

PENYUNTING
Dr. M. Nirwan, SKM., M.Kes



ANALISIS KUALITAS LINGKUNGAN

Asmadi | Irman Idrus | Bambang Supriyanta | Indra Purnama Iqbah | Sufiah Asri Mulyawati
Desi Aryani | Siti Rabbani Karimuna | Edy Haryanto | Ariana Sumekar | Irnawati
Novita Sekarwati | Ayu Rofia Nurfadillah | Salman

EDITOR

Niken Pujirahayu, S. Hut., MP., Ph.D
Putri Wulan, S.Si., M.Eng

ANALISIS KUALITAS LINGKUNGAN

Pengaruh pencemar lingkungan diukur dengan perubahan kualitas lingkungan, kualitas lingkungan ditetapkan pada suatu periode dan tempat tertentu. Kualitas lingkungan mengalami perubahan pada suatu periode tertentu sesuai dengan interaksi komponen lingkungan. Indeks lingkungan dapat dipakai untuk melukiskan trend atau kecenderungan kualitas lingkungan, menegaskan adanya konfisi dan masalah lingkungan yang signifikan, dan proses penggunaan data teknis dalam pengambilan keputusan oleh policy maker.

Analisis Kualitas Lingkungan merupakan kajian terhadap keadaan lingkungan yang dapat memberikan daya dukung optimal bagi kelangsungan hidup manusia pada suatu wilayah. Kualitas lingkungan dicirikan antara lain dari suasana yang membuat orang merasa betah atau kerasan tinggal ditempatnya sendiri. Lingkungan hidup yang baik dapat memungkinkan manusia dapat berkembang secara optimal, secara selaras, serasi, dan seimbang.

Buku ini disusun dengan harapan dapat menjadi bahan bacaan dan referensi bagi mahasiswa, dosen, praktisi Kesehatan dan masyarakat. Buku yang berada ditangan pembaca ini terdiri dari 13 bab yang disusun secara rinci dan terstruktur:

- Bab 1 Konsep dan Dasar-Dasar Analisis Kualitas Lingkungan
- Bab 2 Model Pengelolaan Kualitas Lingkungan
- Bab 3 Parameter Kualitas Air (Fisik, Kimiawi dan Biologis)
- Bab 4 Metode dan Teknik Sampling Parameter Air (Fisik dan Kimia)
- Bab 5 Metode Analisis Lapangan dan Laboratorium Kualitas Air (Fisik dan Kimia)
- Bab 6 Parameter Kualitas Udara
- Bab 7 Metode dan Teknik Sampling Parameter Kualitas Udara
- Bab 8 Metode Analisis Lapangan dan Laboratorium Kualitas Udara
- Bab 9 Standar Kualitas Bising
- Bab 10 Teknik dan Analisis Sampel Makanan
- Bab 11 Pemukiman
- Bab 12 Dampak Pencemaran Terhadap Lingkungan dan Kesehatan
- Bab 13 Sistem Informasi Lingkungan



eureka
media aksara
Anggota IKAPI
No. 225/JTE/2021

0858 5343 1992
eurekamediaaksara@gmail.com
Jl. Banjaran RT.20 RW.10
Bojongsari - Purbalingga 53362

ISBN 978-623-151-586-5



9 786231 515865

ANALISIS KUALITAS LINGKUNGAN

Asmadi, S.T, M.Si
apt. Irman Idrus, S.Farm., M.Kes
Bambang Supriyanta, S.Si., M.Sc
Indra Purnama Iqbah, S.Pd., M.Sc
Sufiah Asri Mulyawati, S.Si, M.Kes
Desi Aryani, AMAK., SE., M.A
Siti Rabbani Karimuna, S.KM., M.P.H
Drs. Edy Haryanto, M.Kes
Ariana Sumekar, S.KM. M.Sc
Dr. Irnawati, S.Si., M.Sc
Novita Sekarwati, S. K. M., M. Si
Ayu Rofia Nurfadillah, S.K.M, M.Kes
Salman, S.Si, M.Farm



eureka
media aksara

PENERBIT CV.EUREKA MEDIA AKSARA

ANALISIS KUALITAS LINGKUNGAN

Penulis : Asmadi, S.T, M.Si
apt. Irman Idrus, S.Farm., M.Kes
Bambang Supriyanta, S.Si., M.Sc
Indra Purnama Iqbah, S.Pd., M.Sc
Sufiah Asri Mulyawati, S.Si, M.Kes
Desi Aryani, AMAK., SE., M.A
Siti Rabbani Karimuna, S.KM., M.P.H
Drs. Edy Haryanto, M.Kes
Ariana Sumekar, S.KM. M.Sc
Dr. Irnawati, S.Si., M.Sc
Novita Sekarwati, S. K. M., M. Si
Ayu Rofia Nurfadillah, S.K.M, M.Kes
Salman, S.Si, M.Farm

Editor : Niken Pujirahayu, S. Hut., MP., Ph.D
Putri Wulan, S.Si., M.Eng

Penyunting : Dr. M. Nirwan, SKM., M.Kes

Desain Sampul : Ardyan Arya Hayuwaskita

Tata Letak : Meuthia Rahmi Ramadani

ISBN : 978-623-151-586-5

Diterbitkan oleh : **EUREKA MEDIA AKSARA, SEPTEMBER 2023**
ANGGOTA IKAPI JAWA TENGAH
NO. 225/JTE/2021

Redaksi:

Jalan Banjaran, Desa Banjaran RT 20 RW 10 Kecamatan Bojongsari
Kabupaten Purbalingga Telp. 0858-5343-1992
Surel : eurekamediaaksara@gmail.com
Cetakan Pertama : 2023

All right reserved

Hak Cipta dilindungi undang-undang

Dilarang memperbanyak atau memindahkan sebagian atau seluruh isi buku ini dalam bentuk apapun dan dengan cara apapun, termasuk memfotokopi, merekam, atau dengan teknik perekaman lainnya tanpa seizin tertulis dari penerbit.

