organoleptik mencakup karakteristik sensorik air, seperti bau, rasa, dan penampilan visual. Parameter ini terkait dengan penerimaan air oleh manusia dan digunakan untuk mengevaluasi apakah air aman dan layak dikonsumsi.
5. Parameter Logam: Logam Berat: Mengukur konsentrasi logam berat seperti timbal, arsenik, merkuri, dan kadmium, yang dapat memiliki dampak toksik pada organisme hidup dan kesehatan manusia.
6. Parameter Mikrobiologi: Bakteriologi: Melibatkan pengukuran jumlah dan jenis bakteri dalam air, termasuk bakteri patogen yang dapat menyebabkan penyakit.
7. Parameter Radioaktif: Aktivitas Radioaktif: Mengukur tingkat radioaktivitas dalam air, yang dapat berasal dari sumber alami atau aktivitas manusia.
8. Parameter Organik: Senyawa Organik Terlarut (SOT): Mengukur jumlah senyawa organik terlarut dalam air, yang dapat berasal dari limbah industri atau domestik

Setiap kategori parameter kualitas air memiliki metode pengukuran dan standar yang berbeda untuk menentukan tingkat kualitas air yang diinginkan. Penggunaan kombinasi parameter dari berbagai kategori ini membantu memberikan gambaran yang lebih lengkap tentang kualitas air dan dampaknya terhadap lingkungan dan organisme hidup.

Baku mutu kualitas air untuk air minum berbeda dengan baku mutu kualitas air yang diperuntukkan untuk keperluan mandi, cuci, kakus atau sanitasi. Sebagai contoh parameter yang dapat digunakan pada baku mutu kualitas air untuk higiene sanitasi yaitu parameter wajib dan parameter tambahan. Parameter wajib pada baku mutu kualitas air untuk higiene sanitasi merupakan parameter yang harus dipantau secara berkala seperti parameter fisik, parameter kimia dan parameter biologi. Parameter fisik meliputi kekeruhan, zat padat terlarut, bau, suhu, rasa dan warna. Parameter kimia meliputi pH,

fluorida, mangan, nitrit, deterjen, besi, kesadahan ( $\text{CaCO}_3$ ), nitrat, sianida dan pestisida total. Parameter biologi yang wajib diperiksa untuk baku mutu kualitas air hygiene sanitasi yaitu total coliform dan *E. coli*. Sedangkan parameter tambahan pada baku mutu kualitas air untuk hygiene sanitasi merupakan parameter yang diwajibkan dilakukan pemeriksaan jika terindikasi adanya pencemaran yang berkaitan dengan parameter tambahan sesuai dengan peraturan pemerintah (Satriawan, D. 2023).

## 11.4 Parameter Kualitas Air Yang Berhubungan dengan Asam

Kualitas air yang baik harus memenuhi beberapa parameter yang menjadi standar bahwa air tersebut aman, tidak tercemar dan bisa dikonsumsi. Kualitas air dapat dipengaruhi oleh berbagai faktor diantaranya masuknya bahan pencemar ke dalam air berupa logam berat, bahan organik, anorganik dan bahan pencemar yang berasal dari pengolahan proses industri. Bahan pencemar ini dapat diketahui melalui pengujian parameter kualitas air berdasarkan sifat, jenis dan karakteristiknya.

Klasifikasi parameter kualitas air yang telah dibahas di atas merupakan pembagian yang dilakukan dengan tujuan untuk memudahkan dalam memeriksa dan mengidentifikasi jenis, sifat dan karakteristik dari bahan atau material yang masuk ke dalam air sehingga memengaruhi kualitas air. Bahan atau material yang ke dalam air akan memengaruhi pH atau tingkat keasaman air, sehingga air menjadi bersifat asam dan bersifat basa. Derajat keasaman atau pH menggambarkan aktivitas potensial ion hidrogen dalam larutan yang dinyatakan sebagai konsentrasi ion hidrogen ( $\text{mol/l}$ ) pada suhu tertentu (Supriatna, M., dkk., 2020).

Air murni memiliki  $\text{pH} = 7$ , air yang bersifat basa memiliki pH lebih besar dari 7, sedangkan air bersifat asam lebih kecil dari 7. Perubahan pH dipengaruhi oleh konsentrasi bahan kimia tertentu dalam air. Misalnya konsentrasi  $\text{CO}_2$  dalam air pada siang hari menurun karena adanya proses fotosintesis yang menyebabkan pH air meningkat. Sebaliknya pada malam hari, konsentrasi  $\text{CO}_2$  meningkat karena aktivitas respirasi semua organisme air yang melepaskan  $\text{CO}_2$  yang menyebabkan pH air menurun. Berdasarkan sifat-sifat

ini, maka pH merupakan salah satu parameter yang menjadi syarat utama untuk menentukan kualitas air. Setidaknya ada 5 syarat utama untuk menentukan kualitas air yaitu bersih dari bahan kimia, mempunyai pH dan suhu yang sesuai, kandungan amonia dan nitrit sangat rendah, tidak tercemar bahan organik serta stabil.

Banyak faktor yang memengaruhi parameter kualitas air, namun tidak semua berhubungan dengan asam. Berikut adalah beberapa parameter kualitas air yang berhubungan dengan asam yaitu:

1. pH: pH adalah ukuran keasaman atau kebasaan air. Rentang pH yang normal untuk air tawar biasanya antara 6 hingga 8. Jika pH air turun di bawah 6, itu menunjukkan keasaman yang tinggi, sedangkan pH di atas 8 menunjukkan kebasaan yang tinggi. Penurunan pH di bawah nilai normal dapat mengindikasikan peningkatan keasaman air. Tinggi rendahnya pH dipengaruhi oleh fluktuasi kandungan O<sub>2</sub> maupun CO<sub>2</sub> (Rukminasari, N., dkk., 2014)
2. Alkalinitas: Alkalinitas adalah kapasitas air untuk menetralkan keasaman. Jumlah alkalinitas dalam air dapat membantu menstabilkan pH. Penurunan alkalinitas dapat menyebabkan peningkatan keasaman yang lebih mudah terjadi dalam air.
3. Bicarbonate (HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>): Bicarbonate adalah salah satu komponen dalam sistem buffering alami air yang membantu menjaga pH yang stabil. Bicarbonate dapat bereaksi dengan keasaman dalam air untuk membantu menyeimbangkan keasaman tersebut.
4. Karbon Dioksida (CO<sub>2</sub>): Karbon dioksida dapat bereaksi dengan air untuk membentuk asam karbonat, yang juga dapat memengaruhi keasaman air. Kandungan karbon dioksida yang tinggi dalam air dapat menyebabkan peningkatan keasaman.
5. Konsentrasi Ion Hidrogen (H<sup>+</sup>): Konsentrasi ion hidrogen dalam air terkait langsung dengan tingkat keasaman. Konsentrasi H<sup>+</sup> yang tinggi menunjukkan keasaman yang tinggi dalam air.
6. Logam Berat: Logam berat, seperti aluminium, besi, dan timbal, dapat terlarut dalam air dengan keasaman yang tinggi. Keasaman yang tinggi dapat meningkatkan kelarutan logam berat, yang dapat

menyebabkan peningkatan toksisitas bagi organisme air dan mengganggu kualitas air.

7. Organisme Indikator: Beberapa organisme air sensitif terhadap perubahan keasaman air. Prasasti atau organisme indikator seperti larva serangga air (misalnya Ephemeroptera, Plecoptera, Trichoptera), plankton, dan ikan tertentu dapat memberikan petunjuk tentang tingkat keasaman air yang berlebihan atau tidak sesuai.
8. Total Dissolved Solids (TDS): TDS merupakan ukuran jumlah padatan terlarut dalam air, termasuk ion-ion yang berkontribusi terhadap keasaman air. Jika TDS tinggi, dapat menunjukkan adanya ion-ion yang berhubungan dengan keasaman, seperti sulfat, klorida, dan nitrat, yang dapat memengaruhi tingkat keasaman air.
9. Sulfat ( $\text{SO}_4^{2-}$ ): Sulfat adalah ion yang dapat memberikan kontribusi terhadap keasaman air. Kandungan sulfat yang tinggi dalam air dapat menyebabkan peningkatan keasaman. Sumber utama sulfat dalam air termasuk air asam tambang, limbah industri, dan penggunaan pupuk.
10. Nitrat ( $\text{NO}_3^-$ ): Nitrat juga dapat memengaruhi keasaman air. Meskipun nitrat sendiri tidak bersifat asam, dalam kondisi tertentu, bakteri dalam air dapat mengubah nitrat menjadi senyawa yang lebih asam, seperti asam nitrat. Peningkatan kandungan nitrat dalam air dapat menyebabkan peningkatan keasaman.
11. Kation Logam: Kation logam seperti aluminium ( $\text{Al}^{3+}$ ), besi ( $\text{Fe}^{2+}$  dan  $\text{Fe}^{3+}$ ), dan mangan ( $\text{Mn}^{2+}$ ) dapat berkontribusi terhadap keasaman air. Kondisi asam dalam air dapat meningkatkan kelarutan dan pelepasan kation-kation ini, yang dapat berdampak negatif pada organisme air dan memengaruhi kualitas air.
12. Reaksi Asam-Basa: Selain pH, reaksi asam-basa secara keseluruhan dapat memberikan gambaran tentang keasaman air. Reaksi asam-basa dapat diukur menggunakan metode seperti titrasi asam-basa untuk menentukan jumlah atau kapasitas bahan-bahan kimia asam atau basa yang ada dalam air.

### 11.4.1 Derajat Keasaman (pH)

Pada umumnya, pengukuran pH adalah metode yang umum digunakan untuk menentukan tingkat keasaman air. Jika pH air berada di bawah 7, itu menunjukkan bahwa air bersifat asam. Namun, penting untuk diingat bahwa air yang sedikit asam (misalnya, dengan pH sekitar 6 hingga 6,5) masih dapat dianggap aman untuk digunakan, tergantung pada tujuan penggunaannya. Namun, air dengan tingkat keasaman yang lebih rendah atau sangat rendah (pH kurang dari 5) dapat menjadi berbahaya bagi organisme hidup dan lingkungan. Nilai pH dalam suatu perairan tidak terlepas dari berbagai aktivitas yang terjadi di perairan. pH perairan relatif konstan karena adanya penyangga cukup kuat dari hasil keseimbangan karbon dioksida, asam karbonat, karbonat dan bikarbonat yang disebut buffer (Supriatna, M., dkk., 2020).

Derajat keasaman (pH) adalah ukuran yang digunakan untuk menentukan tingkat keasaman atau kebasaaan suatu larutan atau substansi. Skala pH mengukur konsentrasi ion hidrogen ( $H^+$ ) dalam larutan, yang menunjukkan tingkat keasaman atau kebasaaan larutan tersebut. pH adalah logaritma negatif (basis 10) dari aktivitas ion hidrogen ( $H^+$ ) dalam larutan. Dalam konteks praktis, pH merupakan ukuran relatif yang mengindikasikan tingkat keasaman atau kebasaaan larutan. Skala pH berkisar dari 0 hingga 14, di mana nilai pH 7 dianggap netral, nilai pH kurang dari 7 menunjukkan larutan bersifat asam, dan nilai pH lebih dari 7 menunjukkan larutan bersifat basa.

Pada skala pH, setiap perubahan satu unit dalam nilai pH mengindikasikan perubahan sepuluh kali dalam konsentrasi ion hidrogen. Misalnya, larutan dengan pH 4 akan memiliki konsentrasi ion hidrogen sepuluh kali lebih tinggi daripada larutan dengan pH 5.

pH juga dapat memengaruhi banyak reaksi kimia dan aktivitas biologis. Organisme hidup, termasuk manusia, memiliki rentang pH internal yang diatur secara ketat untuk menjaga fungsi tubuh yang optimal. Keseimbangan pH yang tepat dalam berbagai lingkungan, seperti tanah dan air, juga penting untuk menjaga ekosistem yang sehat. Dengan menggunakan pengukuran pH, kita dapat menentukan tingkat keasaman atau kebasaaan suatu larutan dan memahami dampaknya terhadap berbagai proses kimia dan biologis. Pengukuran pH menjadi penting dalam berbagai bidang, termasuk ilmu lingkungan, industri, pertanian, dan kesehatan. Perubahan nilai pH akan memengaruhi sebaran faktor kimia perairan (Supriatna, M., dkk., 2020).

Asam memiliki hubungan yang erat dengan kualitas air. Keasaman air memengaruhi sifat fisik, kimia, dan biologi air, yang pada gilirannya memengaruhi kualitas air secara keseluruhan.

Berikut adalah beberapa hubungan antara asam dan kualitas air:

1. **pH dan Kualitas Air:** pH adalah ukuran keasaman atau kebasaan air. Rentang pH yang diinginkan untuk air berkualitas baik bervariasi tergantung pada penggunaan air tersebut. Air dengan pH netral sekitar 7 umumnya dianggap sebagai kondisi yang diinginkan. pH yang terlalu rendah (asam) atau terlalu tinggi (basa) dapat menunjukkan adanya masalah dalam kualitas air. Pengukuran pH adalah indikator awal untuk mengevaluasi kualitas air.
2. **Keasaman dan Kelarutan Zat:** Keasaman air dapat memengaruhi kelarutan zat-zat dalam air. Beberapa zat dapat larut lebih baik dalam air asam, sementara yang lain lebih mudah larut dalam air basa. Ini berarti keasaman air dapat memengaruhi tingkat pencemaran atau konsentrasi zat-zat terlarut dalam air. Misalnya, logam berat seperti timbal atau tembaga cenderung lebih larut dalam air asam, yang dapat menyebabkan pencemaran logam berat dalam lingkungan.
3. **Pengaruh Terhadap Organisme Air:** Keasaman air yang tidak seimbang dapat berdampak negatif pada organisme air. Organisme air seperti ikan, amfibi, dan invertebrata memiliki toleransi yang berbeda terhadap perubahan pH. Air yang terlalu asam atau terlalu basa dapat mengganggu fungsi biologis organisme air, termasuk sistem pernapasan, reproduksi, dan pertumbuhan. Oleh karena itu, keasaman air yang tidak seimbang dapat merusak ekosistem perairan dan mengurangi keanekaragaman hayati.
4. **Reaksi Kimia dalam Air:** Keasaman air dapat memengaruhi berbagai reaksi kimia dalam air. Perubahan keasaman dapat memengaruhi keseimbangan kimia dalam air, termasuk reaksi oksidasi-reduksi dan keberadaan ion-ion dalam larutan. Ini berdampak pada ketersediaan nutrisi bagi organisme air dan proses biokimia yang terjadi dalam ekosistem perairan.

5. Sumber Pencemaran: Keasaman air yang tinggi dapat menjadi indikator adanya pencemaran, terutama yang berasal dari aktivitas manusia. Beberapa sumber pencemaran yang dapat menyebabkan peningkatan keasaman air meliputi limbah industri, limbah pertanian yang mengandung pupuk dan pestisida, dan limbah asam dari pertambangan atau pembakaran bahan bakar fosil. Memantau keasaman air membantu mengidentifikasi sumber-sumber pencemaran ini dan mengambil tindakan yang diperlukan untuk mengurangi dampaknya pada kualitas air.

#### 11.4.2 Alkalinitas

Alkalinitas adalah kemampuan air untuk menetralkan keasaman dan menjaga keseimbangan pH. Meskipun alkalinitas tidak secara langsung mengukur keasaman air, parameter ini dapat memengaruhi keasaman secara signifikan. Alkalinitas air adalah gambaran kemampuan air untuk menetralkan basa atau kuantitas anion dalam air untuk menetralkan kation hidrogen (Yulfiperius, Y., dkk., 2006).

Berikut adalah beberapa cara di mana alkalinitas memengaruhi keasaman air:

1. Penetrasi asam: Alkalinitas bertindak sebagai penyangga yang membantu mencegah perubahan pH yang drastis. Ketika asam ditambahkan ke air, alkalinitas berfungsi untuk menetralkan keasaman tersebut dengan menerima ion hidrogen ( $H^+$ ). Dengan demikian, alkalinitas dapat mengurangi penurunan pH yang cepat dan menjaga pH air tetap relatif stabil.
2. Stabilitas pH: Alkalinitas memberikan resistensi terhadap perubahan pH yang disebabkan oleh faktor eksternal seperti hujan asam atau pencemaran air. Ketika ada asam yang masuk ke dalam air dengan kandungan alkalinitas yang cukup tinggi, alkalinitas dapat menetralkan asam tersebut dan mencegah penurunan pH yang signifikan.
3. Perlindungan organisme hidup: Organisme hidup dalam air, seperti ikan atau makhluk akuatik lainnya, memiliki sensitivitas terhadap perubahan pH yang tajam. Alkalinitas yang cukup dalam air dapat

melindungi organisme ini dengan menjaga kestabilan pH. Jika alkalinitas rendah, air menjadi lebih rentan terhadap perubahan pH yang tiba-tiba dan dapat berdampak negatif pada organisme hidup.