KATA PENGANTAR

Permasalahan dan isu lingkungan hidup telah ada sejak manusia ada di bumi. Oleh sebab itu, faktor yang sangat penting dalam permasalahan lingkungan hidup adalah besarnya populasi manusia. Pertumbuhan populasi manusia telah mengakibatkan perubahan yang besar terhadap lingkungan hidup. Permasalahan lingkungan hidup menjadi besar karena adanya kemajuan teknologi. Akan tetapi yang harus diingat bahwa teknologi bukan saja dapat merusak lingkungan, melainkan diperlukan juga untuk mengatasi masalah lingkungan hidup.

Masalah lingkungan hidup yang menonjol antara lain: kerusakan hutan dan lahan, pencemaran air, tanah dan udara, masalah urban, kerusakan dan pencemaran laut dan pesisir, dampak lingkungan global. Lingkungan hidup dengan Kualitas yang baik menjadi harapan bagi semua orang didunia. Kualitas adalah isi dari sebuah obyek yang mempunyai nilai dan dapat diukur.

Pengaruh pencemar lingkungan diukur dengan perubahan kualitas lingkungan, kualitas lingkungan ditetapkan pada suatu periode dan tempat tertentu. Kualitas lingkungan mengalami perubahan pada suatu periode tertentu sesuai dengan interaksi komponen lingkungan. Indeks lingkungan dapat dipakai untuk melukiskan trend atau kecenderungan kualitas lingkungan, menegaskan adanya kondisi dan masalah lingkungan yang signifikan, dan proses penggunaan data teknis dalam pengambilan keputusan oleh *policy maker*.

Analisis Kualitas Lingkungan merupakan kajian terhadap keadaan lingkungan yang dapat memberikan daya dukung optimal bagi kelangsungan hidup manusia pada suatu wilayah. Kualitas lingkungan dicirikan antara lain dari suasana yang membuat orang merasa betah atau kerasan tinggal ditempatnya sendiri. Lingkungan hidup yang baik dapat memungkinkan manusia dapat berkembang secara optimal, secara selaras, serasi, dan seimbang.

Buku ini disusun dengan harapan dapat menjadi bahan bacaan dan referensi bagi mahasiswa, dosen, praktisi Kesehatan dan masyarakat. Buku yang berada ditangan pembaca ini terdiri dari 13 bab yang disusun secara rinci dan terstruktur:

- Bab 1 Konsep dan Dasar-Dasar Analisis Kualitas Lingkungan
- Bab 2 Model Pengelolaan Kualitas Lingkungan
- Bab 3 Parameter Kualitas Air (Fisik, Kimiawi dan Biologis)
- Bab 4 Metode dan Teknik Sampling Parameter Air (Fisik dan Kimia)
- Bab 5 Metode Analisis Lapangan dan Laboratorium Kualitas Air (Fisik dan Kimia)
- Bab 6 Parameter Kualitas Udara
- Bab 7 Metode dan Teknik Sampling Parameter Kualitas Udara
- Bab 8 Metode Analisis Lapangan dan Laboratorium Kualitas Udara
- Bab 9 Standar Kualitas Bising
- Bab 10 Teknik dan Analisis Sampel Makanan
- Bab 11 Pemukiman
- Bab 12 Dampak Pencemaran Terhadap Lingkungan dan Kesehatan
- Bab 13 Sistem Informasi Lingkungan

Buku ini disusun bukan sebagai karya yang sempurna, selalu ada kekurangan yang mungkin tidak disengaja atau karena perkembangan ilmu pengetahuan yang belum penulis ketahui. Masukan dan saran yang membangun sangat kami harapkan demi sempurnanya buku ini.

Akhirnya Penulis ucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah mendukung dalam penyelesaian buku ini. Semoga buku ini dapat bermanfaat dan selamat membaca.

Pontianak, September 2023

Tim Penyusun

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR.....	iv
DAFTAR ISI.....	vi
BAB 1 KONSEP DAN DASAR-DASAR ANALISIS KUALITAS LINGKUNGAN.....	1
A. Pendahuluan.....	1
B. Pengertian Analisis Kualitas Lingkungan.....	4
C. Tujuan dan Manfaat Analisis Kualitas Lingkungan....	7
D. Istilah-Istilah dalam Analisis Kualitas Lingkungan	8
DAFTAR PUSTAKA.....	15
BAB 2 MODEL PENGELOLAAN KUALITAS LINGKUNGAN.....	16
A. Pendahuluan.....	16
B. Perencanaan Pengelolaan Lingkungan.....	18
C. Sistem Penjaminan dan Pengendalian Kualitas Lingkungan.....	20
D. Sistem Manajemen Lingkungan.....	22
E. Konsep Pengelolaan Kualitas lingkungan.....	23
DAFTAR PUSTAKA.....	28
BAB 3 PARAMETER KUALITAS AIR (FISIK, KIMIAWI DAN BIOLOGIS).....	31
A. Parameter Fisik	31
B. Parameter Kimiawi.....	36
C. Parameter Biologis.....	66
DAFTAR PUSTAKA.....	72
BAB 4 METODE DAN TEKNIK SAMPLING PARAMETER AIR (FISIK DAN KIMIA).....	74
A. Pendahuluan.....	74
B. Metode Sampling Parameter Air.....	74
C. Teknik Sampling Parameter Air.....	81
D. Kesimpulan	86
DAFTAR PUSTAKA.....	88
BAB 5 METODE ANALISIS LAPANGAN DAN LABORATORIUM KUALITAS AIR (FISIK DAN KIMIA)	89
A. Pendahuluan.....	89

	B. Metode Analisis Lapangan.....	90
	C. Metode Analisis Laboratorium.....	93
	D. Interpretasi Hasil Analisis	97
	DAFTAR PUSTAKA	102
BAB 6	PARAMETER KUALITAS UDARA	104
	A. Pendahuluan.....	104
	B. Latar Belakang.....	104
	C. Pengertian.....	106
	D. Tujuan	108
	E. Parameter Kualitas Udara	108
	DAFTAR PUSTAKA	116
BAB 7	METODE DAN TEKNIK SAMPLING PARAMETER KUALITAS UDARA	118
	A. Pendahuluan.....	118
	B. Kualitas Udara.....	119
	C. Pencemaran Udara.....	120
	D. Parameter Kualitas Udara	122
	E. Metode Sampling Kualitas Udara	124
	F. Metode Pengukuran Zat Pencemar di Udara	125
	DAFTAR PUSTAKA	131
BAB 8	METODE ANALISIS LAPANGAN DAN LABORATORIUM KUALITAS UDARA.....	133
	A. Metode Pengambilan Sampel Udara.....	134
	B. Teknik Pengambilan Sampel Udara yang Digunakan oleh PPC Udara	135
	C. Laboratorium Kualitas Udara	136
	D. Daftar Perlengkapan yang Digunakan untuk Analisis Laboratorium Kualitas Udara	138
	E. Kualitas Udara ISPU	139
	DAFTAR PUSTAKA	142
BAB 9	STANDAR KUALITAS BISING	144
	A. Pendahuluan.....	144
	B. Pengertian Kebisingan.....	146
	C. Sumber Kebisingan.....	147
	D. Macam-Macam Kebisingan.....	149
	E. Standar Kualitas Kebisingan	150
	F. Pengukuran Kebisingan	152

	G. Gangguang Kebisingan Terhadap Kesehatan.....	155
	H. Pengendalian Kebisingan	157
	DAFTAR PUSTAKA.....	160
BAB 10	TEKNIK DAN ANALISIS SAMPEL MAKANAN.....	162
	A. Pendahuluan.....	162
	B. Sampling dan Penyiapan Sampel.....	163
	C. Teknik dan Metode Analisis Makanan.....	166
	DAFTAR PUSTAKA.....	172
BAB 11	PEMUKIMAN	174
	A. Pendahuluan.....	174
	B. Dasar Peraturan yang Berkaitan dengan Pemukiman	175
	C. Tujuan Ruang Lingkup Pemukiman	176
	D. Persyaratan Kesehatan Pemukiman	177
	E. Upaya Penyehatan Komponen Pemukiman	185
	DAFTAR PUSTAKA.....	187
BAB 12	DAMPAK PENCEMARAN TERHADAP LINGKUNGAN DAN KESEHATAN	188
	A. Pendahuluan.....	188
	B. Pencemaran Lingkungan	188
	C. Jenis-Jenis Pencemaran Lingkungan.....	191
	D. Dampak Pencemaran Terhadap Kesehatan Manusia	201
	DAFTAR PUSTAKA.....	206
BAB 13	SISTEM INFORMASI LINGKUNGAN	210
	A. Pendahuluan.....	210
	B. Apa itu Sistem Informasi Lingkungan?	211
	C. Komponen Sistem Informasi Lingkungan	212
	D. Manfaat dan Pentingnya Sistem Informasi Lingkungan.....	214
	E. Fungsi Utama Environmental Information System.....	216
	DAFTAR PUSTAKA.....	227
	TENTANG PENULIS.....	229

BAB 1

KONSEP DAN DASAR- DASAR ANALISIS KUALITAS LINGKUNGAN

Asmadi, S.T, M.Si.

A. Pendahuluan

Topik pembicaraan dunia saat ini yaitu bahwa telah terjadi berbagai isu kerusakan lingkungan hidup baik pada ekosistem darat atau hutan, air tawar atau danau, pertanian, dan sosial. mereka menghitung jumlah dan kualitas kerusakan lingkungan yang dibuat oleh manusia sudah melampaui jumlah dan kualitas yang dibuat oleh alam itu sendiri.

Pembangunan di dunia dan termasuk Indonesia saat ini semakin hari semakin pesat. Pesatnya laju pembangunan ini menimbulkan dampak negatif yang tidak dapat dihindarkan terhadap kualitas lingkungan. Dampak suatu kegiatan terhadap keseimbangan lingkungan memang merupakan suatu hal yang sulit dihilangkan sepenuhnya. Satu-satunya upaya yang dapat dilakukan adalah meminimumkan pengaruh yang mungkin muncul (Agung Kurniawan, 2019)

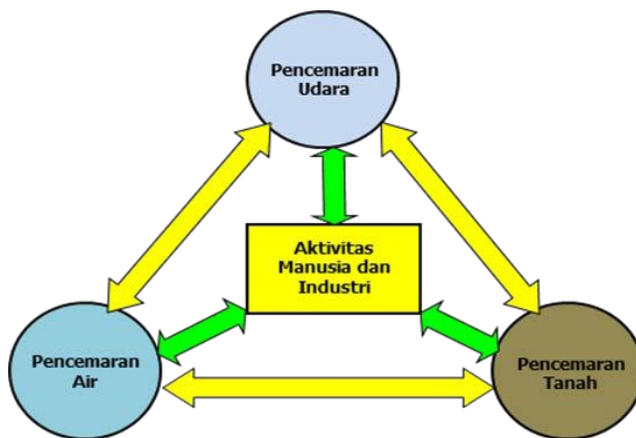
Permasalahan dan isu lingkungan hidup telah ada sejak manusia ada di bumi. Oleh sebab itu, faktor yang sangat penting dalam permasalahan lingkungan hidup adalah besarnya populasi manusia. Pertumbuhan populasi manusia yang cepat menyebabkan kebutuhan akan pangan, bahan bakar, tempat pemukiman, dan lain kebutuhan serta limbah domestik juga bertambah dengan cepat.