4. Efek pengasaman jangka panjang: Meskipun alkalinitas tidak mengurangi keasaman air secara langsung, kurangnya alkalinitas dalam jangka panjang dapat mengakibatkan pengasaman perlahan. Ketika alkalinitas rendah atau tidak ada, air menjadi lebih rentan terhadap perubahan pH yang disebabkan oleh masukan asam, dan ini dapat menyebabkan penurunan pH secara bertahap seiring waktu.
5. Penting untuk memahami bahwa keasaman dan alkalinitas adalah dua parameter terkait tetapi berbeda dalam kualitas air. Keasaman mengacu pada konsentrasi ion hidrogen ( $H^+$ ) dalam air, sedangkan alkalinitas mengukur kapasitas air untuk menetralkan keasaman. Keduanya saling terkait dan harus dipertimbangkan secara bersamaan untuk memahami kualitas air secara keseluruhan.

### 11.4.3 Bicarbonate ( $HCO_3^-$ )

Bikarbonat adalah salah satu parameter kualitas air yang berhubungan dengan asam, terutama dalam konteks alkalinitas. Alkalinitas air, yang sebagian besar disebabkan oleh konsentrasi bikarbonat ( $HCO_3^-$ ), merupakan ukuran kemampuan air untuk menetralkan keasaman atau menjaga keseimbangan pH.

Berikut adalah konsep-konsep terkait dengan bikarbonat sebagai parameter kualitas air yang berhubungan dengan asam:

1. Penetrasi Keasaman: Bikarbonat dalam air berperan sebagai penangkal keasaman atau buffer. Ketika air mengalami peningkatan keasaman, misalnya karena adanya asam dalam lingkungan atau aktivitas manusia, bikarbonat akan bereaksi dengan ion hidrogen ( $H^+$ ) yang menyebabkan keasaman. Reaksi ini menghasilkan ion hidrogen karbonat ( $HCO_3^-$ ), yang membantu menetralkan keasaman dan menjaga keseimbangan pH dalam air.
2. Stabilisasi pH: Konsentrasi bikarbonat dalam air berkontribusi pada kemampuan air untuk menjaga pH yang stabil. Ketika terjadi peningkatan atau penurunan pH dalam air, reaksi dengan bikarbonat

membantu mencegah perubahan pH yang tiba-tiba. Sebagai buffer, bikarbonat menyerap ion hidrogen ( $H^+$ ) atau ion hidroksida ( $OH^-$ ) untuk menjaga keseimbangan pH. Dengan demikian, konsentrasi bikarbonat dalam air dapat memengaruhi kestabilan pH dan mengurangi fluktuasi keasaman.

3. Interaksi dengan  $CO_2$ : Konsentrasi bikarbonat dalam air juga berkaitan dengan keseimbangan karbon dioksida ( $CO_2$ ). Ketika  $CO_2$  terlarut dalam air, sebagian  $CO_2$  akan bereaksi dengan air membentuk asam karbonat ( $H_2CO_3$ ), yang selanjutnya berdisosiasi menjadi ion hidrogen ( $H^+$ ) dan ion bikarbonat ( $HCO_3^-$ ). Ion bikarbonat tersebut merupakan bentuk yang dominan dari karbonat dalam kondisi netral atau sedikit asam. Interaksi ini antara bikarbonat dan  $CO_2$  memengaruhi tingkat keasaman air dan keseimbangan karbonat dalam air.
4. Dampak Terhadap Organisme Air: Konsentrasi bikarbonat dapat berpengaruh pada organisme air. Beberapa organisme air membutuhkan lingkungan dengan tingkat bikarbonat yang sesuai untuk pertumbuhan dan perkembangan yang optimal. Konsentrasi bikarbonat yang terlalu rendah atau terlalu tinggi dapat memengaruhi keseimbangan asam-basa dalam tubuh organisme air dan berdampak pada reproduksi, pertumbuhan, atau kelangsungan hidup mereka.

Melalui pemahaman konsep ini, kita dapat mengenali peran bikarbonat sebagai parameter kualitas air yang berhubungan dengan asam. Pengukuran dan pemantauan konsentrasi bikarbonat dalam air membantu memahami tingkat alkalinitas dan kemampuan air untuk menetralkan keasaman. Informasi ini berguna dalam menjaga kualitas air yang sehat dan menjaga keseimbangan ekosistem air yang sensitif terhadap perubahan keasaman.

#### 11.4.4 Karbondioksida ( $CO_2$ )

Karbondioksida ( $CO_2$ ) dapat memiliki pengaruh yang signifikan terhadap beberapa parameter kualitas air. Berikut adalah pengaruh-pengaruh karbondioksida terhadap beberapa parameter kualitas air:

1. pH: Karbondioksida dapat bereaksi dengan air membentuk asam karbonat ( $\text{H}_2\text{CO}_3$ ). Reaksi ini meningkatkan konsentrasi ion hidrogen ( $\text{H}^+$ ), yang mengasamkan air. Penambahan karbondioksida dalam air dapat menurunkan pH dan membuat air lebih asam. Hal ini dapat berdampak negatif pada organisme hidup yang sensitif terhadap perubahan pH.
2. Alkalinitas: Karbondioksida juga dapat mengurangi konsentrasi bikarbonat ( $\text{HCO}_3^-$ ) dalam air. Reaksi karbondioksida dengan air membentuk asam karbonat, yang kemudian terdisosiasi menjadi ion hidrogen ( $\text{H}^+$ ) dan ion karbonat ( $\text{CO}_3^{2-}$ ). Penurunan konsentrasi bikarbonat berarti adanya penurunan dalam kemampuan air untuk menetralkan keasaman atau menjaga alkalinitas. Ini dapat mengurangi kapasitas buffer air dan meningkatkan kerentanan terhadap perubahan pH yang tiba-tiba.
3. Oksigen Terlarut (DO): Kehadiran karbondioksida dalam air dapat memengaruhi kadar oksigen terlarut (DO). Ketika karbondioksida terlarut dalam air, reaksi kimia dapat terjadi di mana oksigen terlarut bereaksi dengan karbondioksida membentuk karbonat ( $\text{CO}_3^{2-}$ ) dan mengurangi ketersediaan oksigen terlarut. Ini dapat menyebabkan penurunan DO dalam air, yang dapat mengganggu organisme hidup yang membutuhkan oksigen untuk respirasi.
4. Kelarutan Logam Berat: Karbondioksida dapat meningkatkan kelarutan logam berat dalam air. Karbondioksida terlarut dapat membentuk senyawa kompleks dengan logam berat, yang meningkatkan kelarutan logam tersebut. Ini dapat menyebabkan peningkatan toksisitas logam berat dan mengganggu keseimbangan ekosistem air.
5. Fotosintesis: Karbondioksida merupakan salah satu bahan yang dibutuhkan oleh tanaman air dan alga untuk melakukan fotosintesis. Kehadiran karbondioksida yang cukup dalam air dapat meningkatkan produktivitas fotosintesis dan pertumbuhan tanaman air. Namun, jika konsentrasi karbondioksida terlalu tinggi, hal ini dapat menyebabkan

pertumbuhan alga yang berlebihan dan menyebabkan masalah eutrofikasi.

Pengaruh karbondioksida terhadap parameter kualitas air sangat tergantung pada konsentrasinya, interaksi dengan air, dan interaksi dengan organisme hidup dalam ekosistem air. Pengukuran dan pemantauan konsentrasi karbondioksida dalam air penting dalam memahami dan mengelola kualitas air. Upaya pengendalian emisi karbondioksida dan menjaga keseimbangan karbon dalam ekosistem dapat membantu menjaga kualitas air yang baik dan keberlanjutan lingkungan.

## 11.5 Pengaruh Keasaman Air Terhadap Organisme dan Lingkungan

Keasaman air merujuk pada tingkat keasaman atau tingkat pH air. Tingkat pH adalah ukuran yang menunjukkan sejauh mana suatu substansi bersifat asam atau basa. Skala pH berkisar dari 0 hingga 14, di mana 7 merupakan nilai netral. Nilai pH di bawah 7 menunjukkan sifat asam, sedangkan nilai di atas 7 menunjukkan sifat basa.

Pengaruh keasaman air yang tidak seimbang dapat memiliki dampak negatif pada organisme dan lingkungan. Berikut adalah beberapa pengaruh keasaman air yang dapat terjadi:

1. **Organisme Air:** Keasaman air yang tinggi dapat berdampak buruk pada organisme air seperti ikan, makhluk air kecil, dan plankton. Organisme ini memiliki toleransi terbatas terhadap perubahan pH. Air asam dapat merusak lapisan pelindung pada kulit, insang, dan sistem pernapasan mereka. Hal ini dapat menyebabkan penurunan populasi organisme air, mengganggu ekosistem perairan dan rantai makanan.
2. **Pertumbuhan Tanaman:** Keasaman air yang tinggi juga dapat memengaruhi pertumbuhan tanaman. Kondisi air asam dapat mengubah struktur tanah dan menghambat ketersediaan nutrisi bagi tanaman. Hal ini dapat mengurangi produktivitas pertanian dan

berdampak negatif pada ekosistem sungai atau danau yang tergantung pada keberadaan tumbuhan air.

3. Keanekaragaman Hayati: Keasaman air yang tinggi juga dapat memengaruhi keanekaragaman hayati secara keseluruhan. Organisme yang sensitif terhadap perubahan pH akan terpengaruh secara negatif, sementara beberapa organisme yang toleran mungkin dapat memanfaatkan kondisi tersebut. Namun, perubahan keasaman yang drastis dapat mengurangi keragaman spesies dan menggeser komunitas organisme, yang pada gilirannya dapat menyebabkan gangguan pada rantai makanan dan ekosistem.
4. Kehidupan Mikroba: Keasaman air yang tidak seimbang juga dapat memengaruhi populasi mikroba. Beberapa mikroorganisme akan mati atau mengalami penurunan populasi dengan perubahan pH yang signifikan. Kehilangan mikroba tertentu dapat mengganggu proses alami dalam siklus nutrisi dan dekomposisi di ekosistem air.
5. Korosi Infrastruktur: Air asam juga dapat menyebabkan kerusakan pada infrastruktur manusia seperti pipa air dan sistem saluran. Keasaman air yang tinggi dapat meningkatkan laju korosi logam, yang pada gilirannya dapat menyebabkan kerusakan pada infrastruktur yang vital.

Oleh karena itu, menjaga keasaman air yang seimbang sangat penting untuk kesehatan organisme air, keanekaragaman hayati, dan lingkungan secara keseluruhan. Upaya untuk mengendalikan polusi dan melindungi sumber air dari aktivitas manusia yang merusak adalah langkah penting dalam menjaga kualitas air yang baik.



## **Bab 12**

# **Parameter Kualitas Air yang berhubungan dengan N, P, S dan logam berat**

### **12.1 Mengenal Senyawa N, P, S dan Logam Berat**

Kualitas perairan merupakan salah satu faktor penting dalam menentukan apakah kondisi perairan tersebut dapat dimanfaatkan sebagai sumber air minum atau sebagai media budidaya ikan. Kualitas air yang dikatakan baik haruslah memiliki parameter atau kisaran ideal. Kisaran ideal ditemukan berdasarkan standar yang sudah ditetapkan, selain itu penentuan kualitas air bisa dilihat dari parameter atau ketersediaan senyawa tertentu, beberapa senyawa yang akan kita pelajari adalah senyawa non-logam berupa Nitrogen (N), Senyawa Fosfor (P), Senyawa Sulfur (S) dan Senyawa Logam Berat.

Nitrogen, Sulfur, fosfor dan Logam berat merupakan salah satu penyusun terjadinya keragaman kondisi yang ada di alam berupa perubahan pengkayaan planton dan indikator pencemaran . Senyawa nitrogen, fosfor dan sulfur banyak ditemukan di alam dan perairan secara natural atau berdasarkan

keseimbangan alam, namun dalam beberapa dekade ini kandungan dari ketiga senyawa ini mulai tidak stabil, misalnya kandungannya banyak terdapat pada wilayah tertentu. Keberadaan kandungan ke-tiga senyawa ini tidak luput dari andil manusia sebagai agen pembawa keseimbangan, terutama industri, baik industri pangan seperti pertanian, peternakan, perikanan yang memanfaatkan bakteri untuk pupuk kompos (Hoang et al., 2022). Keberadaan senyawa ini menjadi tidak sesuai dengan pengolahan yang ada di alam sehingga menyebabkan pencemaran.

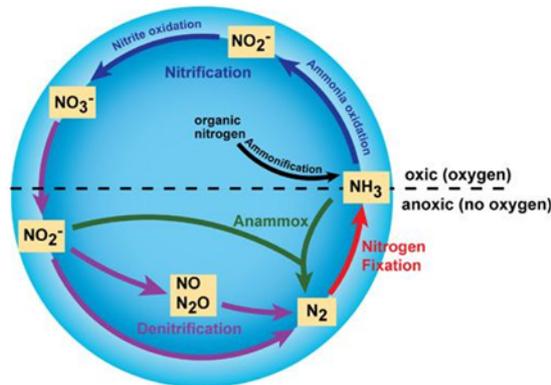
Logam berat merupakan senyawa kimia yang terdapat dalam jumlah sedikit, namun banyak digunakan untuk memurnikan bahan tambang, misalnya emas, di mana untuk pemurnian emas memerlukan larutan timbal, air raksa, dan bahkan merkuri, hal ini akan menyebabkan pencemaran. Logam berat yang digunakan dalam proses pertambangan ini akan membawa ketidakseimbangan pada alam, di mana akan menyebabkan pencemaran dikarenakan senyawa logam berat ini akan menjadi residu pada biota budidaya seperti ikan dan kerang-kerangan, dan akan tersebar melalui aliran sungai jika tidak ditanggulangi.

Kualitas air juga ditentukan dari keberadaan senyawa Nitrogen, Fosfor, Sulfur dan logam berat di air, di mana pada lokasi tertentu yang memiliki kandungan senyawa ini akan memengaruhi dalam manajemen kualitas air pada suatu pengolahan air bersih atau sumber air untuk irigasi, dan juga sumber air untuk budidaya ikan, ternak dan agro industri. Bab ini kita akan membahas senyawa tersebut satu persatu dan pemahaman dasar sebagai acuan dalam manajemen kualitas air.

## 12.2 Nitrogen

Nitrogen merupakan senyawa kimia yang dinyatakan dalam sistem periodik dengan simbol (N). Nitrogen merupakan senyawa yang paling melimpah di alam, keberadaannya nomor empat terbesar biomasa sel dari sebagian besar atmosfer bumi (Stein dan Klotz, 2016). Nitrogen merupakan senyawa utama dalam keberlangsungan hidup organisme di alam karena merupakan senyawa utama dalam penyusunan nutrisi, salah satunya adalah protein dan klorofil (Bernhard, 2010).

Senyawa nitrogen sangat berlimpah di alam namun dalam bentuk gas dinitrogen ( $N_2$ ), di mana gas ini tidak bisa dimanfaatkan langsung oleh sebagian besar organisme. Gas nitrogen ini dapat dimanfaatkan setelah diubah dalam bentuk Amonia ( $NH_3$ ) baulah kemudian dapat dimanfaatkan oleh tumbuhan sebagai pupuk organik. Nitrogen juga tersedia atau terbentuk menjadi beberapa senyawa, jika dikelompokkan menjadi nitrogen organik (contohnya protein) dan nitrogen anorganik (contohnya nitrat dan amonia). Bentuk nitrogen yang beragam membuat adanya beberapa perubahan bentuk atau siklus dari nitrogen, di mana berbentuk gas di atmosfer dan berbentuk senyawa di tanah dan perairan, siklus ini melalui beberapa transformasi yang melibatkan organisme dalam prosesnya, di mana setiap proses perubahan bentuk senyawa ini karena digunakan oleh organisme salah satunya adalah untuk konversi energi. Adapun proses perubahan bentuk atau siklus nitrogen ini dapat dilihat pada gambar 1 (Bernhard, 2010).



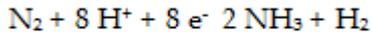
**Gambar 12.1:** Proses Perubahan Bentuk Atau Siklus Nitrogen

Terdapat lima proses dalam transformasi Nitrogen diantaranya adalah:

1. Fiksasi Nitrogen

Nitrogen diatmosfer bumi berbentuk gas dinitrogen ( $N_2$ ). Gas ini tidak bisa dimanfaatkan secara langsung oleh organisme, baik manusia, hewan bahkan tumbuhan sekalipun. Fiksasi nitrogen adalah salah satu cara agar gas nitrogen dapat dimanfaatkan. Fiksasi nitrogen adalah salah satu cara untuk melepaskan atom dinitrogen dengan menggunakan cahaya matahari yang kemudian memecahnya menjadi

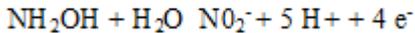
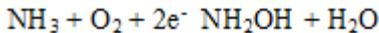
amonia dan hidrogen. Adapun reaksi yang terbentuk dari reaksi ini adalah sebagai berikut:



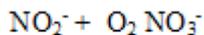
Proses fiksasi nitrogen terjadi pada penyerapan yang dilakukan oleh tumbuhan melalui daun, kemudian diubah sehingga dapat dimanfaatkan oleh produsen lain melalui rantai makanan dan pengkayaan pada tanah. Salah satu contoh adalah penambahan pakan ikan menggunakan chlorella yang merupakan penyintas fiksasi nitrogen dapat meningkatkan penyerapan protein pada ikan lele sehingga pertumbuhan ikan menjadi lebih baik merupakan salah satu cara pemanfaatan senyawa nitrogen (Murtini et al., 2022).

## 2. Nitrifikasi

Nitrifikasi merupakan proses perubahan Amonia (setelah proses fiksasi) menjadi nitrat kemudian diubah menjadi nitrit, proses ini merupakan proses yang paling banyak ditemui pada siklus nitrogen. Siklus ini dapat terjadi dengan bantuan bakteri nitrifikasi secara aerobik, di mana merubah amonia menjadi nitrat dengan perantara hidrosilamin dengan menggunakan enzim ammonia monooxygenase dan hydroxalamine oxidoreductase.



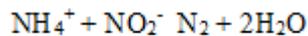
Oksidasi nitrifikasi dilakukan dengan bantuan bakteri Nitrospira, Nitrobacter, Nitrococcus, dan Nitrospina. Proses ini memiliki peran penting dalam pengolahan limbah pada perairan (Bernhard, 2010).



## 3. Anammox

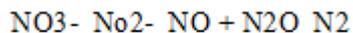
Proses nitrifikasi pada umumnya terjadi pada kondisi aerob (terdapat oksigen), namun pada saat ini sudah ditemukan atau diketahui kalau proses nitrifikasi amonia terjadi pada kondisi hampa udara atau

anaerob. Anamox merupakan singkatan dari (Anaerobic Ammonia Oxidation) dilakukan oleh jenis bakteri anaerob. Anammox ditemukan pada kondisi pengolahan limbah dengan cara mengurangi kadar amoniaknya. Bakteri yang ditemukan pada proses ini ditemukan pada perairan dengan kondisi oksigen yang sangat sedikit bahkan habis, contohnya pada dasar laut dalam. Adapun reaksi Anammox dapat dilihat pada gambar 5.



#### 4. Denitrifikasi

Proses denitrifikasi adalah proses kebalikan, perubahan dari nitrat kembali menjadi gas Nitrogen  $\text{N}_2$  yang dilepas pada atmosfer. Namun, pada proses ini tidak hanya gas nitrogen yang ter cipta, namun ada juga gas nitrogen oksida ( $\text{N}_2\text{O}$ ) yang juga dihasilkan dari proses denitrifikasi, gas ini menyebabkan terbentuknya lapisan rumah kaca karena akan bereaksi dengan ozon dan menambah polusi udara. reaksi denitrifikasi ini terjadi pada kondisi anaerobik, terjadi di dalam tanah, sedimen, zona hampa udara seperti dasar danau dan lautan dalam yang tidak mengandung oksigen. Reaksi kimia pada proses ini dapat dilihat pada gambar 6.

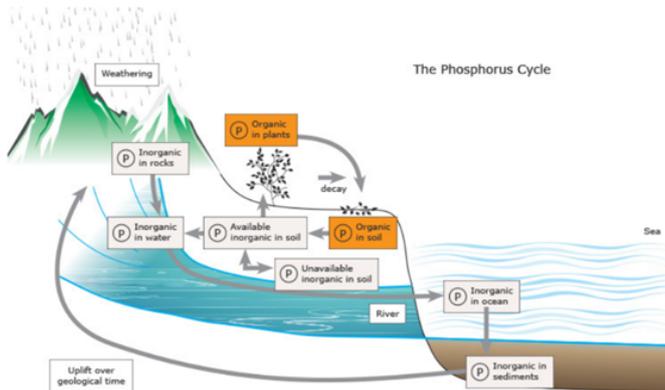


#### 5. Amonifikasi

Proses amonifikasi merupakan proses pelepasan organisme hidup yang dalam tubuhnya terdapat jaringan yang mengandung nitrogen. Sebagai contoh adalah proses pembusukan atau kematian pada organisme hidup. Proses ini berlangsung dari adanya jamur dan bakteri prokariotik yang mendekomposisi jaringan pada organisme dan melepaskan ke alam (tanah atau perairan) dalam bentuk amonia. Amonia hasil amonifikasi inilah yang bisa dimanfaatkan kembali oleh tanaman dan mikro organisme lain untuk pertumbuhan atau penghasil energi.

## 12.3 Fosfor

Fosfor merupakan senyawa kimia pada tabel periodik dengan simbol (P). Senyawa fosfor ditemukan di bumi dalam bentuk senyawa, diantaranya ion fosfat ( $\text{PO}_4^{3-}$ ) yang bisa ditemukan pada perairan, tanah dan sedimen. Jumlah senyawa fosfor pada tanah dalam jumlah sedikit sedikit, sehingga akan membatasi pertumbuhan tanaman jika kadarnya kurang, secara normalnya petani akan menambahkan senyawa ini sebagai pupuk agar tanaman lebih cepat tumbuh. Hewan mendapatkan senyawa fosfor dari konsumsi tumbuhan yang mengandung fosfor, atau pada hewan pemakan tumbuhan seperti kambing atau sapi dan hewan herbivora lainnya.



**Gambar 12 2:** Fosfor

Fosfor merupakan salah satu nutrisi penting yang berperan dalam perkembangan sel dan merupakan komponen inti dari molekul agar dapat menyimpan energi, salah satu contohnya adalah energi ATP (Adenosin Trifosfat), DNA dan lipid (minyak dan lemak). Siklus fosfor di alam melalui proses aliran air dari batuan fosfat, tanah sedimen dan organisme.

Fosfor dialam tersimpan dalam batuan dan sedimen, sehingga proses pelapukan batuan dan aliran air yang akan membawa fosfor tersebar dan mampu dimanfaatkan oleh tanaman dan hewan untuk proses penyerapan energi, sehingga proses siklus fosfor dapat dibagi menjadi beberapa bagian pada gambar 12.2 (Monaghan, 2023):

1. Proses pelapukan batuan sehingga terjadi pelepasan ion fosfat dan mineral lainnya. Fosfor dalam bentuk anorganik ini kemudian akan didistribusikan melalui aliran air di tanah dan perairan.
2. Tanaman mengambil fosfor anorganik dari tanah, kemudian dikonsumsi oleh hewan. Pada tubuh hewan, fosfor akan masuk dalam molekul organik seperti DNA dan penggunaan energi ATP. Fosfor akan kembali ke dalam tanah saat organisme atau tanaman mati, membusuk dan terjadi pelepasan fosfor organik.
3. Fosfor organik dalam tanah akan dipecah oleh bakteri menjadi fosfor anorganik sehingga dapat dimanfaatkan kembali oleh tanaman.
4. Fosfor dalam tanah yang tidak diserap oleh tumbuhan akan dialirkan atau dibawa oleh aliran air menuju ke laut, di mana fosfor ini akan terakumulasi dan tersimpan dalam sedimen air laut untuk dimanfaatkan tumbuhan laut.

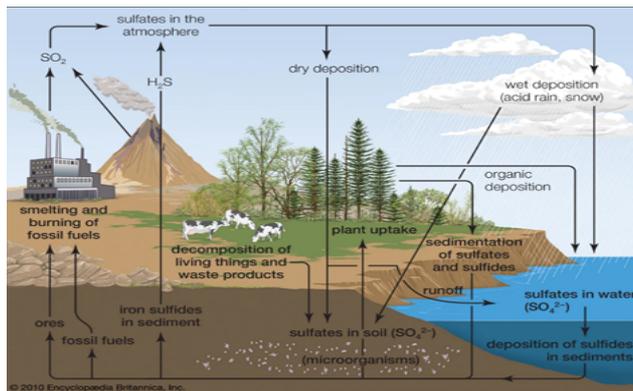
Keberadaan fosfor dalam tanah sangat dipengaruhi oleh vegetasi tanaman mati yang mengalami pembusukan, namun ada faktor lain yang membuat fosfor tidak bisa dimanfaatkan tanaman walau tersedia dalam tanah, diantaranya dipengaruhi oleh bakteri yang merubah fosfat organik menjadi anorganik, adsorpsi fosfor anorganik partikel tanah, dan pH tanah dapat memengaruhi penyerapan, diantaranya pH di bawah 4 dan di atas 8 akan diserap oleh senyawa lain sehingga keberadaannya akan berkurang di tanah (Monaghan, 2023).

Fosfor pada tanah dalam keadaan sedikit akan memengaruhi pertumbuhan, sehingga petani dan pembudidaya ikan akan menambahkan fosfat ke tanah atau dasar kolam. Pupuk fosfor ini didapat dari penambangan batuan fosfat di alam. Masalah yang timbul dari pemupukan ini adalah dosis pupuk. Dosis pupuk mengandung fosfor yang tinggi tidak akan dimanfaatkan oleh tanaman, sebaliknya fosfor ini akan terbawa oleh air dari air hujan dan limpasan. Fosfor yang terbawa aliran air ini akan bermuara pada sungai, kolam, danau dan perairan lainnya sehingga dapat menyebabkan eutrofikasi atau blooming alga.

## 12.4 Sulfur

Sulfur merupakan senyawa non logam pada tabel periodik dengan simbol (S). Sulfur atau yang dikenal juga sebagai belerang. Belerang tersedia dalam berbagai bentuk di alam. Belerang terdapat pada organisme hidup sebagai komponen penyusun asam amino tertentu. Belerang terdapat melimpah dalam tanah, protein dan bebatuan.

Siklus belerang di alam terkait dengan peran transformasi oleh mikroba, siklus akhir dari belerang adalah sebagai sulfat (S) yang dapat dimanfaatkan oleh tanaman. Siklus belerang dapat dilihat pada gambar 12.3 (Augustin, 2022).



**Gambar 12.3:** Siklus Belerang

Sulfur dalam tanah dan bebatuan akan mencair dan terbakar bersama minyak fosil pada pabrik industri dan juga gunung berapi menjadi senyawa gas sulfur dioksida ( $\text{SO}_2$ ) di atmosfer. Senyawa sulfida pada tanah dan sedimen akan beraksi dengan hidrogen dan menguap ke atmosfer menjadi senyawa hidrogen sulfida ( $\text{H}_2\text{S}$ ). Kedua senyawa ini akan menjadi sulfat di atmosfer. Sulfat di udara akan dekomposisi kering dan diserap oleh tanaman saat melakukan proses fotosintesis, sementara sebagian lain akan terbawa awan dan jadi hujan asam atau salju. Sama halnya seperti nitrogen dan fosfat, sulfat juga akan didekomposisi dari sisa pembusukan tanaman dan hewan, di mana dalam tanah dan air sulfat akan berbentuk asam sulfat ( $\text{SO}_4^{2-}$ ) dan akan tersimpan dalam sedimen dan tanah dan kemudian siklus berulang.

Siklus sulfat pada perairan terutama budidaya ikan mempunyai peran penting dalam proses metabolisme nutrisi. Senyawa fosfat merupakan oksidan atau

reduktor penting untuk respirasi mikroba dalam sedimen. Reduksi yang dilakukan oleh mikroba sulfat dan oksidasi sulfur memiliki peran penting pada peningkatan degradasi bahan organik dalam sedimen, di mana pada budidaya ikan berdampak positif pada pertumbuhan ikan (Zhang et al., 2020).

## 12.5 Logam Berat

Logam berat merupakan senyawa kimia berupa logam yang ada di alam. Logam merupakan senyawa yang siap berikatan membentuk ion dengan karbon. Logam berat ditemukan dialam dalam jumlah melimpah namun dengan berbagai unsur. terdapat sekitar 80 jenis unsur kimia yang tergolong dalam logam berat (Anonim, 2015).

Logam berat dibagi menjadi dua kelompok utama yang sering kita dengar, yaitu:

### 1. Logam Berat Esensial

Logam berat esensial merupakan senyawa logam yang keberadaannya dalam jumlah tertentu sangat dibutuhkan oleh makhluk hidup dan menjadi bahan obat-obatan pada manusia. Dalam dosis yang berlebihan logam berat ini juga bersifat beracun bagi tubuh. Logam berat yang masuk dalam kategori ini antara lain Ferit (Fe), seng (Zn), Mangan (Mn), Tembaga (Cu) dan lain sebagainya.

### 2. Logam Berat Non-Esensial

Logam berat jenis ini umumnya bersifat beracun atau tidak diketahui apa fungsinya pada makhluk hidup, namun pada beberapa kasus logam berat ini dapat dimanfaatkan sebagai katalis pada pemurnian tambang emas, perak dan timah. Senyawa logam berat ini terdapat dialam dalam bentuk yang nyata dan tidak berubah bentuk sehingga susah untuk dihilangkan, dan dapat menjadi residu pada organisme hidup serta berperan buruk pada manusia. Adapun beberapa senyawa yang masuk pada jenis ini adalah Timbal (Pb), Merkuri (Hg), Nikel (Ni), Kromium (Cr), Selenium (Se), Emas (Au), Aluminium (Al) dan Barium (Ba).

Logam berat beracun bagi manusia tidak semuanya tidak ada manfaatnya, namun dalam kadar tertentu akan mengakibatkan keracunan akut. Kadar senyawa ini di alam akan sangat tidak seimbang terutama karena digunakan pada proses penambangan seperti Timbal (Pb), merkuri (Hg) dan pembuatan baterai seperti Nikel (Ni) dan berguna untuk industri lainnya.

## 12.6 Ambang Batas Aman Senyawa N, P, S dan Logam Berat

Senyawa nitrogen, fosfor, sulfur dan logam berat memiliki peran penting terhadap keberlangsungan hidup manusia dan organisme hidup lainnya. Siklus dari beberapa senyawa tersebut di atas berperan penting dalam menjaga ekosistem air. Manajemen kualitas air haruslah mengetahui ambang batas atau nilai yang diperbolehkan dari senyawa di atas. Pemerintah Republik Indonesia melalui Kementerian Lingkungan Hidup telah membuat regulasi mengenai batasan penggunaan senyawa tersebut. Ambang batas penggunaan senyawa tersebut di atas dapat dilihat pada tabel 12.1.

**Tabel 12.1:** Baku Mutu Air Sungai dan Sejenisnya

No	Parameter	Unit	Kelas 1	Kelas 2	Kelas 3	Kelas 4
1	Nitrat (N)	mg/L	10	10	20	20
2	Nitrit (N)	mg/L	0,06	0,06	0,06	-
3	Amoniak (N)	mg/L	0,1	0,2	0,5	-
4	HS Belerang	mg/L	0,002	0,002	0,002	-
5	Sulfat (SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> )	mg/L	300	300	300	400
6	Total Fosfat	mg/L				
7	Merkuri Terlarut (Hg)	mg/L	0,001	0,002	0,002	0,005
8	Besi Terlarut (Fe)	mg/L	0,3	-	-	-
9	Timbal Terlarut (Pb)	mg/L	0,03	0,03	0,03	0,5
10	Seng Terlarut (Zn)	mg/L	0,05	0,05	0,05	2

Sumber: (Pemerintah Republik Indonesia, 2021)

Data ambang batas kadar maksimal di perairan tersebut merupakan batasan yang sudah ditetapkan oleh pemerintah dengan 4 kelas berbeda, di mana:

1. 1.Kelas 1  
Merupakan perairan yang dibakumulatkan untuk air minum, atau kegunaan lain yang menyaratkan seperti kualitas air minum.
2. Kelas 2  
Kelas ini diperuntukkan prasarana/sarana rekreasi air, budidaya ikan air tawar, peternakan, irigasi taman dan peruntukan lainnya yang sejenis.
3. Kelas 3  
Kelas ini hampir sama dengan kelas 2, yaitu untuk peruntukan budidaya ikan, pengairan irigasi tanaman, peternakan dan yang sejenisnya
4. Kelas 4  
Pada kelas ini digunakan untuk pengairan tanaman atau air irigasi sawah dan peruntukan lainnya.

Peraturan pemerintah sudah menetapkan ambang batas maksimal kandungan senyawa nitrogen, fosfor, sulfur dan logam berat dapat dijadikan pedoman dalam melakukan manajemen kualitas air. Acuan ini dipergunakan dalam mengatur sumber pencemar seperti logam berat dan tidak berlebihan dalam penggunaan pupuk N, P dan S agar tidak terjadi eutrofikasi pada hulu perairan.



# Bab 13

## Parameter Biologi Kualitas Air

### 12.1 Komponen Ekosistem Air

Air membantu kehidupan di dalamnya. Dari perspektif biologi, air adalah media yang ideal untuk kegiatan biologis yang melibatkan pembentukan dan penguraian bahan organik. Perairan adalah perpaduan dari elemen fisika, kimia, dan biologi yang ada dalam media air di daerah tertentu. Komponen-komponen ini saling berhubungan, sehingga perubahan pada salah satu dari mereka akan berdampak pada yang lainnya (Alfiani et al., 2019). Cara mengatur kondisi lingkungan untuk meningkatkan pertumbuhan atau produksi ikan disebut manajemen kualitas air. Kualitas air yang baik adalah air dengan tingkat kesuburan yang tinggi. Ini berkaitan dengan plankton, khususnya fitoplankton, yang bertanggung jawab atas produktivitas rantai makanan.