Pertumbuhan populasi manusia telah mengakibatkan perubahan yang besar terhadap lingkungan hidup. Permasalahan lingkungan hidup menjadi besar karena adanya

kemajuan teknologi. Akan tetapi yang harus diingat bahwa teknologi bukan saja dapat merusak lingkungan, melainkan diperlukan juga untuk mengatasi masalah lingkungan hidup.

Masalah lingkungan hidup yang menonjol antara lain: perusakan hutan dan lahan, pencemaran air, tanah dan udara, masalah urban, perusakan dan pencemaran laut dan pesisir, dampak lingkungan global. Lingkungan hidup dengan Kualitas yang baik menjadi harapan bagi semua orang didunia. Kualitas adalah isi dari sebuah objek yang mempunyai nilai dan dapat diukur.

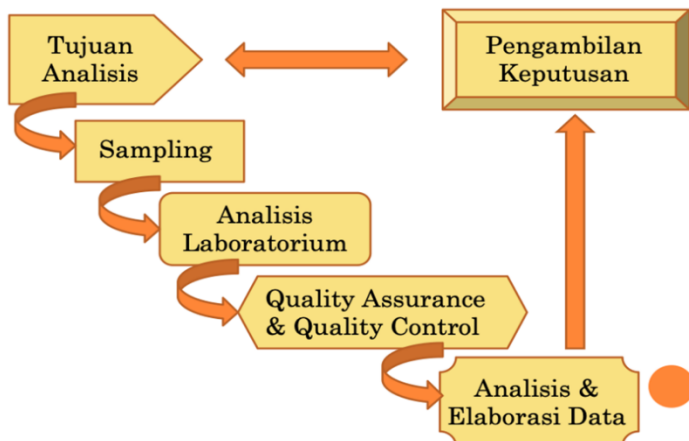
Isu lingkungan hidup yang beredar antara lain pencemaran udara dan kerusakan atmosfer, kebutuhan air dan pencemaran air, kerusakan dan pencemaran pesisir laut, kemerosotan keanekaragaman hayati, kebutuhan dan diversifikasi energi, limbah domestik, bahan berbahaya dan beracun (B3) dan limbah B3. Pencemaran lingkungan terjadi bila daur materi dalam lingkungan hidup mengalami perubahan, sehingga keseimbangan dalam hal struktur maupun fungsinya terganggu. Ketidak seimbangan struktur dan fungsi daur materi terjadi karena proses alamiah atau juga perbuatan manusia.



Gambar 1.1. Trilateral Pencemaran Lingkungan Hidup (Reda Rizal, 2017)

Gambar di atas, menjelaskan analisis kasus pencemaran lingkungan hidup oleh sumber pencemar yang berasal dari segala bentuk aktivitas kegiatan manusia termasuk kegiatan manusia yang menyebabkan terjadinya pencemaran Lingkungan. Pengaruh pencemar lingkungan diukur dengan perubahan kualitas lingkungan, kualitas lingkungan ditetapkan pada suatu periode dan tempat tertentu.

Pengaruh pencemar lingkungan diukur dengan perubahan kualitas lingkungan, kualitas lingkungan ditetapkan pada suatu periode dan tempat tertentu. Kualitas lingkungan mengalami perubahan pada suatu periode tertentu sesuai dengan interaksi komponen lingkungan. Penentuan apakah suatu masalah lingkungan akan menjadi lebih baik atau menjadi lebih buruk makan Indeks memegang peranan komunikasi yang sangat penting. Indeks lingkungan dapat dipakai untuk melukiskan trend atau kecenderungan kualitas lingkungan, menegaskan adanya kondisi dan masalah lingkungan yang signifikan, dan proses penggunaan data teknis dalam pengambilan keputusan oleh *policy maker*.



Gambar 1.2. Desain Analisis Pencemaran Lingkungan (Sumber; Kusumaningtiar.D.A, 2020)

Analisis Kualitas Lingkungan antara lain terjadinya degradasi kualitas air. Sumber daya air yang strategis dan banyak dimanfaatkan untuk berbagai aktivitas adalah air

sungai. Air sungai merupakan sumber daya alam yang potensial menerima beban pencemaran limbah kegiatan manusia. Akibatnya kualitas dan kuantitas air menjadi berkurang (Effendi, 2003).

Analisis Kualitas Lingkungan antara lain terjadinya degradasi kualitas air. Analisis diperlukan untuk mengetahui kualitas air baku. Hal ini menjadi sangat penting karena kualitas air yang tidak sesuai dengan persyaratan dapat menimbulkan gangguan kesehatan pada manusia dan makhluk hidup lainnya baik secara langsung maupun tidak langsung. Selain itu, dengan menganalisis kualitas air baku maka dapat ditentukan rangkaian jenis pengolahan yang dibutuhkan untuk menghasilkan keluaran air sesuai dengan ketentuan dan baku mutu yang berlaku.

Hasil analisis yang digunakan adalah pada saat keadaan maksimum, karena biasanya keadaan sungai sepanjang tahun berbeda-beda sehingga untuk memaksimalkan pengolahan agar air hasil pengolahan tetap dapat memenuhi syarat berlaku maka perlu dilakukan pengolahan dengan beban maksimum sehingga pada saat keadaan rata-rata dan minimum tidak perlu peningkatan efisiensi lagi.