Ada empat komponen dalam ekosistem air:

1. komponen abiotik adalah senyawa-senyawa yang berfungsi sebagai bahan dasar untuk membentuk senyawa organik;
2. komponen produsen adalah organisme hidup yang dapat mengubah unsur anorganik menjadi organik, seperti melalui fotosintesa;
3. komponen konsumen adalah organisme heterotrof; dan

4. komponen dekomposer adalah organisme yang tidak memiliki zat hijau daun, tidak memanfaatkan organisme hidup, tetapi menggunakan energi dari senyawa organik yang dihasilkan oleh senyawa organik.

Aktivitas manusia adalah penyebab utama perubahan kondisi perairan. Limbah rumah tangga, pertanian, dan perikanan dapat mencemari ekosistem perairan dan menyebabkan air tidak memenuhi standar 3B (Barus, T. A., Sinaga, S. S., & Tarigan, 2008). Ini akan berpengaruh pada kelimpahan fitoplankton di ekosistem perairan secara khusus.

## 13.2 Parameter Biologi Kualitas Air

Karakteristik atau keadaan lingkungan sekitar memengaruhi kualitas perairan di aliran mata air. Faktor fisika-kimia termasuk keadaan fisik, seperti warna, bau, dan kecepatan arus; faktor kimia termasuk pH, suhu, DO, dan BOD; dan faktor biologi termasuk fitoplankton (Linus, Y., Salwiyah, & Irawati, 2016). Indikator Biologis digunakan untuk menilai perubahan keseimbangan ekologi secara makro, terutama karena pengaruh limbah. Spesies yang tahan terhadap stres fisiologis di lingkungan terpopulasi dapat digunakan sebagai indikator biologis. (Mathematics, 2016). Indikator biologis adalah cara sederhana untuk melacak pencemaran. Keanekaragaman spesies akan menurun karena pencemaran lingkungan dan mata rantai makanannya menjadi lebih sederhana. Keanekaragaman spesies, laju pertumbuhan struktur, indikator biologis pencemaran sungai. Keanekaragaman flora dan fauna dalam ekosistem sungai tinggi menunjukkan bahwa kualitas air sungai baik atau belum tercemar. Sebaliknya, keanekaragaman yang lebih rendah menunjukkan bahwa air sungai tercemar.

Indikator biologis pencemaran sungai harus memenuhi kriteria berikut:

1. Mudah diidentifikasi;
2. Mudah dijadikan sampel, yang berarti tidak memerlukan bantuan operator atau peralatan mahal; dapat dilakukan secara kuantitatif.
3. Berlokasi di seluruh dunia.

4. Kelimpahan suatu spesies dapat digunakan untuk menghitung indeks keanekaragaman.
5. Berfungsi sebagai sumber penghasilan (seperti ikan) atau hama atau organisme pengganggu (seperti algae).
6. Mudah mengumpulkan dan menimbun bahan pencemar.
7. Mudah dibudidayakan di laboratorium.
8. Tidak memiliki banyak jenis yang berbeda.

Saat perairan tidak tercemar, keberadaan mikroorganisme seperti bakteri coliform, virus, dan plankton dapat digunakan untuk mengukur kualitas air dalam parameter biologi (Karimah et al., 2022). Plankton, bentos, nekton, neuston, perifiton, adalah parameter biologis yang biasa diukur dalam pengamatan kualitas air untuk budidaya perairan karena masing-masing memiliki karakteristik unik (Kemendikbud, 2013).

### 13.2.1 Plankton

"Plankton" berasal dari bahasa Yunani "planktos", yang berarti mengembara atau berkeliaran, dan kemudian didefinisikan sebagai kumpulan organisme berukuran mikro, yang diwakili oleh hampir semua kelompok tumbuhan dan hewan di seluruh dunia, baik sebagai produser primer, herbivore, karnivor, maupun sebagai transformer, seperti bakteri dan jamur. Organisme ini bisa parasit atau saprophyte, dan mereka hidup dalam air terapung secara pasif, sehingga mereka dapat hanyut. Meskipun beberapa individu memiliki kemampuan untuk bergerak melalui organ dan mekanisme tertentu,

Pada perairan tergenang (seperti kolam, rawa, situ, danau, misalnya), keberadaan plankton biasanya dipengaruhi oleh tipe perairan (mengalir atau tergenang), kualitas kimia dan fisik perairan (seperti suhu, kecerahan, arus, pH, kandungan CO<sub>2</sub> bebas, dan kandungan unsur hara), dan adanya pesaing dan pemangsa plankton. Namun, kecuali aktivitas manusia mencemari sungai, unsur waktu dan ruang relatif tidak berubah pada perairan mengalir.

Plankton dalam perairan berfungsi sebagai:

1. Sumber makanan awal untuk semua pengguna, termasuk zooplankton dan anak ikan;
2. Sumber fotosintesis, atau oksigen terlarut;
3. Basis siklus makanan perairan; dan

#### 4. Tanda pencemaran perairan.

Berdasarkan jenisnya, plankton dibagi menjadi:

##### 1. Fitoplankton, atau tumbuhan,

Parameter biologi yang dapat digunakan untuk mengevaluasi kualitas dan tingkat kesuburan perairan adalah fitoplankton, yang merupakan penyumbang oksigen terbesar di perairan. Indeks keanekaragaman plankton dapat digunakan untuk menentukan kualitas perairan.

- a Jika H' di bawah 1,0, maka kondisi perairan tercemar berat;
- b jika H' antara 1,0 dan 3,0, maka kondisi perairan dianggap tercemar ringan; dan
- c Jika H lebih dari 3,0, maka kondisi perairan tidak tercemar.

Fitoplankton mendapat makanan dari difusi air dan beberapa dari mereka mampu berfotosintesis, berfungsi sebagai produser utama perairan. Fitoplankton jenis cyanophyta, chlorophyta, dan euglena banyak ditemukan di perairan tawar, sementara dinoflagellata dan pyrrophyta banyak ditemukan di perairan laut.

Fitoplankton berfungsi sebagai:

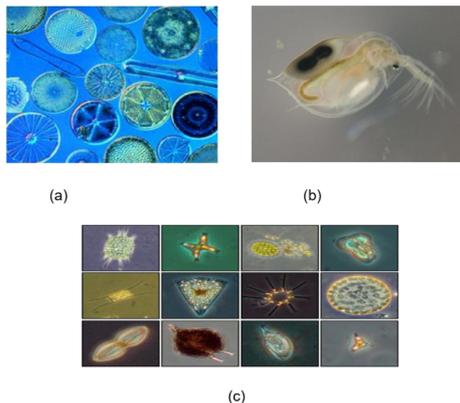
- a Pakan alami untuk hewan yang dibudidaya di perairan
- b Untuk mengetahui iklim pada periode geologi yang berbeda dalam penentuan palaentologi (fosil), seperti cocolithopora dan diatom yang memiliki kulit (rangka) yang dapat membantu mengidentifikasi daerah alami laut.
- c Menunjukkan ciri-ciri spesies yang melimpah di daerah terentu sebagai indikator kesuburan perairan di daerah tropis dan subtropic.
- d menunjukkan tingkat pencucian air di daerah tropis

Fitoplankton dapat menunjukkan kondisi perairan (Paramitha, A., Utomo, B., 2014). Beberapa faktor memengaruhi pertumbuhan fitoplankton, seperti ketersediaan nutrien, terutama nitrogen dan fosfor. Namun, kelebihan nitrogen dan fosfor dapat menyebabkan pertumbuhan fitoplankton yang luar biasa. Jumlah populasi berbagai spesies fitoplankton biasanya seimbang dalam komunitas. Namun,

sebagian besar spesies komunitas fitoplankton musnah dan kemudian diganti oleh jenis yang tidak diinginkan dengan populasi yang sangat besar. Kekurangan nutrisi di perairan yang digunakan fitoplankton untuk fotosintesis, merupakan faktor penyebab rendahnya nilai klorofil (Alfiani et al., 2019). Fitoplankton adalah makhluk berukuran kecil yang hidup dalam arus perairan. Komunitas organisme adalah sesuatu yang selalu berubah, dengan populasi populasi yang ada di dalamnya berinteraksi satu sama lain dan berubah sepanjang waktu (Herawati, 2005). Faktor fisika, seperti suhu dan intensitas cahaya, faktor kimia, seperti hara, dan faktor biologis, seperti kompetisi dan pemangsaan, memengaruhi dinamika fitoplankton. Berbagai jenis fitoplankton bereaksi dengan cara yang berbeda terhadap berbagai faktor, seperti suhu dan intensitas Cahaya (Suryanto, 2006). Fitoplankton berfungsi sebagai pakan alami dan menjaga kualitas air dan dasar dalam rantai makanan diperairan . Karena itu, fitoplankton hanya ditemukan di lapisan permukaan air atau di area yang kaya akan nutrisi dan nutrisi. Fitoplankton didistribusikan karena kemampuan untuk beradaptasi dengan berbagai jenis fitoplankton. Perubahan komposisi jenis ini dipengaruhi oleh perubahan musim, jumlah cahaya dan temperatur, kandungan mineral, salinitas, ran off, dan aktivitas di darat. Di ekosistem perairan, fitoplankton mengubah zat anorganik menjadi zat organik melalui proses fotosintesis, yang kemudian menentukan produktivitas perairan. Kandungan klorofil fitoplankton menunjukkan tinggi atau rendahnya produktivitas perairan (Hidayat et al., 2013). Biomassa fitoplankton dalam perairan digambarkan oleh pigmen fotosintesis (terutama klorofil-a) yang ditemukan dalam air sampel. Klorofil-a adalah pigmen yang selalu ada di fitoplankton dan semua organisme autotrof, dan merupakan pigmen yang terlibat langsung (pigmen aktif) dalam proses fotosintesis. Oleh karena itu, komposisi jenis fitoplankton sangat memengaruhi jumlah klorofil-a yang ada di perairan (Arifin, 2009).

2. Zooplankton, atau binatang,

Sebuah istilah lain untuk plankton hewani adalah zooplankton. Hewan yang hidupnya mengapung dan melayang dalam air dikenal sebagai zooplankton. Zooplankton biasanya berukuran sekitar 0,2 hingga 2 milimeter. Renangnya sangat terbatas hingga keberadaannya sangat tergantung pada arus yang membawanya. Karena zooplankton bersifat heterotrof, mereka tidak dapat menghasilkan bahan organik sendiri dari bahan anorganik; oleh karena itu, zooplankton disebut sebagai konsumen bahan organik dalam rantai makanan. Zooplankton memiliki kemampuan untuk bergerak secara horizontal dan vertical, tetapi kemampuan ini lemah dan sebagian besar terdiri dari crustacean dan cladosera. Zooplankton juga dapat digunakan untuk menunjukkan tingkat pencemaran. Berdasarkan fase hidupnya, zooplankton terbagi menjadi dua kelompok: holoplankton, yang memiliki sifat planktonik sepanjang fase hidupnya (seperti diatom, dinoflagellata, dan copepode), dan meroplankton, yang sebagian dari fase hidupnya bersifat planktonik sebelum berkembang menjadi nekton atau benthos (seperti larva teripang, larva bintang laut, dan cacing laut).



**Gambar 13.1** Plankton (a) Fitoplankton, (b) Plankton, (c) Contoh Spesies Fitoplankton di bawah Mikroskop

### 13.2.1 Bentos

Organisme yang hidup pada sedimen dasar perairan dan menempel atau istirahat pada dasar disebut benthos. Zoobentos terdiri dari hewan dan fitobentos terdiri dari tumbuhan. Karena hewan bentos selalu berinteraksi dengan limbah yang masuk ke habitatnya, mereka dapat digunakan sebagai indikator kualitas lingkungan karena mereka hidup relatif menetap. Karena hewan bentos terus terdedah oleh air dengan kualitas yang berubah-ubah, kelompok hewan tersebut dapat lebih menunjukkan perubahan dalam faktor lingkungan dari waktu ke waktu.

Jenis hewan bentos yang termasuk dalam kelompok invertebrata makro, yang lebih dikenal sebagai makrozoobentos, adalah antara yang paling mudah dikenal dan sensitif terhadap perubahan lingkungan perairan. Berbagai faktor lingkungan, baik biotik maupun abiotik, memengaruhi keberadaan hewan bentos dalam suatu perairan. Produsen, yang merupakan sumber makanan hewan bentos, adalah salah satu faktor biotik yang berpengaruh; faktor abiotik lainnya termasuk fisika-kimia air, seperti suhu, arus, oksigen terlarut (DO), kebutuhan oksigen biologi (BOD) dan kimia (COD), kandungan nitrogen (N), dan substrat dasar.

Jenis hewan bentos yang termasuk dalam kelompok invertebrata makro, yang lebih dikenal sebagai makrozoobentos, adalah antara yang paling mudah dikenal dan sensitif terhadap perubahan lingkungan perairan.

Berbagai faktor lingkungan, baik biotik maupun abiotik, memengaruhi keberadaan hewan bentos dalam suatu perairan. Produsen, yang merupakan sumber makanan hewan bentos, adalah salah satu faktor biotik yang berpengaruh; faktor abiotik lainnya termasuk fisika-kimia air, seperti suhu, arus, oksigen terlarut (DO), kebutuhan oksigen biologi (BOD) dan kimia (COD), kandungan nitrogen (N), dan substrat dasar (Kemendikbud, 2013).

Menurut Sudarjanti dan Wijarni (2006), benthos memiliki beberapa ciri-ciri, yaitu:

1. Sangat banyak ditemukan di perairan, terutama di ekosistem sungai, dipengaruhi oleh berbagai jenis polutan yang ada.
2. Mempunyai toleransi yang berbeda terhadap berbagai jenis pencemaran dan mempunyai reaksi yang cepat.

3. Memiliki keanekaragaman yang tinggi dan respons terhadap stres lingkungan.
4. Hidup melekat di dasar perairan.

Organisme hewan benthos diklasifikasikan menjadi:

1. Mikroentos (kurang dari 50 milimeter, seperti protozoa, rotifer, dan nematode)
2. Makroentos (antara 0,425 dan 15 milimeter).
3. Meiobentos (antara 0,05 – 1 milimeter)

Sebagian dari organisme makrozoobentos termasuk taksa Crustacea, Isopoda, Decapoda, Oligochaeta, Mollusca, Nematoda, dan Annelida. Taksa-taksa ini memiliki peran penting dalam komunitas perairan karena memiliki tingkat trofik kedua atau ketiga. Sementara itu, taksa lain berfungsi untuk mineralisasi dan pendaurulangan bahan organik, baik yang berasal dari perairan maupun darat.

Makrozoobentos melakukan tiga peran penting dalam ekosistem sungai:

1. Mereka dapat memberikan informasi tentang pemindahan dan penggunaan energi dalam ekosistem sungai,
2. Mereka berpartisipasi dalam proses self-purification sungai, dan
3. Mereka dapat digunakan untuk membantu restorasi perairan sungai dengan menciptakan habitat yang mendorong kolonisasi makrozoobentos. Bahkan dalam ekosistem sungai, komunitas makrozoobentos berfungsi sebagai sumber energi untuk perikanan.

Salah satu cara untuk mengukur kualitas perairan adalah dengan menggunakan pendekatan kualitatif, yang melihat spesies daripada benthos yang hidup di perairan. Mulyanto (1995) mendefinisikan beberapa jenis bentos berdasarkan tingkat kerusakan perairan.

1. Perairan bersih terdiri dari Planaria, Perla, Isoperia, Leuctra, Nemoura, Eodyonurus, dan Ephemera.
2. Perairan tercemar organik ringan terdiri dari Caenis, Ephemerella, Baetis, Limnophyllus, dan Hydropsyche.

3. Perairan tercemar organik sedang terdiri dari Simulium, Lymnaea, dan Physa.
4. Perairan tercemar organik berat terdiri dari Chironomus dan Tubifex.



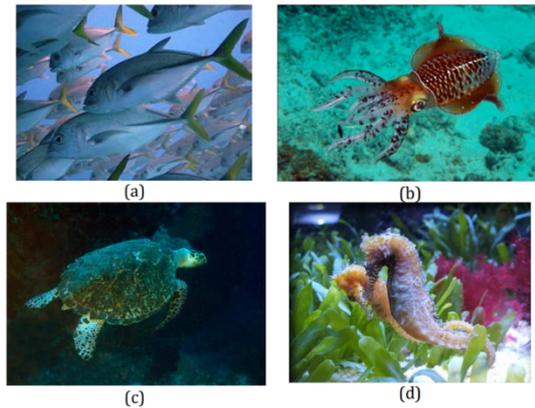
**Gambar 13.2** Indikator Perairan dari Kelompok Bentos (a) Planaria, (b) Leuctra, (c) Ephemerella, (d) Hydropsyche, (e) Lymnaea, dan (f) Tubifex.

### 13.2.3 Nekton

Kelompok organisme yang dikenal sebagai nekton tinggal di dalam kolom air, atau kolom air, baik di perairan tawar maupun laut. Ernst Haeckel membuat istilah "nekton" pada tahun 1890, yang berasal dari kata Yunani "nekton", yang artinya "berenang", dan mencakup bidang seperti biofluidynamics, biomechanics, functional morphology of fluid locomotion, dan locomotor physiology. Teorinya dikenal sebagai "nektology", dan ahlinya dikenal sebagai "nektologis". Namun, istilah "nekton bahari" mengacu pada hewan nektonik yang tinggal di wilayah epipelagik di laut terbuka. Orang dapat memanfaatkan organisme laut, terutama nekton bahari, untuk meningkatkan gizi dan ekonomi mereka. Terbentuknya mineral laut seperti gas dan minyak bumi terjadi dari tumpukan bangkai nekton, yang merupakan hasil dari proses yang panjang yang berlangsung selama ribuan bahkan jutaan tahun.

Nekton laut sebagian besar terdiri dari tiga kelas:

1. Vertebrata, yang merupakan kelas terbesar, dengan tulang atau tulang rawan.
2. Moluska, yang terdiri dari hewan seperti cumi-cumi dan kerang.
3. Crustacea, yang terdiri dari hewan seperti lobster dan kepiting.



**Gambar 13.3** Nekton (a) ikan, (b) cumi-cumi, (c) penyu dan (d) kuda Laut

Beberapa kondisi lingkungan harus diperhatikan karena memberikan perbedaan yang jelas bagi nekton dan tempat adaptasi terjadi. Laut, yang merupakan wilayah "tiga dimensi" yang sangat besar, tidak memiliki substrat padat di mana pun, sehingga hewan-hewan ini selalu melayang dalam medium yang transparan tanpa perlindungan terhadap predator yang mungkin. Akibatnya, tidak ada tempat perlindungan bagi hewan yang bergerak dari satu tempat ke tempat lain.

Evolusi adaptasi untuk mobilitas yang besar difasilitasi oleh kombinasi keadaan tiga dimensi dan kurangnya rintangan. Dengan mobilitas yang tinggi dan kemampuan untuk menempuh jarak jauh, sistem saraf dan indra (sensory) berkembang. Sistem ini bertanggung jawab untuk menangkap dan mengolah informasi yang diperlukan untuk menjelajahi daerah, mencari dan menangkap makanan, dan menghindari predator. Kurangnya perlindungan dan besarnya ukuran kebanyakan nekton juga menyebabkan sistem ini berkembang dengan kecepatan renang yang tinggi untuk menghindari predator dan sekaligus mencari makanan. Kamouflase adalah upaya lain. Sebagai hasil dari keadaan tersuspensi tubuh hewan nektonik yang kerapatan tubuhnya lebih besar

daripada kerapatan air laut, berbagai adaptasi telah dikembangkan untuk membantu mereka tetap terapung.

### 13.2.4 Neuston

Neuston terdiri dari beberapa spesies ikan yang senang hidup di atas permukaan air, seperti ikan terbang; contoh lain dari neuston adalah kumbang, protozoa, bakteri, dan laba-laba. Terkadang, neuston hanya bergantung pada tegangan permukaan air untuk tetap mengapung.



**Gambar 13.4.** Neuston (a) serangga air, (b) Physalie "man o'war", juga dikenal sebagai jelly fish.

### 13.2.5 Perifiton

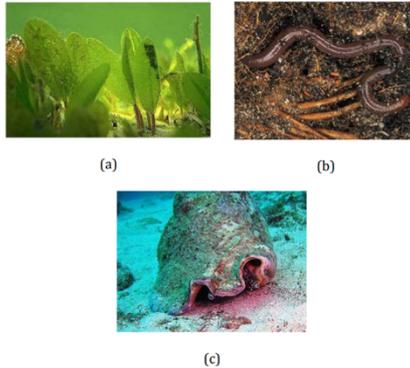
Perifiton adalah sekumpulan organisme berukuran mikro yang menempel pada suatu substrat. Namun, dalam literatur Jerman, Aufwuchs digunakan untuk menggantikan istilah perifiton karena memiliki arti yang lebih luas.

Aufwuchs adalah sekumpulan organisme yang menempel atau menentang pada substrat, termasuk kelompok organisme hewani atau nabati yang bergerak lambat, seperti merayap atau merangkak. Tidak seperti bentos, kelompok ini tidak dapat menembus substrat.

Perifiton dapat diklasifikasikan menurut tipe substrat tempat menempelnya:

1. Epiphytic, yaitu organisme perifiton yang menempel pada bagian tubuh hewan air, seperti sisik ikan, cangkang penyu, dan sebagainya.
2. Epizoich, yaitu organisme perifiton yang menempel pada bagian tubuh hewan air, seperti daun, batang, atau akar tumbuhan air.
3. Epipellic, yaitu organisme perifiton yang menempel pada lumpur di dasaran perairan.

4. Organisme perifiton epilitik menempel pada batuan;
5. Organisme perifiton episammik menempel pada butiran pasir, seperti pasir di pantai atau sungai.



**Gambar 13.5.** menunjukkan perifiton, yang terdiri dari (a) *Halophila* sp, (b) anelida, dan (c) makhluk perifiton yang menutupi cangkang *Eustrombus gigas*.

Selain dipengaruhi oleh jenis substrat, keberadaan perifiton, baik kelimpahan jenis maupun individu, juga dipengaruhi oleh iklim, arus air, kekeruhan, suhu air, dan adanya bahan pencemar di perairan. Oleh karena itu, memiliki pemahaman tentang perifiton selain berguna untuk mengetahui produktifitas (kesuburan) perairan juga dapat menjadi indikator pencemaran air.

# Daftar Pustaka

- Abd El-Hady, H.H. (2014) "Alternations In Biochemical Structures of Phytoplankton in Aswan Reservoir and River Nile. Egypt". *Journal of Biological & Environmental Sciences*. 4 (2), hal. 68-80.
- Abdel-Satar, H.H. (2005) "Water Quality Assessment of River Nile from Idfo to Cairo. Egypt". *The Egyptian Journal of Aquatic Research*. 31 (2), hal. 200-223.
- Afriani, S., Agustina, S., Karina, S., Irwan, I., & Kazrina, C. S. M. (2021). The assessment of water quality by STORET method in the northern waters of Banda Aceh. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 674(1), 1–7. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/674/1/012062>
- Agency, U. S. E. P. (2012). History of STORET. United States Environmental Protection Agency. <https://www3.epa.gov/storet/bck/history.html>
- Agrawal, R., Pandey, S., dan Sharma, B. (2010) "Water Pollution with Special Reference to Pesticide Contamination in India". *Journal Water Resource Protection*, 2,(3), hal. 432-448.
- Alfiani, L. Z., Latifa, R., Hudha, A. M., Susetyarini, Ek., & Husanah, H. (2019). Studi kualitas perairan berdasarkan parameter biologi , fisika , dan kimia di aliran mata air Sumber Maron Kecamatan Pagelaran Kabupaten Malang ( Sebagai sumber belajar biologi ). *Proisiding Seminar Nasional*, 5, 61–66.
- Ali, E.M. S.A., Shabaan-Dessouki, A.I., dan Soliman, A.S. El Shenawy. (2014) "Characterization of Chemical Water Quality in the Nile River. Egypt". *Indian Journal of Pure & Applied Biosciences*. 2 (3), hal. 35-53
- Alicia, R., Leticia, P., Mara, J., Gustavo, S., dan Salibian, A. (2008) "Screening of Sediment Pollution in Tributaries from the Southwestern Coast of the Río de la Plata Estuary". *Latin American Journal of Sedimentology and Basin Analysis*. 15. 67-75.

- Amalia, N. I. (2018). Penentuan Status Mutu Air Sungai Mbabar Dengan Menggunakan Metode Indeks Pencemaran Di Kecamatan Pakisaji Kabupaten Malang. ITN MALANG.
- Andriyan, M. F. (2018). Pengaruh Salinitas Terhadap Tingkat Kelangsungan Hidup Dan Profil Darah Ikan Nila (*Oreochromis niloticus*) Yang Diberi Kombinasi Pakan Dan Buah Mengkudu (*Morinda citrifolia* L.). Universitas Muhammadiyah Gresik.
- Anonim (2015) Mengenal Logam Berat, Ditjen pengelolaan sampah, limbah dan bahan beracun berbahaya, Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan. Tersedia pada: <https://sib3pop.menlhk.go.id/index.php/articles/view?slug=mengenal-logam-berat> (Diakses: 8 Juli 2023).
- Anwar, S., Wibowo, M. J., Sugiyarto, Hariono, B., & Wijaya, R. (2018). Determination of Water Quality Status of Stored Method in Tlogo Ampel Watershed. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 207(1), 1–7. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/207/1/012009>
- AQUA, S. P. E. R. (2017). PERATURAN MENTERI KESEHATAN REPUBLIK INDONESIA NOMOR 32 TAHUN 2017 TENTANG STANDAR BAKU MUTU KESEHATAN LINGKUNGAN DAN PERSYARATAN KESEHATAN AIR UNTUK KEPERLUAN HIGIENE SANITASI, KOLAM RENANG.
- Arundina, I. et al. (2022) ‘Pengolahan Air Bersih Berbasis Kebutuhan Rumah Tangga dalam Upaya Meningkatkan Kesehatan Masyarakat di Desa Kandat Kabupaten Kediri’, *Jurnal Pengabdian UNDIKMA*, 3(1), p. 117. Available at: <https://doi.org/10.33394/jpu.v3i1.4943>.
- Asia-Pacific Network for Global Change Research. (2013) “Aseanbiodiversity”. Available at: <http://abs.aseanbiodiversity.org/images/documents/APN%20Science%20Bulletin%20-%20March%202013.pdf#page=8> diakses pada tanggal 3 Juli 2023.
- Asrori, M.K. (2021) ‘Pemetaan Kualitas Air Sungai Di Surabaya’, *Jurnal Envirotek*, 13(2), pp. 41–47. Available at: <https://doi.org/10.33005/envirotek.v13i2.127>.

- Augustin, A. (2022) Sulfur Cycle, Encyclopaedia Britannica, Inc. Tersedia pada: <https://www.britannica.com/science/sulfur-cycle> (Diakses: 8 Juli 2023).
- Azizah, D. (2017). Kajian Kualitas Lingkungan Perairan Teluk Tanjungpinang Provinsi Kepulauan Riau. *Dinamika Maritim*, 6(1), 47–53.
- Badan Perencanaan Pembangunan Nasional Republik Indonesia [Bappenas]. (2022) “Sekilas SDGS” <https://sdgs.bappenas.go.id/sekilas-sdgs/> diakses pada tanggal 1 Juli 2023.
- Badan Pusat Statistik [BPS]. (2022) “Banyaknya-Desa-Kelurahan-Menurut-Jenis-Pencemaran-Lingkungan-Hidup”. <https://www.bps.go.id/indicator/168/959/1/banyaknya-desa-kelurahan-menurut-jenis-pencemaran-lingkungan-hidup.html> diakses pada tanggal 1 Juli 2023.
- Barus, T. A., Sinaga, S. S., & Tarigan, R. (2008). Produktivitas primer fitoplankton dan hubungannya dengan faktor fisik-kimia air di perairan parapat, danau toba. *Jurnal Biologi Sumatera*, 3(1), 11–16.
- Bernhard, A. (2010) The Nitrogen Cycle: Processes, Players, and Human Impact, Nature Education Knowledge. Tersedia pada: <https://www.nature.com/scitable/knowledge/library/the-nitrogen-cycle-processes-players-and-human-15644632/#> (Diakses: 2 Juli 2023).
- Blacksmith Institute. (2010) “Artisanal Gold Mining – Central Kalimantan”. Available at: <http://www.blacksmithinstitute.org/projects/display/165borgenmagazine.com/water-pollution-inindonesia/>. Diakses pada tanggal 1 Juli 2023.
- BMKG (2021) Ekstrem Perubahan Iklim. Jakarta.
- Brown, A. L. (1987) *Freshwater Ecology*. London: Heinemann Educational Books.
- Conserve Energy Future (2020) “Top 19 Most Polluted Rivers in the World in 2020”. [https:// www.conserve-energy-future.com/mostpolluted-rivers-world.php](https://www.conserve-energy-future.com/mostpolluted-rivers-world.php). Diakses pada tanggal 1 Juli 2023.
- Consultative Group on International Agricultural Research [CGIAR]. (2019). “Research Program on Water, Land and Ecosystems, “Mekong River

- Basin”, <https://wle-mekong.cgiar.org/changes/where-we-work/mekong-river-basin>. Diakses pada tanggal 1 Juli 2023.
- Cosslett, T. L., dan Cosslett, P. D. (2014) “Water Resources and Food Security in the Vietnam Mekong Delta”. London: Springer. p. xiv.
- Djula, S. N. (2019). Studi Ketersediaan Air Bersih dan Penyediaan Air Minum Rumah Tangga Di Kelurahan Oebobo Kecamatan Oebobo Tahun 2019. Poltekkes Kemenkes Kupang.
- Duwara, S. A. (2022). GAMBARAN PENGETAHUAN SIKAP DAN TINDAKAN MASYARAKAT PENDERITA DIARE TERHADAP SARANA AIR BERSIH SUMUR GALI DI KELURAHAN WAYKANDIS KOTA BANDAR LAMPUNG. Poltekkes Tanjungkarang.
- Effendi, H. (2003) Telaah Kualitas Air Bagi Pengelolaan Sumber Daya dan Lingkungan Perairan. Jakarta: kanisus.
- European Environment Agency [EEA]. (2021) “Pollution and Barriers Are Key Problems for Europe’s Waters”. <https://www.europeansources.info/record/drivers-of-and-pressures-arising-from-selected-key-water-management-challenges-a-european-overview/> Diakses pada tanggal 1 Juli 2023.
- European Environment Agency [EPA]. (2013) “Secondary Drinking Water Regulations”. Available at: <http://water.epa.gov/drink/contaminants/secondarystandards.cfm> diakses pada tanggal 2 Juli 2023.
- Eyler, B. (2019) “Last Days of the Mighty Mekong”. London: Zed Books.
- Ezzat, S.M., Mahdy, H.M., Abo-State, M.A., Abd El Shakour, E.H., El-Bahnasawy, M.A. (2012) “Water Quality Assessment of River Nile at Rosetta Branch: Impact of Drains Discharge. Middle-East”. *Journal of Scientific Research*, 12 (4), hal. 413-423.
- Fahreza, R., Haris, V.T. and Megasari, S.W. (2017) ‘Perencanaan Jaringan Air Bersih Dan Air Kotor Pada Perumahan Restu Delima Jalan Rantau Vii Kelurahan Simpang Tiga Kota Pekanbaru’, *Jurnal Teknik*, 1, pp. 41–47.
- Faisal, M. and Atmaja, D. M. (2019) ‘Kualitas Air Pada Sumber Mata Air Di Pura Taman Desa Sanggalangit Sebagai Sumber Air Minum Berbasis Metode Storet’, *Pendidikan Geografi Undiksha*, 7(2), pp. 74–84.

- Faisal, Muhamad, and D.M.A. (2019) 'Kualitas Air Pada Sumber Mata Air Di Pura Taman Desa Sanggalangit Sebagai Sumber Air Minum Berbasis Metode Storet', *Jurnal Pendidikan Geografi Undiksha*, 7(2), pp. 74–84.
- Food Agriculture Organization [FAO] dan International Water Management Institute [IWMI]. (2017) "Water Pollution from Agriculture: a Global Review". Executive Summary (FAO and IWMI). Diakses pada tanggal 2 Juli 2023.
- Fulazzaky, M. A. (2010) "Water Quality Evaluation System to Assess the Status and the Suitability of the Citarum River Water to Different Uses," *Environmental Monitoring and Assessment*, 168, 669-684.
- GAZALI, M. O. H., & WIDADA, A. (2021). Analisis Kualitas Dan Perumusan Strategi Pengendalian Pencemaran Air Sungai Bangkahulu Bengkulu. *Journal of Nursing and Public Health*, 9(1), 54–60.
- Gersony, L. (2022) "Circle of Blue". <https://www.circleofblue.org/2022/hotspots/hotspots-h2o-polluted-rivers-scarce-water-sinking-capital-report-warns-of-dire-water-threats-facing-indonesia/> diakses pada tanggal 1 Juli 2023.
- Goher, M.E., Abdo, M.H., Mangood, A.H., dan Hussein, H.H. (2015) "Water Quality and Potential Health Risk Assessment for Consumption of *Oreochromis niloticus* from El-Bahr El-Pharaony Drain, Egypt". *Fresenius Environmental Bulletin and Advances in Food Sciences*. 24 (11), hal. 3590-3602
- Grigg, N. S. (1996) *Water Resources Management: Principles, Regulations and Cases*. New York: McGraw-Hill.
- Gunawan, S. A., Prasetyo, Y. and Amarrohman, F. J. (2016) 'Studi Penentuan Kawasan Resapan Air Pada Wilayah Das Banjir Kanal Timur', *Geodesi Undip*, 5(2), pp. 125 – 135.
- Hadi, A. (2007) *Prinsip Pengelolaan Pengambilan Sampel Lingkungan*. Jakarta: PT Gramedia Pustaka Utama.
- Hamuna, B., Tanjung, R. H., & MAury, H. (2018). Kajian kualitas air laut dan indeks pencemaran berdasarkan parameter fisika-kimia di perairan Distrik Depapre, Jayapura.