Dalam menganalisis kualitas air baku sungai dapat digunakan beberapa standar sebagai pedoman parameter air minum. Tujuan dari penggunaan standar ini adalah untuk mengetahui parameter yang harus diperbaiki ataupun dikurangi konsentrasinya. Analisis diperlukan untuk mengetahui kualitas air baku, standar yang (Baku Mutu) dapat digunakan saat ini adalah: Peraturan Menteri Kesehatan Nomor 2 Tahun 2023, Tentang Peraturan Pelaksanaan Peraturan Pemerintah Nomor 66 Tahun 2014 Tentang Kesehatan Lingkungan.

B. Pengertian Analisis Kualitas Lingkungan

Analisa atau analisis (*analyze*) menurut Kamus bahasa Indonesia adalah kegiatan atau proses penyelidikan terhadap suatu keadaan, kondisi, peristiwa yang terjadi atau yang akan terjadi untuk mengetahui keadaan, kondisi, peristiwa

sebenarnya (baik sebab maupun akibat). Sehingga dengan melakukan suatu analisis, maka yang melakukan analisis dapat menguraikan pokok permasalahan yang akan menimbulkan berbagai kemungkinan yang akan terjadi, dan memberikan solusi untuk memecahkan persoalan lingkungan hidup yang terjadi. (Syafraan Arrazy, 2020)

Kualitas adalah isi dari sebuah objek yang mempunyai nilai dan dapat diukur, atau bisa juga istilah kualitas ini diartikan mutu, yaitu kesesuaian antara suatu kondisi keadaan yang ada (*existing conditions*) dengan kondisi keadaan yang diinginkan atau kondisi yang diharapkan oleh pihak yang berkepentingan.

Kualitas lingkungan hidup adalah kondisi dan keadaan unsur-unsur atau komponen-komponen lingkungan hidup, baik komponen biotik maupun komponen abiotik yang sesuai dengan spesifikasi yang diinginkan dan atau sesuai dengan standar mutu lingkungan. (Syafraan Arrazy, 2020)

Analisis Kualitas Lingkungan merupakan kajian terhadap keadaan lingkungan yang dapat memberikan daya dukung optimal bagi kelangsungan hidup manusia pada suatu wilayah (Suryani, 2018). Kualitas lingkungan dicirikan antara lain dari suasana yang membuat orang merasa betah atau kerasan tinggal di tempatnya sendiri. Lingkungan hidup yang baik dapat memungkinkan manusia dapat berkembang secara optimal, secara selaras, serasi, dan seimbang.

Menurut Agung Kurniawan (2019) Analisis Kualitas Lingkungan adalah kegiatan untuk menentukan apakah suatu hal terkait lingkungan dan ekologi dalam keadaan baik atau tidak dan juga dampak apa saja yang ditimbulkan terhadap lingkungan dan ekologi serta makhluk hidup di dalamnya. Subjek yang dianalisis bisa bermacam-macam, misal: kualitas air, tanah, udara, bangunan, tanaman, dan sebagainya.

Analisis kualitas lingkungan adalah kegiatan untuk menentukan suatu hal terkait lingkungan dan ekologi dalam keadaan baik atau tidak atau dampak apa yang akan

ditimbulkan terhadap lingkungan atau ekologi serta makhluk hidup didalamnya (Agung Kurniawan, 2019)

Standar Mutu Lingkungan atau Baku Mutu Lingkungan adalah tingkat bahan pencemaran yang diperkenankan di udara, air, makanan, dan sumber daya tanah. Kegunaan dari Baku Mutu Lingkungan yaitu sebagai alat evaluasi bagi badan-badan yang berwenang atas mutu lingkungan suatu daerah atau kompartemen tertentu, sebagai alat penataan hukum administratif bagi pihak-pihak yang berkaitan dengan pengelolaan lingkungan hidup, berguna bagi pelaksanaan amdal, sebagai alat control, berguna sebagai penentu apakah terjadi pelanggaran hukum pidana. Penetapan nilai ambang batas merupakan keputusan politik yang terletak ditangan penguasa dengan syarat jika sudah tercapai batas gangguan yang kadarnya tidak dapat dipertanggung jawabkan, maka batas bahaya dalam keadaan bagaimanapun tidak boleh dilampaui.

Indeks kualitas lingkungan diartikan sebagai penentuan apakah suatu masalah lingkungan akan menjadi lebih “baik” atau menjadi lebih “buruk”. Indeks kualitas lingkungan dimanfaatkan untuk mengukur keberhasilan program-program pengelolaan lingkungan dan memiliki tujuan yaitu memberikan informasi kepada para pengambil keputusan di tingkat pusat dan daerah dan sebagai bentuk pertanggungjawaban kepada publik. Konsep IKLH mengambil tiga indikator kualitas lingkungan yaitu kualitas air sungai, kualitas udara, dan kualitas tanah.

Kualitas air seringkali menjadi ukuran standar terhadap kondisi kesehatan ekosistem air dan kesehatan manusia terhadap air minum. Berbagai lembaga negara di dunia bersandar kepada data ilmiah dan keputusan politik dalam menentukan standar kualitas air yang diizinkan untuk keperluan tertentu. Kondisi air bervariasi seiring waktu tergantung pada kondisi lingkungan setempat. Air terikat erat dengan kondisi ekologi setempat sehingga kualitas air termasuk suatu subjek yang sangat kompleks dalam ilmu lingkungan.

Aktivitas industri seperti manufaktur, pertambangan, konstruksi, dan transportasi merupakan penyebab utama pencemaran air, juga limpasan permukaan dari pertanian dan perkotaan.