- Hartono, H. et al. (2021) 'Analisis Kualitas Pelayanan Distribusi Air Bersih PDAM Tirta Bhagasasi Cabang Rawa Tembaga Kabupaten Bekasi Tahun 2022', ... : Jurnal Ilmiah Ilmu ..., 4(1), pp. 222–231. Available at: <https://ojs.stiami.ac.id/index.php/transparansi/article/view/2886%0Ahttps://ojs.stiami.ac.id/index.php/transparansi/article/viewFile/2886/1327>.
- Heather, C., Juliet, C.S., Peter, G., Lucy, A., dan Michael, C. (2009). "Understanding and Reducing the Risks of Climate Change for Transboundary Waters". Pacific Institute. In Cooperation with the United Nations Environment Programme. Oakland, California.
- Herawati, K. (2005). Planktonologi. . Fakultas Perikanan Universitas Brawijaya Malang.
- Hernaningsih, T. (2020). Analisis Kualitas Air Di Ruas Sungai Batang Toru Dengan Metode Storet Dan Indeks Pencemaran. Jurnal Rekayasa Lingkungan, 13(2), 138–151. <https://doi.org/10.29122/jrl.v13i2.4678>
- Hidayat, R., Viruly, L., Tp, S., Si, M., Azizah, D., Pi, S., Si, M., Ilmu, F., Maritim, U., & Ali, R. (2013). Kajian Kandungan Klorofil- A Pada Fitoplankton Terhadap Parameter Kualitas Air Di Teluk Tanjungpinang Kepulauan Riau Study On The Contents Of Chlorophyll-A In Phytoplankton To The Water Quality Parameters In The Gulf Of Tanjungpinang Riau Islands. Jurnal Umrah.
- Hiebert, M. (2021) "Upstream Dams Threaten the Economy and the Security of the Mekong Region", ISEAS Perspective, No 34
- Hoang, H.G. et al. (2022) "The nitrogen cycle and mitigation strategies for nitrogen loss during organic waste composting: A review," Chemosphere, 300, hal. 134514. Tersedia pada: <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2022.134514>.
- <http://dx.doi.org/10.1007/s10661-009-1142-z>
- HZ, M., Amin, B., Jasril, J., & Siregar, S. H. (2018). Analisis Status Mutu Air Sungai Berdasarkan Metode STORET Sebagai Pengendalian Kualitas Lingkungan (Studi Kasus: Dua Aliran Sungai di Kecamatan Tembilahan Hulu, Kabupaten Indragiri Hilir, Riau). Dinamika Lingkungan Indonesia, 5(2), 84–94. <https://doi.org/10.31258/dli.5.2.p.84-96>
- Iklima, Z. (2022). Penurunan Pencemar pada Limbah Cair Industri Pembekuan Ikan menggunakan Metode Multi Soil Layering (MSL). UIN Ar-Raniry.

- Irianto, I. K. (2015) "Kualitas Air Menuju Pertanian Berkelanjutan," Denpasar: Universitas Warmadewa
- Irsanda, D. (2014) Analisis Daya Tampung Beban Pencemaran Kali Pelayaran, Kabupaten Sidoarjo Dengan Metode Wual2kw. Surabaya.
- Istomi, A. R. (2013) "Kajian Status Kualitas Air Daerah Aliran Sungai (DAS) way mesuji," Lampung: Universitas Lampung.
- Isumonah, V. Adelfemi (2013). "Armed Society in the Niger Delta". *Armed Forces & Society* 39 (2), hal. 331–358.
- Karimah, U., Khasanah, N., & Ramli, M. (2022). Studi Parameter Biologi dalam Analisis Kualitas Air Sumur di Desa Karakan , Kecamatan Weru , Kabupaten Sukoharjo Study of Biological Parameters in Analysis of Well Water Quality in Karakan Village , Weru District , Sukoharjo Regency. 19, 69–74.
- Kemendikbud (2013) Pengelolaan Kualitas Air. 1st edn, Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan. 1st edn. Jakarta: Kemendikbud. Available at: [https://repositori.kemdikbud.go.id/11598/1/Pengelolaan Kualitas air 1.pdf](https://repositori.kemdikbud.go.id/11598/1/Pengelolaan%20Kualitas%20air%201.pdf).
- Kemendikbud. (2013). Pengelolaan Kualitas Air. Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan, 1–247.
- Kemenkes, R. (2023) Peraturan Menteri Kesehatan No. 2 Tahun 2023 tentang Peraturan Pelaksanaan Peraturan Pemerintah No. 66 Tahun 2014 tentang Kesehatan Lingkungan. Indonesia. Available at: <https://peraturan.bpk.go.id/Home/Details/245563/permenkes-no-2-tahun-2023>.
- Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (KLHK). (2018) "Siaran Pers KLHK" Nomor: SP. 651/HUMAS/PP/HMS.3/11/2018 tentang Penanganan Pencemaran Sungai Citarum, Cisadane dan Ciujung
- Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan, (2017) Buku Kajian Daya Tampung dan Alokasi Beban Pencemaran Sungai Citarum. Jakarta: Direktorat jenderal Pengendalian Pencemaran dan Kerusakan Lingkungan Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan.

- Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan. (2015). *Standard Operating Procedure Pengawasan Penaatan Perizinan dan Peraturan Perundang-Undangan Pengelolaan Lingkungan Hidup*. Jakarta.
- Kementerian Lingkungan Hidup. (2020) *Peringatan Hari Air Sedunia 22 Maret 2020*. Jakarta.
- Keputusan Menteri Lingkungan Hidup No. 115 Tahun 2003 Tentang Pedoman Penentuan Status Mutu Air
- Keputusan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 56 Tahun 2002 tentang Pedoman Umum Pengawasan Penaatan Lingkungan Hidup Bagi Pejabat Pengawas Lingkungan Undang-Undang Nomor 11 Tahun 1974 tentang Pengairan. Lembaran Negara Republik Indonesia Nomor 65 Tahun 1974 dan Tambahan Lembaran Negara Nomor 3046.
- Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 115 (2003) Pedoman Penentuan Status Mutu Air. Available at: <http://medcontent.metapress.com/index/A65RM03P4874243N.pdf>.
- Khalisa, Lubis, Y.M. and Agustina, R. (2021) 'Uji Organoleptik Minuman Sari Buah Belimbing Wuluh ( *Averrhoa bilimbi* . L ) ( Organoleptic Test Fruit Juice Drink ( *Averrhoa Bilimbi* . L ))', *Ilmiah Mahasiswa Pertanian*, 6(4), pp. 594–601. Available at: [www.jim.unsyiah.ac.id](http://www.jim.unsyiah.ac.id).
- Koengo, M., Thalib, T. and Bagou, U. (2022) 'Faktor-Faktor Penghambat Pendistribusian Air Bersih Oleh Petugas Pdam Di Desa Dolong B Kabupaten Tojo Una-Una', *Jurnal Administrasi Manajemen dan Ilmu Sosial (JAEIS)*, 1(1), pp. 16–23.
- Kulla, O. L. S., Yuliana, E., & Supriyono, E. (2020). Analisis kualitas air dan kualitas lingkungan untuk budidaya ikan di Danau Laimadat, Nusa Tenggara Timur. *Pelagicus*, 1(3), 135–144.
- Kumar, R. DH. and Lee, S. M. (2012) "Water pollution and treatment technologies," *Journal of Environmental Analytical Toxicology* 2:e103
- Kurniasari, M. and Ariastita, P. G. (2014) 'Faktor-faktor yang mempengaruhi alih fungsi lahan pertanian sebagai upaya prediksi perkembangan lahan pertanian di Kabupaten Lamongan', *Teknik ITS*, 3(2), pp. C119–C124.
- Latupeirissa, A.N. and Manuhutu, J.B. (2020) 'Analisis Parameter Fisika Dan Kesadahan Air Pdam Wainitu Ambon', *Molluca Journal of Chemistry*

- Education (MJoCE), 10(1), pp. 1–7. Available at: <https://doi.org/10.30598/mjocevol10iss1pp1-7>.
- Le, V.V., Cao, D.N., dan Nguyen, X.P. (2017) “The Overview of Water Poluiton on The World”. *International Journal of Scientific & Technology Research* 6(08), hal. 221-224.
- Lestari, I. L., Singkam, A. R., Agustin, F., Miftahussalimah, P. L., Maharani, A. Y., & Lingga, R. (2021). Perbandingan Kualitas Air Sumur Galian dan Bor Berdasarkan Parameter Kimia dan Parameter Fisika. *BIOEDUSAINS: Jurnal Pendidikan Biologi Dan Sains*, 4(2), 155-165.
- Lestari, M. F., & Fuady, M. I. N. (2022). Sosialisasi Persyaratan Kualitas Air Minum Sesuai Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor: 492/MENKES/PER/IV/2010 di Kabupaten Bantaeng. *Dinamisia: Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat*, 6(4), 1079–1086.
- Linus, Y., Salwiyah, & Irawati, N. (2016). (2016). Status kesuburan perairan berdasarkan kandungan klorofil- a di Perairan Bungkutoko Kota Kendari Status Prosperity waters based on contens clorofil- a in Bungkutoko waters Kendari City. . *Jurnal Manajemen Sumber Daya Perairan*, 2(1), 101–111.
- Lobell, David B., and S.M.G. (2012) ‘The Influence of Climate Change on Global Crop Productivity’, *Plant Physiology*, 160(4), pp. 1686–1697.
- Lovgren, S. (2019). Mekong River at its lowest in 100 years, threatening food supply”, *National Geographic*, 31 July 20219, <https://www.nationalgeographic.com/environment/article/mekong-river-lowest-levels-100-years-food-shortages>.
- Mardhia, D. and Abdullah, V. (2018) ‘Studi Analisis Kualitas Air Sungai Brangbiji Sumbawa Besar’, *Jurnal Biologi Tropis*, 18(2), pp. 182–189. Available at: <https://doi.org/10.29303/jbt.v18i2.860>.
- Marganingrum, D. Roosmini, D. Pradono. dan Sabar, A. (2013) ”Diferensiasi Sumber Pencemar Sungai Menggunakan Pendekatan Metode Indeks Pencemar (IP) (Studi Kasus: Hulu Das Citarum),” *Jurnal Riset Geologi dan Pertambangan Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia*, Vol. 23 No. 1 p. 37-48.
- Mathematics, A. (2016). 濟無No Title No Title No Title. 1–23.

- McCarthy, J. J., O. F. Canziani, N. A. Leary, D. J. Dokken, and K.S.W. (2002) *Climate Change 2001: Impacts, Adaptation, and Vulnerability*.
- Monaghan, R. (2023) *The Phosphorus Cycle*, The University of Waikato Te Whare Wānanga o Waikato. Tersedia pada: <https://www.sciencelearn.org.nz/resources/961-the-phosphorus-cycle> (Diakses: 6 Juli 2023).
- Mudjiardjo, A. S. U., Moersidik, S. S., & Darmajanti, L. (2021). Analysis of water pollution using the STORET method in the Upper Citarum Watershed. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 716(1), 1–8. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/716/1/012012>
- Mukherjee, A. (2018) “Groundwater of South Asia”. New Delhi, India. Springer:
- Murtini, S. et al. (2022) “Survival Growth Rate and Feed Efisiensi of Catfish (*Clarias batracus*) with Addition of Spirulina to the Concrete Pond Media,” *Jurnal Agroqua*, 20(2), hal. 420–428. Tersedia pada: <https://doi.org/10.32663/ja.v>
- Nabila, S., Kusratmoko, E., & Marko, K. (2020). Water quality in Ci Lutung Watershed (Case study: Ci Jurey Sub-Watershed and Ci Deres Sub-Watershed). *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 561(1), 1–8. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/561/1/012030>
- Naubi, I. Zardari, N. H. Shirazi, S. M. Ibrahim, N. F. B. and Baloo, L. (2016) “Effectiveness of water quality index for monitoring Malaysian river water quality,” *Polish Journal of Environmental Studies*. <https://doi.org/10.15244/pjoes/60109>
- Nedi, S. Effendi I. dan Fuad, A. (2018) “Correlation of dissolved detergent content with diatom abundance in Air Hitam strait waters, Meranti island regency, Riau,” *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, Vol. 216, No. 1, p. 012017.
- Nemerow, N. L. and Sumitomo, H. (1970) “Benefits of Water Quality Enhancement,” Report No 16110 DAJ, prepared for the US Protection Agency. Syracuse University, Syracuse, NY.
- 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), 1–12.

- Nirmalasari, R. (2018) 'Analisis Kualitas Sungai Sebganau Pelabuhan Kereng Bengkiray Berdasarkan Keanakearagaman Dan Komposisi Fitoplankton.', *Ilmu Alam Dan Lingkungan*, 9(17), pp. 48–58.
- NOVITA, E., PRADANA, H. A., & DWIJA, S. P. (2020). Water quality assessment at Bedadung River in Jember Regency.
- Nurul, U. (2021). *Dasar-Dasar Kesehatan Lingkungan*.
- Ordinioha, B. (2013). "The Human Health Implications of Crude Oil Spills in the Niger Delta, Nigeria: An Interpretation of Published Studies." *Nigerian Medical Journal* 54.1
- Pahlewi, Diah, A. dan Rahayu, H. (2020) "Penentuan Status Mutu Air dengan Metode Indeks Pencemaran di Perairan Pasir Putih Situbondo," *Jurnal Cermin*, Vol. 4, No. 2, p. 2580-7781.
- Paramitha, A., Utomo, B., & D. (2014). Studi klorofil-a di kawasan perairan belawan Sumatera Utara. *Jurnal Aquacoastmarinea*, 3(2), 106–119.
- Pemerintah Republik Indonesia (2021) "Lampiran VI tentang Baku Mutu Air Nasional - PP Nomor 22 Tahun 2021 Tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup," Sekretariat Negara Republik Indonesia, 1(078487A), hal. 483. Tersedia pada: <http://www.jdih.setjen.kemendagri.go.id/>.
- Peraturan Menteri Kesehatan Nomor: 416/MEN.KES/PER/IX/1990 (1990) Syarat-syarat Dan Pengawasan Kualitas Air.
- Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 01 Tahun 2010 Tentang Tata Laksana Pengendalian Pencemaran Air.
- Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 1 Tahun 2010 tentang Tata Laksana Pengendalian Pencemaran Air. Undang-Undang Nomor 5 Tahun 1990 Tentang Konservasi Sumberdaya Alam Hayati dan Ekosistemnya. Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 1990 Nomor 49 dan Tambahan Lembaran Negara Nomor 3419.
- Peraturan Pemerintah Nomor 82 Tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air. Lembaran Negara Nomor 153 Tahun 2001 dan Tambahan Lembaran Negara Republik Indonesia Nomor 4161.

- Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 82 Tahun 2001 Tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air.
- Pietri, DD., Dietrich, P., Mayo, P., dan Carcagno, A. (2011). "Multicriteria Evaluation of Environmental Risk Exposure Using a Geographic Information System in Argentina". *Revista Panamericana De Salud Publica* 30.4, hal. 377-78.
- Plessis, A. D. (2022) "Persistent Degradation: Global Water Quality Challenges and Required Actions". *One Earth* 5 (18), 129-131.
- PP No. 82, (2001) Tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air. Indonesia.
- PPN/Bappenas, K. (2020) Pedoman Teknis Penyusunan Rencana Aksi Tujuan Pembangunan Berkelanjutan (TPB)/Sustainable Development Goals (SDGs). Jakarta: Kedeputusan Bidang Kemaritiman dan Sumber Daya Alam, Kementerian Perencanaan Pembangunan Nasional/ Badan Perencanaan Pembangunan Nasional.
- Pratapwar, G. (2019) "Water Pollution in River Ganga". *International Journal of Science and Research*. 10.21275/ART20195660, hal. 1856-1859.
- Priharyatno, D.W. (2021) Peristiwa Anomali Air dan Manfaatnya Bagi Kehidupan MakhluK Hidup. Available at: <https://smamuh5yk.sch.id/peristiwa-anomali-air-dan-manfaatnya-bagi-kehidupan-makhluK-hidup/> (Accessed: 5 July 2023).
- Purnomo, T. (2023). 4.2 Karakteristik Air. *Pencemaran Lingkungan*, 45.
- Puspitarini, R. and Ismawati, R. (2022) 'Kualitas Air Baku Untuk Depot Air Minum Air Isi Ulang (Studi Kasus Di Depot Air Minum Isi Ulang Angke Tambora)', *Jurnal Dampak*, 19(1), pp. 1-7. Available at: <http://jurnaldampak.ft.unand.ac.id/index.php/Dampak/article/view/524>.
- Putra, A.Y. and Mairizki, F. (2019) 'Analisis Warna, Derajat Keasaman dan Kadar Logam Besi Air Tanah Kecamatan Kubu Babussalam, Rokan Hilir, Riau', *Jurnal Katalisator*, 4(1), p. 9. Available at: <https://doi.org/10.22216/jk.v4i1.4024>.
- Rahmatika, E. (2023) Ciri Air Mengandung Besi Dengan Kadar Tinggi Dan Cara Mudah Menjernihkannya, 99.co. Available at: <https://berita.99.co/ciri-air-mengandung-besi/> (Accessed: 1 July 2023).

- Rico, A., Paula E. R. H., Vighi, M., Andrea V. W., de Souza Nunes, G. S. de Oliveira, R., Larsen, C.S., Hurley, R., Nizzetto, L., dan Schell. T. (2023) "Large-Scale Monitoring and Risk Assessment of Microplastics in the Amazon River". *Water Research*. 232,119707, Hal. 1-10.
- Ridwan, J. and Sodik, A. (2008) *Hukum Tata Ruang dalam Konsep Kebijakan Otonomi Daerah*. Bandung: Nuansa.
- Rifandini, R. (2022) 'Kebijakan Inovatif Tata Kelola Air Bersih Desa melalui Dinamika Tipologi Kelembagaan', *Matra Pembaruan*, 6(2), pp. 83–94. Available at: <https://doi.org/10.21787/mp.6.2.2022.83-94>.
- Rintaka, W. E., Hastuti, A. W., Susilo, E., & Radiarta, N. (2019). The Used of Storet Index to Assess Water Quality in Perancak Estuary, Bali, Indonesia. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 246(1), 1–10. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/246/1/012012>
- Rizvi, S. (2019). <https://www.hindustantimes.com/india-news/polluted-water-making-ganga-s-river-bed-unfit-for-sustaining-aquatic-life-says-new-research/story-Mfi8BvmXt2Xuw4iZwuDURN.html> Dec 25, 2019 Diakses pada tanggal 1 Juli 2023.
- Rosana, E., Inoue, T., Tsushima, K., Takayanagi, R., Ardianor, Darung, U., Gumiri, S., Dohong, S., Nagafuchi, O., Kawakami, T., dan Yamada, T. (2008). "Assessment of Mercury Contamination in the Kahayan River, Central Kalimantan, Indonesia." *Journal of Water and Environment Technology* 6(2), hal.103-12.
- Rosarina, D. and Laksanawati, E.K. (2018) 'Studi Kualitas Air Sungai Cisadane Kota Tangerang Ditinjau Dari Parameter Fisika', *Jurnal Redoks*, 3(2), p. 38. Available at: <https://doi.org/10.31851/redoks.v3i2.2392>.
- Rukaesih, A. (2004) "Kimia Lingkungan," Yogyakarta: Andi Offset.
- Rukminasari, N., Nadiarti, N., & Awaluddin, K. (2014). Pengaruh derajat keasaman (pH) air laut terhadap konsentrasi kalsium dan laju pertumbuhan *Halimeda* sp. *Torani Journal of Fisheries and Marine Science*, 24(1).
- Sakina, H. (2022) "Ekspose Indeks Kualitas Lingkungan Hidup Tahun 2022". Kinerja Pemantauan dan Pengendalian Kualitas Lingkungan Meningkatkan. <https://ppkl.menlhk.go.id/website/index.php?q=1114&s=870f1bf229da5eb26e5e5a7c1d69d9451fa7906a>. diakses pada tanggal 1 Juli 2023.

- Santoso, B. et al. (2021) 'KONTINUITAS AIR BERSIH UNTUK', 2(1), pp. 1–9.
- Sara, Potjut Siti, Widyono Astono, and D.I.H. (2018) 'Kajian Kualitas Air Di Sungai Ciliwung Dengan Parameter BOD Dan COD', Prosiding Seminar Nasional Cendekiawan, 0(0), pp. 591–597.
- Sari, M. and Huljana, M. (2019) 'Analisis Bau, Warna, TDS, pH, dan Salinitas Air Sumur Gali di Tempat Pembuangan Akhir', *ALKIMIA : Jurnal Ilmu Kimia dan Terapan*, 3(1), pp. 1–5. Available at: <https://doi.org/10.19109/alkimia.v3i1.3135>.
- Sasongko, E. B., Widyastuti, E., & Priyono, R. E. (2014). Kajian kualitas air dan penggunaan sumur gali oleh masyarakat di sekitar Sungai Kaliyasa Kabupaten Cilacap. *Jurnal Ilmu Lingkungan Undip*, 12(2), 72-82.
- Satriawan, D. (2023). BAB 4 PARAMETER KUALITAS AIR. *KIMIA LINGKUNGAN LINGKUNGAN*, 45.
- SHAFIRA, N. (2020). PENGARUH ISIAN FILTER TERHADAP pH, SALINITAS, Fe DAN Mn PADA AIR PAYAU. *POLITEKNIK NEGERI SRIWIJAYA*.
- Shamrukh, M., dan Abdel-Wahab, A. (2011) "Water Pollution and Riverbank Filtration for Water Supply Along River Nile, Egypt". In: Shamrukh, M. (Ed.), *Riverbank Filtration for Water Security in Desert Countries*, Springer Science Business Media B.V., hal. 5–28.
- Sicular, D. T. (1991) Pengelolaan Limbah Padat di Indonesia. Dalam: Thomas B. Outterbridge (penyunting). *Limbah Padat di Indonesia Masalah atau Sumberdaya?* Jakarta: Yayasan Obor Indonesia.
- Soemarwoto (1986) *Pencemaran Air dan Pemanfaatan Limbah Industri*. Jakarta: CV. Rajawali.
- Stein, L.Y. dan Klotz, M.G. (2016) "The nitrogen cycle," *Current Biology*, hal. R94–R98. Tersedia pada: <https://doi.org/10.1016/j.cub.2015.12.021>.
- Suhadi, S. (2019) 'Kajian Indeks Bias Terhadap Air Keruh Menggunakan Metode Plan Paralel', *Jurnal Penelitian Fisika dan Terapannya (JUPITER)*, 1(1), p. 7. Available at: <https://doi.org/10.31851/jupiter.v1i1.3121>.

- Sumule, A.R.P., Yuliani, E. and Prayogo, T.B. (2021) 'Studi Perencanaan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) Domestik di Rest Area Kedungmlati Jalan Tol Jombang-Mojokerto Kabupaten Jombang Provinsi Jawa Timur', *Jurnal Teknologi dan Rekayasa Sumber Daya Air*, 1(2), pp. 576–583. Available at: <https://doi.org/10.21776/ub.jtresda.2021.001.02.20>.
- Suprayogi, I. et al. (2017) 'Pemanfaatan Pemanenan Air Hujan Skala Individu untuk Kebutuhan Air Bersih pada Pulau Kecil (Studi Kasus: Desa Concong Tengah, Kecamatan Concong Kabupaten Indragiri Hilir Provinsi Riau)', *Jurnal Logic*, 17(1), pp. 9–15.
- Supriatna, M., Mahmudi, M., & Musa, M. (2020). Model Ph Dan Hubungannya Dengan Parameter Kualitas Air Pada Tambak Intensif Udang Vaname (*Litopenaeus vannamei*) di Banyuwangi Jawa Timur. *JFMR (Journal of Fisheries and Marine Research)*, 4(3), 368-374.
- Suryanto. (2006). *Planktonologi (Peranan Unsur Hara BagiFitoplankton)*. Fakultas Perikanan Universitas Brawijaya Malang.
- Sutanto, A., & Purwasih, P. (2015). Analisis kualitas perairan sungai Raman desa Pujodadi Trimurjo sebagai sumber belajar biologi SMA pada materi ekosistem. *BIOEDUKASI (Jurnal Pendidikan Biologi)*, 6(1).
- Suwerda, B. et al. (2019) *Kesehatan Lingkungan: Teori dan Aplikasi*. 1st edn. Edited by C. Puspawati and K. Prabowo. Jakarta.
- Suyasa, B. (2015) *Pencemaran Air dan Pengolahan Air Limbah*. Denpasar: Udayana Press.
- Tambunan, E. (2020). *Perancangan dan Implementasi Sistem Monitoring Kualitas DAS Citarum Berbasis IoT*. Universitas Komputer Indonesia.
- Tamjidillah, M. (2021) *Air Bersih: Perkembangan dan Teknologi Pengolahannya*. 1st edn. Edited by S. Handayani. Purwokerto: CV IRDH. Available at: [https://repositori.uin-suka.ac.id/bitstream/handle/123456789/30550/IRDH\\_Book\\_Template\\_Mastiadi\\_Nizar\\_\(Selesai\).pdf?sequence=1](https://repositori.uin-suka.ac.id/bitstream/handle/123456789/30550/IRDH_Book_Template_Mastiadi_Nizar_(Selesai).pdf?sequence=1).
- Tarigan, I. L. (2021). *Dasar-Dasar Kimia Air, Makanan dan Minuman*. Media Nusa Creative (MNC Publishing).

- Tarigan, K., Sihombing, J., & Siregar, E. S. (2022). Adsorpsi Optimal Zeolit Aktif untuk Menurunkan Ion Kalsium. *Jurnal Rekayasa, Teknologi Proses Dan Sains Kimia (REPROKIMIA)*, 1(2), 1–9.
- Taufiqullah (2022a) Berat Jenis Air, TNeutron. Available at: <https://www.tneutron.net/blog/berat-jenis-air/> (Accessed: 2 July 2023).
- Taufiqullah (2022b) Suhu Air Ideal Bagi Organisme Air, TNeutron. Available at: [http://www.tneutron.net/wp-content/uploads/2015/09/image\\_thumb12.png](http://www.tneutron.net/wp-content/uploads/2015/09/image_thumb12.png) (Accessed: 2 July 2023).
- The Borneo Research Bulletin. (2012) “Artisanal Gold Mining, Mercury and Sediment in Central Kalimantan, Indonesia”. Available at: <http://www.highbeam.com/doc/1G1-336176554.html> Diakses pada tanggal 1 Juli 2023.
- The United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization [UNESCO]. (2012) “Citarum River Basin Water Quality Improvement Through Demonstration of Innovative Technologies and Enhancing Capacities at The Community, River Basin and National Levels”. Available at: [http://www.switch-in-asia.org/Pilot%20sites/SWITCH%20-%20Citarum%20River%20concept%20note\\_NOV2012\\_EN.pdf](http://www.switch-in-asia.org/Pilot%20sites/SWITCH%20-%20Citarum%20River%20concept%20note_NOV2012_EN.pdf) Diakses pada tanggal 1 Juli 2023.
- Triatmadja, R. (2019) Teknik Penyediaan air Minum Perpipaian. 1st edn. Edited by Andayani. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Tsakiris, G. and Alexakis, D. (2012) ”Water quality models: An overview.” *European Water* 37: 33-46, 2012
- Twadigmark (2022) Mesin RO yang Cocok Untuk Kawasan Kalimantan, Tiwa. Available at: <https://www.tiwa.co.id/mesin-ro-yang-cocok-untuk-kawasan-kalimantan.html> (Accessed: 1 July 2023).
- Undang Undang No 32 tahun 2009 tentang Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup.
- Undang Undang No. 82 Tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air Dan Pengendalian Pencemaran Air. Jakarta.
- Undang-Undang Nomor 23 Tahun 1997 tentang Pengelolaan Lingkungan Hidup. Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 1997 Nomor 68 dan Tambahan Lembaran Negara Nomor 3699.

- Undang-Undang Nomor 26 Tahun 2007 tentang Penataan Ruang. Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 2007 Nomor 68 dan Tambahan Lembaran Negara Nomor 4725.
- Undang-Undang Nomor 32 Tahun 2009 tentang Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup. Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 2009 Nomor 140 dan Tambahan Lembaran Negara Republik Indonesia Nomor 5059. Wibisana, dkk. (2013). Penegakan Hukum vs Penataan Sukarela: Analisa Kritis atas Pelaksanaan PROPER. Bagian Hukum dan Perkembangan Masyarakat Fakultas Hukum Universitas Padjajaran.
- Undang-Undang Nomor 41 Tahun 1999 tentang Kehutanan. Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 1999 Nomor 167 .
- Undang-undang Republik Indonesia Pasal 23 Ayat 2 No 32 Tahun 2009 tentang Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup
- UNEP, (1996) Water Quality Monitoring , E & FN Spon an Imprint of Chapman & Hall , UK,
- UNICEF (2013) Improving Child Nutrition: The achievable imperative for global.
- United Nation –Water [UN Water]. (2021) “Summary Progress Update 2021 – SDG 6 – Water and Sanitation for All” [https://reliefweb.int/report/world/united-nations-world-water-development-report-2021-valuing-water?gclid=Cj0KCQjw756lBhDMARIsAEI0AqmQjHQ5me9uF6vNmFBGwdtI49Py82v\\_bB66rznonXHydbO-V0g06PQaAlRpEALw\\_wcB](https://reliefweb.int/report/world/united-nations-world-water-development-report-2021-valuing-water?gclid=Cj0KCQjw756lBhDMARIsAEI0AqmQjHQ5me9uF6vNmFBGwdtI49Py82v_bB66rznonXHydbO-V0g06PQaAlRpEALw_wcB). Diakses pada tanggal 1 Juli 2023.
- United Nations Environmental Program. (2011) “UNEP 2011 Annual Report”. Available at: <http://www.unep.org/science/chief-scientist/Activities/DisastersandConflicts/OilPollutionintheNigerDeltaNigeria.aspx> Diakses pada tanggal 1 Juli 2023.
- United Nations World Water Assessment Programme [WWAP]. (2015) “Water for a Sustainable World”. Paris:UNESCO.
- UU No. 7, (2004) Tentang Sumber Daya Air. Indonesia.
- Vadde, K.K., Wang, J., Cao, L., Yuan, T., McCarthy, A.J., Sekar, R. (2018) “Assessment of Water Quality and Identification of Pollution

- Risk Locations in Tiaoxi River (Taihu Watershed), China”. *Water* 10(2), hal.1–18.
- Van den Berg, Harold, Gretta Lynch, Ingmar Janse, Ana Maria de Roda Husman, B. et al. (2019) ‘Linking Water Quality Monitoring and Climate-Resilient Water Safety Planning in Two Urban Drinking Water Utilities in Ethiopia’, *Journal of Water and Health*, 17(6), pp. 989–1001.
- VAO AFNI DAELY, S. (2022). STATUS KUALITAS PERAIRAN SUNGAI WAY UMPU, KABUPATEN WAY KANAN, LAMPUNG, BERDASARKAN NILAI Nutrition Value Coefficient (NVC) IKAN.
- Veriyansari, D. (2019). PENURUNAN KADAR LOGAM (Fe dan Mn) PADA AIR TANAH MELALUI MEDIA FILTER BERTINGKAT. POLITEKNIK NEGERI SRIWIJAYA.
- Veronica, D. I., & Fasa, M. I. (2022). Pemanfaatan Sumber Daya Alam Terhadap Pembangunan Berkelanjutan Dalam Persepektif Ekonomi Islam. *Jurnal Dinamika Ekonomi Syariah*, 9(2), 200–210.
- Wahadmaputera, S. et al. (2014) ‘Pengolahan dan {Pemanfaatan} {Elemen} {Air} {Sebagai} {Kearifan} {Lokal} pada {Arsitektur} {Kampung} {Naga}’, *Jurnal Rekayasa*, 2(3), pp. 1–12. Available at: <https://ejurnal.itenas.ac.id/index.php/rekayasa/article/view/598>.
- Wahyuni, N. et al. (2020) ‘Pengolahan Air Bersih Menggunakan Bahan Baku Lokal Untuk Daerah Pesisir Terpencil Di Kabupaten Kubu Raya’, *GERVASI: Jurnal Pengabdian kepada Masyarakat*, 4(2), pp. 192–199. Available at: <https://doi.org/10.31571/gervasi.v4i2.1836>.
- Wardani, A. M., Pratama, B., Herlianna, C. D., Pratama, D. O., Janah, H. N. M., Tamara, L. A., Soliha, M., & Faizah, U. N. (2021). Konservasi Sumber Daya Air Guna Terjaganya Kualitas Serta Entitas Air Baku. *PISCES: Proceeding of Integrative Science Education Seminar*, 1(1), 117–126.
- Wardhana, W.A. (2004) ”Dampak Pencemaran Lingkungan,” Yogyakarta: Andi Offset.
- Warlina, L. (2004) ”Pencemaran Air: Sumber, Dampak, dan Penanggulangannya,” Bogor: Pasca Sarjana Institut Pertanian Bogor.
- WHO (2008) *Guidelines For Drinking Water Quality Third Edition*. Geneva.

- Wibowo, A. (2013) 'Penyuluhan Sumur Resapan Dan Sanitasi Untuk Edukasi Lingkungan Sehat Sesuai Standar Kesehatan Pada Masyarakat', *Jurnal Inovasi dan Kewirausahaan*, 2(1), pp. 41–50.
- Widjihatini., Adi., W. S., Nirawandi, S., R. M., Nooryastuti, R. R. E., Nirawandi, I., Asiah, Safrudin, Arief, Rakhman, R. D., Kartikasari, R., Hidayat, E., Prakoso, R., Teguh, D., Sudarmono, Rakhmawati, A. N., Zahara, A., Hardhitya, D. D., Mashita, N., ... Sakina, H. (2021). *Statistik Kualitas Air, Udara, dan Tutupan Lahan 2020 (Vol. 1)*. [https://ppkl.menlhk.go.id/website/filebox/1033/210930123917buku\\_statistik PPKL 2020 \(versi cetak\).pdf](https://ppkl.menlhk.go.id/website/filebox/1033/210930123917buku_statistik_PPKL_2020_(versi_cetak).pdf)
- Widyastuti P. (2011). *Pedoman Mutu Air Minum*. Penerbit Buku Kedokteran EGC. Jakarta.
- Wiley, R. W. (1990) "Resource use in intercropping systems," *Journal Agricultural Water Management*, 17(1-3), 215-231.
- Wuysang, E. ..., R. .. Trieweko, and D.Y. (2016) 'Pengembangan Konsep Ketahanan Air Kota Pontianak', *Pertemuan Ilmiah Tahunan PIT XXXIII dan Kongres HATHI XII [Preprint]*.
- Yohannes, B. Y., Utomo, S. W., & Agustina, H. (2019). *Kajian Kualitas Air Sungai dan Upaya Pengendalian Pencemaran Air*. *IJEEM-Indonesian Journal of Environmental Education and Management*, 4(2), 136–155.
- Yulfiperius, Y., Toelihere, M. R., Affandi, R., & Sjafei, D. S. (2006). *Pengaruh alkalinitas terhadap kelangsungan hidup dan pertumbuhan ikan lalawak (Barbodes sp.)*. *Majalah Ilmiah Biologi BIOSFERA: A Scientific Journal*, 23(1), 38-43.
- Yustika Kusumawardani, Y.K. and Astuti, W. (2018) 'Evaluasi Pengelolaan Sistem Penyediaan Air Bersih Di Pdam Kota Madiun', *Neo Teknika*, 4(1). Available at: <https://doi.org/10.37760/neoteknika.v4i1.1061>.
- Zaman, N. et al. (2022) *Hidrologi Pertanian*. Medan: Yayasan Kita Menulis.
- Zaman, N. et al. (2023) *Ekonomi Pertanian*. Padang: PT. Global Eksekutif Teknologi.
- Zhang, K. et al. (2020) "Fish growth enhances microbial sulfur cycling in aquaculture pond sediments," *Microbial Biotechnology*, 13(5), hal. 1597–1610. Tersedia pada: <https://doi.org/10.1111/1751-7915.13622>.