Analisis kualitas air adalah suatu kajian terhadap ukuran kondisi air dilihat dari karakteristik fisik, kimiawi, dan biologisnya. Kualitas air juga menunjukkan ukuran kondisi air relatif terhadap kebutuhan biota air dan manusia. (Muhammad Ikhtiar, 2017)

C. Tujuan dan Manfaat Analisis Kualitas Lingkungan

Berdasarkan latar belakang dan pengertian analisis kualitas lingkungan, maka tujuan dan manfaat dari analisis kualitas lingkungan antara lain sebagai berikut: (Agung Kurniawan, 2019)

1. Tujuan

- a. Memperoleh keselamatan hubungan antara manusia dan lingkungan
- b. Melindungi lingkungan terhadap dampak dari setiap perilaku yang dapat menyebabkan kerusakan dan pencemaran lingkungan
- c. Memberikan informasi kepada para pengambil keputusan di tingkat pusat dan daerah
- d. Memperoleh informasi tentang besarnya masalah yang ada dan langkah-langkah pengendaliannya
- e. Menentukan besar kecilnya masalah, untuk meningkatkan kewaspadaan terhadap penyakit yang berkaitan dengan lingkungan.
- f. Diperolehnya informasi tentang kinerja program.

2. Manfaat

a. Manfaat Analisis Kualitas Lingkungan pada Air:

- 1) Memenuhi kebutuhan cairan dalam tubuh. Air merupakan komposisi utama dalam tubuh
- 2) Menjaga kesehatan dan kebugaran tubuh
- 3) Membersihkan badan

- 4) Menjaga ekosistem lingkungan
- 5) Penyuplai energi

b. Manfaat Analisis Kualitas Lingkungan pada udara:

- 1) Udara yang bersih dapat meningkatkan sistem kekebalan tubuh
- 2) Udara bisa menentukan klasifikasi iklim, cuaca ataupun musim pada suatu tempat
- 3) Pada udara terdapat oksigen yang bermanfaat untuk bernafas
- 4) Berpengaruh terhadap kinerja jantung makhluk hidup

c. Manfaat Analisis Kualitas Lingkungan pada Tanah:

- 1) Menopang aktivitas biologi, keanekaragaman, dan produktivitas
- 2) Mengatur dan memisahkan air dari larutan
- 3) Menyaring, menyangga, mendegradasi, imobilisasi dan mendetoksifikasi bahan-bahan organik dan anorganik, termasuk hasil samping industri serta endapan atmosfer
- 4) Menyimpan dan mendaur hara dan unsur-unsur lain dalam biosfer bumi
- 5) Penyediaan unsur hara untuk tumbuhan
- 6) Penyediaan makanan untuk biota tanah
- 7) Sebagai habitat hidup dan melakukan kegiatan

D. Istilah-Istilah dalam Analisis Kualitas Lingkungan

Kualitas lingkungan hidup adalah kondisi dan keadaan unsur-unsur atau komponen-komponen lingkungan hidup, baik komponen biotik maupun komponen abiotik yang sesuai dengan spesifikasi yang diinginkan dan atau sesuai dengan standar mutu lingkungan.

Kualitas lingkungan mengalami perubahan pada suatu periode tertentu sesuai dengan interaksi komponen lingkungan. Penentuan apakah suatu masalah lingkungan akan menjadi lebih baik atau menjadi lebih buruk makan, Indeks memegang peranan komunikasi yang sangat penting. Indeks lingkungan dapat dipakai untuk melukiskan trend atau kecenderungan

kualitas lingkungan, menegaskan adanya kondisi dan masalah lingkungan yang signifikan, dan proses penggunaan data teknis dalam pengambilan keputusan oleh *policy maker*.

Kualitas lingkungan hidup dibedakan berdasarkan biofisik, sosial ekonomi, dan budaya yaitu :

1. Lingkungan biofisik adalah lingkungan yang terdiri dari komponen biotik dan komponen abiotik yang berhubungan dan saling mempengaruhi satu sama lain. Kualitas lingkungan biofisik dikatakan baik jika interaksi antara komponen berlangsung seimbang.
2. Lingkungan sosial ekonomi adalah lingkungan manusia dalam hubungan dengan sesamanya dalam memenuhi kebutuhan hidupnya. Standar kualitas lingkungan sosial ekonomi dikatakan baik jika kehidupan manusia cukup sandang, pangan, papan, pendidikan dan kebutuhan lainnya.
3. Lingkungan budaya adalah segala kondisi baik berupa materi (benda) maupun non materi yang dihasilkan oleh manusia melalui aktivitas dan kreativitasnya. Lingkungan budaya dapat berupa bangunan, peralatan pakaian, senjata. Dan juga termasuk non materi seperti nilai, norma, adat istiadat, kesenian, sistem politik dsb. Standar kualitas lingkungan diartikan baik jika di lingkungan tersebut dapat memberikan rasa aman, sejahtera bagi semua anggota masyarakat dalam menjalankan dan mengembangkannya.

Ada beberapa istilah-istilah dalam analisis kualitas lingkungan yang perlu kita ketahui yaitu sebagai berikut:

Tabel 1.1. Istilah dalam Analisis Kualitas Lingkungan

Istilah	Definisi
Parameter	Kuantitas lingkungan yang diukur
Polutan	Kuantitas fisik, kimia, atau biologi sebagai ukuran polusi lingkungan Contoh: konsentrasi SO ₂ di atmosfer, pH air sungai
Analisis	Penyelidikan terhadap suatu peristiwa (karangan, perbuatan, dan lainnya) untuk mengetahui keadaan yang sebenarnya

Istilah	Definisi
	(sebab musabab, duduk perkara, dan sebagainya). (KBBI, 2016)
Kualitas lingkungan	Kualitas lingkungan hidup adalah kondisi dan keadaan unsur-unsur atau komponen-komponen lingkungan hidup, baik komponen biotik maupun komponen abiotik yang sesuai dengan spesifikasi yang diinginkan dan atau sesuai dengan standar mutu lingkungan.
Indikator Lingkungan	Kuantitas tunggal yang berasal dari satu variabel polutan dan digunakan untuk menggambarkan beberapa atribut lingkungan
Indek Lingkungan	Angka tunggal yang berasal dari dua atau lebih Indikator
Profil Kualitas Lingkungan	Jumlah indikator yang ada pada saat yang sama untuk menghasilkan gambaran kondisi lingkungan (tetapi tidak digabungkan) menghasilkan gambaran kondisi lingkungan (tetapi tidak digabungkan) untuk menghasilkan gambaran kondisi lingkungan (tetapi tidak digabungkan)
Pencemaran Lingkungan	Masuk atau dimasukkannya makhluk hidup, zat, energi, dan/atau komponen lain ke dalam lingkungan hidup oleh kegiatan manusia sehingga melampaui baku mutu lingkungan hidup yang telah ditetapkan yang dapat merusak lingkungan tersebut (UU RI No. 32 tahun 2009)
Baku Mutu Lingkungan (BML)	Baku mutu lingkungan hidup diartikan sebagai ukuran batas atau kadar makhluk hidup, zat, energi, atau komponen yang ada atau harus ada dan/atau unsur pencemar

Istilah	Definisi
	yang ditenggang keberadaannya dalam suatu sumber daya tertentu sebagai unsur lingkungan hidup. Baku Mutu Lingkungan (<i>Environmental Quality Standard</i>), atau biasa disingkat dengan BML, berfungsi sebagai suatu tolok ukur untuk mengetahui apakah telah terjadi kerusakan atau pencemaran lingkungan (Siahaan, 2004:288).
Nilai Ambang Batas (NAB)	batas tertinggi (maksimum) dan terendah (minimum) dari kandungan zat-zat, makhluk hidup atau komponen-komponen lain yang diperbolehkan dalam setiap interaksi yang berkenaan dengan lingkungan, khususnya yang berpotensi mempengaruhi mutu tata lingkungan hidup atau ekologi (Siahaan, 2004:288)
<i>Threshold Limit Values</i> (TLV) atau Nilai Ambang Batas	Besarnya konsentrasi suatu bahan kimia di udara yang diijinkan memapar manusia secara kontinyu, tanpa menyebabkan efek samping yang merugikan bagi tubuh (Sumarna, Dkk, 2018:9)

Beberapa metode yang akan digunakan dalam menganalisis kualitas lingkungan hidup dalam buku ini antara lain menggunakan metode: (Reda Rizal, 2017)

1. Metode Analisis Metabolisme Kegiatan.

Metode analisis metabolisme kegiatan akan membahas aspek siklus material input, proses, output dan entropi suatu kegiatan yang berdampak negatif terhadap kualitas kehidupan masyarakat dan kualitas lingkungan.

2. Metode Analisis Entropy.

Kualitas lingkungan hidup dapat dinilai dari kerugian-kerugian yang terjadi ditimbulkan oleh suatu aktivitas kegiatan kehidupan masyarakat. Kerugian-kerugian yang

timbul dari suatu kegiatan merupakan kerugian dalam bentuk energy yang dilepas ke lingkungan disebut sebagai entropy. Entropy menurut hukum alam atau hukum termodinamika II adalah; bahwa peristiwa transformasi energi tidak pernah berlangsung sempurna 100%, tetapi pasti terdapat *energy-lost* sebagai *entropy* yang hilang diserap oleh alam.

3. Metode Analisis Kuantitatif-Matematik.

Metode analisis kuantitatif yang dapat diterapkan dalam menganalisis dan menilai kualitas lingkungan hidup dapat menggunakan model matematika maupun model statistika.

Metode analisis kuantitatif-matematik yang digunakan untuk memperkirakan dampak penurunan kualitas udara (konsentrasi polutan atau bahan pencemar udara) dari pengaruh kegiatan lalu lintas kendaraan bermotor di jalan raya.

4. Metode Analisis Kualitatif.

Analisis kualitatif adalah analisis yang menggunakan data kualitatif seperti “persepsi dan pendapat manusia atau masyarakat” dalam menilai kondisi suatu lingkungan dengan kalimat jawaban; bagus, baik, rusak, buruk, bau, kotor lestari, memuaskan, cantik, dan lain sebagainya.

Analisis kualitatif umumnya menghasilkan data atau informasi kualitas lingkungan hidup yang bersifat “subyektif” yang belum tentu penilaiannya sama antara suatu masyarakat dengan masyarakat yang lainnya. metode analisis kualitatif yang dapat digunakan pada saat melakukan penelitian lingkungan adalah metode analisis kualitatif.

5. Metode Analisis Kausal.

Analisis kausal adalah analisis sebab-akibat (*cause-effect analyze*) dari suatu peristiwa yang berdampak negatif terhadap kesehatan masyarakat dan lingkungan hidup. analisis terhadap keadaan kualitas lingkungan kehidupan

dapat kita lakukan menggunakan pendekatan sebab dan akibat. metode analisis lingkungan sebab-akibat dapat dilakukan menggunakan sebuah matrik sebab akibat dan atau menggunakan bagan tulang ikan (*fishbone analysis*).