Zhu, Demi, and Y.-J.C. (2020) 'Urban Water Security Assessment in the Context of Sustainability and Urban Water Management Transitions: An Empirical Study in Shanghai.', *Journal of Cleaner Production* [Preprint].

# Biodata Penulis



**Dr. Nur Zaman, S.P., M.Si** Penulis lahir di Camba (Sulawesi Selatan) tanggal tanggal 6 September 1975. Penulis merupakan dosen tetap pada Program Studi Teknologi Hasil Pertanian Fakultas Pertanian, Universitas Teknologi Sulawesi. Menyelesaikan pendidikan S1 pada Jurusan Sosial Ekonomi Pertanian Universitas “45” Makassar tahun 2000, menyelesaikan pendidikan S2 pada Program Studi Perencanaan dan Pengembangan Wilayah Universitas Hasanuddin tahun 2004, kemudian menyelesaikan Pendidikan S3 pada Program Studi Ilmu Pertanian di Universitas Hasanuddin tahun 2021. Penulis telah menghasilkan beberapa buku dengan judul : Ilmu Usahatani, Manajemen Usaha Tani, Desa Kekuatan Pembangunan Indonesia : Peran Desa dan BUMDesa Untuk Pemulihan Ekonomi Desa, Ekonomi Politik : Teori dan Pemikiran, Konsep Dasar Pengabdian Kepada Masyarakat : Pembangunan dan Pemberdayaan, Sumber Daya dan Kesejahteraan Masyarakat, Pengantar Otonomi Daerah dan Desa, Inovasi Produk Pertanian, Pengantar Teknologi Pertanian, Hidrologi Pertanian dan Ekonomi Pertanian. Bergabung jadi Dosen Tetap di Universitas Teknologi Sulawesi sejak tahun 2015 sampai sekarang.

email: nurzamanhayat75@gmail.com. HP/WA: 081342515458.



**Nurul Hidayah Nasution, SKM, M.K.M** lahir di Kota Padangsidempuan, pada 12 September 1991. Lulus Sarjana Kesehatan Masyarakat dengan mengambil peminatan kesehatan lingkungan di Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Sumatera Utara tahun 2014. Lulus Magister juga dengan mengambil peminatan kesehatan lingkungan di Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Indonesia tahun 2016. Saat ini merupakan dosen tetap Program Studi Ilmu Kesehatan Masyarakat

Program Sarjana Fakultas Kesehatan Universitas Aifa Royhan di Kota Padangsidempuan. Mengampu mata kuliah Dasar Kesehatan Lingkungan, Dasar Kesehatan dan Keselamatan Kerja, Pencemaran Lingkungan, Analisis Kualitas Lingkungan, Kesehatan Lingkungan Perumahan dan Permukiman. Aktif menulis artikel diberbagai jurnal ilmiah dan melakukan kegiatan pengabdian kepada masyarakat.



**Iswahyudi** lahir di Bireuen Provinsi Aceh pada tanggal 2 Juni 1979. Anak dari Abi (Alm) Ismail Ahmad dan Umi Saidar H. Abubakar. Penulis menikah dengan Nurlailita, SP., M.Si dan memiliki seorang putra yang bernama Muhammad Ejjaz Siddiq.

Saat ini penulis bekerja sebagai dosen di Program Studi Agroteknologi Fakultas Pertanian Universitas Samudra.

Jenjang pendidikan yang penulis tempuh sebagai berikut:

1. Madrasah Ibtidaiyyah (MI) Almakmuriyyah Jakarta Selatan (1986-1992);
2. Sekolah Menengah Pertama Negeri (SMPN) 163 Jakarta Selatan (1992-1995);
3. Sekolah Menengah Kejuruan Negeri (SMKN) 5 Jakarta Timur (1995-1998);
4. Sarjana Pertanian/S-1, Program Studi Ilmu Tanah Fakultas Pertanian Universitas Syiahkuala (1998-2004);
5. Magister Sains/S2, Program Studi Ilmu Tanah, Sekolah Pasca Sarjana Institut Pertanian Bogor (2004-2008);
6. Program Doktor/S3, Program Studi Pengelolaan Sumberdaya Alam dan Lingkungan, Sekolah Pascasarjana IPB Bogor (2013-2019).

Penulis aktif pada riset tentang ekosistem gambut dan ekosistem mangrove. Selain itu penulis juga terlibat dalam tim Penyusun Dokumen Lingkungan (UKL-UPL, AMDAL) untuk proyek-proyek yang bersumberdana dari pemerintah maupun dari pihak swasta.



Andi Susilawaty adalah putri kelahiran Parepare-Sulawesi Selatan pada 14 Januari 1980. Dosen pada Program Studi Kesehatan Masyarakat, Fakultas Kedokteran dan Ilmu Kesehatan sejak 2005 ini, mengenyam pendidikan formal SD, SMP, dan SMU di kota kelahirannya. Kemudian melanjutkan jenjang pendidikan strata satu di Jurusan Biologi Fakultas MIPA Universitas Hasanuddin Makassar hingga lulus pada 2002.

Setahun setelah lulus, ia melanjutkan studi pada jenjang S2 konsentrasi Kesehatan Masyarakat Pascasarjana Universitas Hasanuddin Makassar, selesai pada 2005. Sebelum melanjutkan studi, penulis terpilih sebagai salah satu penerima Australian Leadership Award Fellowship melalui Leadership Program for Environment selama satu tahun di Griffith University, Brisbane-Australia. Menyelesaikan pendidikan S3 pada 2015, program pendoktoran ditempuh penulis selama 4 tahun 3 bulan pada Program Studi Ilmu Kedokteran-Konsentrasi Kesehatan Masyarakat. Selama kurang lebih 17 tahun berkiprah sebagai dosen, penulis aktif mengikuti berbagai kegiatan tri dharma, penulisan buku fiksi dan non fiksi, serta pertemuan ilmiah nasional dan internasional. Selama menjadi salah satu tenaga penggerak pengembangan program University Community Engagement di UIN Alauddin Makassar, penulis secara aktif menjadi peserta program short course di Indonesia dan Canada melalui Project SILE-LLD (Supporting Islamic Leadership for Education-Local Leadership Development) UIN Alauddin Makassar. Beberapa short course yang pernah diikuti: Advocacy and Community Engagement (2011), Citizen-Led Accountability: Strategies and Practices (2011) dan Health Impact Assessment (2011) di Coady Institute, St. Francis Xavier University Canada. Pada tahun yang sama juga mengikuti The Research Shop Internship Program pada Community Engaged Scholarship Institute (CESI) – University of Guelph, Toronto-Canada. 5 tahun kemudian kembali mengikuti Short Course for Advance Community Based Research (2016) di CCBR (Center for Community Based Research, University of Waterloo, Ontario-Canada. Selain aktif mengaplikasikan berbagai pendekatan pengabdian masyarakat (ABCD, SL, CBR) sejak 10 tahun terakhir, penulis juga aktif dalam kegiatan penelitian dan penulisan buku antara lain Pengendalian Pencemaran Air Bersih (2010), Sejarah Kesehatan Masyarakat (2011), Dasar Kesehatan Lingkungan (2013), Kesehatan Lingkungan Pesisir dan Pulau-pulau Kecil (2015), Ilmu Kesehatan Masyarakat (book chapter, 2020), Kesehatan Lingkungan Perumahan (book chapter, 2020),

Islam Lingkungan Hidup & Kesehatan (2020), Ekologi dan Ilmu Lingkungan (book chapter, 2021), Ilmu Lingkungan (book chapter, 2021), Metodologi Penelitian Kesehatan (book chapter, 2021), Promosi dan Perilaku Kesehatan (book chapter, 2021), Merdeka Belajar Merdeka Mengajar (book chapter, 2021), Penyakit Berbasis Lingkungan (book chapter, 2022), Kesehatan Global (book chapter, 2022).



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

dihubungi melalui email: [efbertias.sitorus35@gmail.com](mailto:efbertias.sitorus35@gmail.com)



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



**Zuli Rodhiyah** lahir di Jepara, pada 11 November 1990. lahir di Jepara (Jawa Tengah) pada tanggal 11 November 1990. Penulis menyelesaikan pendidikan sarjana pada Program Studi Biologi, Universitas Riau (UR) tahun 2013. Penulis menyelesaikan pendidikan magister pada Program Studi Magister Teknik Lingkungan, Sekolah Pascasarjana Institut Teknologi Bandung tahun 2017. Penulis bekerja sebagai Dosen tetap Non-PNS di Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Jambi tahun 2018 – Sekarang. Penulis aktif mempublikasi artikel ilmiah di Conference

internasional bereputasi seperti: Conf. Series: Materials Science and Engineering 620 (2019) 012036 (Q3) dengan judul “Analysis the Potential of Fire and Explosion at Secondary Reformer as Processing Unit in Ammonia Plant”, Jurnal International Journal Of Health Science 3 (1), 01-09 dengan judul “Evaluation Of The Implementation Of Sanitation At The Muaro Temple Tourism In 2022”. Selain itu Penulis juga aktif menulis di berbagai jurnal nasional terindeks seperti: Jurnal Dampak dengan judul “Analisis Beban Emisi Kendaraan di Gerbang Masuk Jalan-Jalan Arteri ke Kota Jambi”, Jurnal Biospecies 13 (1), 23-28 dengan judul Potensi Vegetasi Hutan Kota Dalam Reduksi Emisi Karbondioksida (CO<sub>2</sub>) di Kota Jambi, Jurnal Al-Ard Jurnal Teknik Lingkungan 8 (1), 46-55 dengan judul “Analisis Risiko Mikrobiologi Lingkungan | 427 Paparan Karbon Monoksida (CO) terhadap Pedagang Pasar Tradisional Kota Jambi”, Jurnal Jurnal Pariwisata Pesona 6 (2), 168-179 dengan judul “Analisis Jaringan Sosial Pada Aktor Pengelolaan Sampah Di Destinasi Pariwisata Kabupaten Banyuwangi” dan lainnya. Penulis juga memiliki HKI dengan Judul “Peta Sebaran Tempat Wisata di Kabupaten Muaro Jambi” dan “Peta Sebaran Tempat Penampungan Sampah Sementara di Kabupaten Muaro Jambi”. Zuli juga berkontribusi pada penulisan buku yang berjudul “Mikrobiologi Lingkungan” yang diterbitkan oleh Tohar Media tahun 2023.



**Muhammad Amin Syam** lahir di Pangkep, pada tanggal 24 Desember 1988. Ia tercatat sebagai lulusan Ilmu Geofisika Universitas Hasanuddin (S1) dan Teknik Geologi Universitas Gadjah Mada (S2). Sekarang berkarir sebagai dosen di Program Studi Teknik Geologi Universitas Mulawarman, Samarinda, Kalimantan Timur dan aktif melakukan Tri Dharma Perguruan Tinggi. Hidrologi, Hidrogeologi, dan Sistem Informasi Geografis adalah bidang yang ditekuni penulis sampai saat ini.



**Sri Murtini**, kelahiran 16 Januari 1983 di Musi Rawas, merupakan dosen aktif pada Program Study Ilmu Perikanan Fakultas Ilmu Tanaman dan Hewani Universitas Bina Insan Kota Lubuklinggau Sumatera Selatan. Penulis menyelesaikan pendidikan S1 di Universitas Riau Pekanbaru jurusan Manajemen Sumberdaya Perairan dan pendidikan Magister (S2) di IPB University Jurusan Pengelolaan Sumberdaya Perairan.

Penulis juga aktif sebagai pembina organisasi kemahasiswaan. Mata kuliah yang telah diampuh diantaranya Ekologi Perairan, Ikhtology, Ekowisata Perairan, Avertebrata Air, Pengantar Ilmu Perikanan



**Ibnu Rois** lahir di Riau, pada 9 Agustus 1985. Ia tercatat sebagai lulusan SMA Negeri 2 Sanggau (Kalbar), Poltekkes Kemenkes Yogyakarta (2009) dan Universitas Sebelas Maret (2018). Telah bekerja di Poltekkes Kemenkes Yogyakarta sejak 2010 dan saat ini menjadi dosen di Prodi D3 Sanitasi Jurusan Kesehatan lingkungan. Selain dosen juga sebagai Penanggungjawab Pelaporan Akademik (PDDIKTI) Poltekkes Kemenkes Yogyakarta sejak tahun 2019, serta menjadi pembina UKM Futsal. Sebagai dosen telah mengampu mata kuliah Penyediaan Air, Penyehatan Air, Promosi Kesehatan, Pemberdayaan

Masyarakat, Fisika Lingkungan, Sistem Informasi Kesehatan, Sistem Informasi Geografis, Biostatistik, dan Pengantar Teknologi Informasi. Hobby berolahraga khususnya sepak bola dan futsal.



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



**Rudiansyah**, Laki-laki kelahiran 27 Maret 1991 di Desa Tanjung Baru, Kabupaten Muara Enim, Provinsi Sumatera Selatan. Studi Sarjana (S-1) ditempuh pada Program Studi Budidaya Perairan Universitas Bina Insan diselesaikan pada tahun 2013. Studi Magister (S-2) ditempuh pada Program Studi Ilmu Akuakultur IPB University dan menyelesaikan studi pada tahun 2017. Penulis merupakan Dosen Tetap pada Program Studi Ilmu Perikanan Fakultas Ilmu Tanaman dan Hewanu Universitas Bina Insan yang terletak di Kota Lubuklinggau Provinsi Sumatera Selatan. Penulis aktif sebagai pembina Himpunan Mahasiswa Perikanan tingkat Program Studi dilingkungan Universitas Bina Insan. Bidang keilmuan penulis adalah Lingkungan Akuakultur dan dipercaya mengampu mata kuliah Kualitas Air, Nutrisi Ikan, dan Manajemen Kualitas Air pada Program Studi Ilmu Perikanan.



# MANAJEMEN KUALITAS AIR

Kebutuhan akan air semakin lama semakin meningkat, akibat semakin bertambahnya populasi penduduk dan kenaikan taraf hidup manusia. Oleh karena itu sumber daya air harus dilindungi agar tetap dapat dimanfaatkan dengan baik oleh manusia dan makhluk hidup lainnya. Manajemen kualitas air adalah suatu upaya yang dilakukan untuk mengontrol keberadaan air agar tercapai kualitas air pada kondisi yang diinginkan sesuai dengan peruntukannya serta untuk menjamin agar kualitas air tetap dalam kondisi alamiahnya dengan memperhatikan faktor fisika, kimia dan biologi.

Buku ini berisi materi yang dapat digunakan oleh tenaga pengajar, mahasiswa dan para pembaca lainnya untuk menambah wawasan berpikir dan ilmu yang berhubungan dengan ilmu-ilmu hidrologi secara komprehensif.

Pembahasan dalam buku ini meliputi:

- Bab 1 Pengertian Dasar Manajemen Kualitas Air
- Bab 2 Pengantar Pengelolaan Kualitas Air, Kondisi Global
- Bab 3 Pencemaran Air Di Berbagai Negara Dan Nasional
- Bab 4 Landasan Hukum Pencemaran Air Di Indonesia
- Bab 5 Konsep Dasar Penentuan Kualitas Air Sungai, Air Bersih Dan Air Minum
- Bab 6 Tata Cara Pengambilan Sampel Air
- Bab 7 Metode Perhitungan STORET
- Bab 8 Metode Perhitungan Indeks Pencemaran (IP)
- Bab 9 Dasar-Dasar Perencanaan Instalasi Pengolahan Air Bersih
- Bab 10 Parameter Kualitas Air Yang Bersifat Fisika
- Bab 11 Parameter Kualitas Air Yang Berhubungan Dengan Asam
- Bab 12 Parameter Kualitas Air Yang Berhubungan Dengan N, P, S Dan Logam Berat
- Bab 13 Parameter Biologi Kualitas Air



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