6. Metode Analisis Daya Dukung dan Daya Tampung Lingkungan.

Analisis Daya dukung (*carrying capacity*) adalah ukuran maksimum populasi jenis tertentu yang dapat disangga oleh suatu wilayah tanpa mengurangi kemampuannya dalam menyangga populasi jenis yang sama pada masa yang akan datang (Cohen 1996).

7. Metode Analisis Tematik.

Analisis tematik adalah analisa terhadap kualitas lingkungan wilayah tertentu menggunakan tema-tema yang pernah dibahas atau diteliti oleh pihak lain. Data yang digunakan merupakan data sekunder, contoh; melakukan analisis berdasarkan tema (*theme*) yang dibahas pada berbagai kasus pencemaran lingkungan terkait dengan masalah pokok yang akan dianalisis.

8. Metode Analisis Laboratorium dan Baku Mutu Lingkungan.

Kualitas lingkungan hidup wilayah tertentu dapat diindikasikan oleh kualitas air bersih, kualitas air tanah, kualitas air drainase, kualitas udara ambien, kualitas biologi lingkungan dan lain sebagainya. Analisis kualitas lingkungan dapat dilakukan dengan mengambil sampel kualitas air tersebut untuk kemudian diuji di laboratorium lingkungan (laboratorium terakreditasi). Parameter yang terukur pada hasil uji laboratorium dibandingkan dengan baku mutu kualitas air yang sesuai dengan peruntukannya.

9. Metode Penilaian Oleh Para Ahli atau Pakar Disiplin Ilmu Tertentu.

Metode analisis kualitas lingkungan dengan meminta pendapat para ahli dibidangnya masing-masing terkait dengan isu pokok lingkungan hidup yang sedang dikaji. Metode ini digunakan untuk memprakirakan dampak

lingkungan yang akan terjadi berdasarkan atas pendapat para Pakar (para ahli dari berbagai disiplin ilmu) terhadap pengalamannya pada kegiatan yang sejenis atau kasus tematik sesuai bidang keahlian para pakar. Pada penggunaan metode penilaian oleh para ahli ini dilakukan untuk memprakiraan dampak yang akan terjadi dari suatu kegiatan terhadap parameter kualitas lingkungan hidup.

10. Metode Analogi

Metode analisis analogi merupakan suatu pendekatan analisis yang dilakukan terhadap parameter-parameter yang belum ada baku mutunya. Baku mutu lingkungan adalah suatu standar atau batas-batas toleransi penetapan status mutu lingkungan pada parameter tertentu, apakah lingkungan hidup berstatus kualitas baik atau berkualitas buruk.

11. Metode Analisis Ekoefisiensi.

Ekoefisiensi adalah efisiensi penggunaan sumber daya alam secara ekonomi dan secara ekologi oleh kegiatan industri. Kegiatan "Rumah Sakit" dapat dipandang sebagai sebuah industri karena dalam prakteknya, output yang dihasilkan oleh sebuah Rumah Sakit adalah "Manusia Sehat". Ekoefisiensi merupakan daya guna yang dihitung dari perbandingan antara nilai *output* dan *input* dalam satuan persen (perbandingan berupa materi atau energi). Ekoefisiensi juga dapat berarti daya guna materi dan energi sebagai sumber daya yang digunakan pada proses penyehatan manusia (orang sakit) adalah menggunakan rumus matematis dinyatakan sebagai

$$\text{"ekoefisiensi"} = 1 - \text{entropi}$$

DAFTAR PUSTAKA

- Agung Kurniawan., 2019., *Dasar-Dasar Analisis Kualitas Lingkungan.*, Malang., Wineka Media
- KBBI., 2016., *Kamus Besar Bahasa Indonesia (KBBI).*, PT Raja Grafindo Persada, Jakarta.
- Kusumaningtiar.D.A, 2020., *Analisis Kualitas Lingkungan.*, Fakultas Ilmu-Ilmu Kesehatan Prodi Kesehatan Masyarakat., Universitas Esa Unggul.
- Muhammad Ikhtiar., 2017, *Analisis Kualitas Lingkungan*, CV. Social Politic Genius (SIGn) Makassar
- Pemerintah Indonesia., 2009., *Undang Undang Republik Indonesia No 32 Tahun 2009 Tentang Perlindungan Dan Pengelolaan Lingkungan Hidup.*
- Peraturan Menteri Kesehatan Nomor 2 Tahun 2023, Tentang Peraturan Pelaksanaan Peraturan Pemerintah Nomor 66 Tahun 2014 Tentang Kesehatan Lingkungan.
- Rizal, Reda. 2017. *Analisis Kualitas Lingkungan*. Jakarta :
- Siahaan, N. H. T. 2004. *Hukum Lingkungan dan Ekologi Pembangunan*. Jakarta: Erlangga.
- Sumarna, Umar, dkk. 2018. *Bahaya Kerja Serta Faktor-faktor yang Mempengaruhinya*. Yogyakarta: Deepublish
- Suryani, Anih Sri., 2018., *Pengaruh Kualitas Lingkungan Terhadap Pemenuhan Kebutuhan Dasar di Provinsi Banten. Jurnal Masalah-masalah Sosial*, 9 (1) : 35-63.
- Syafran Arrazy., 2020., *Bahan Ajar Analisis Kualitas Lingkungan.*, Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Islam Negeri Medan Sumatera Utara

BAB

2

MODEL PENGELOLAAN KUALITAS LINGKUNGAN

apt. Irman Idrus, S.Farm., M.Kes.

A. Pendahuluan

Menjalani hidup sehat dan bahagia juga dapat dipengaruhi oleh "lingkungan yang berkualitas". Seperti yang kita ketahui bersama bahwa, lingkungan mengandung banyak komponen kompleks yang saling berhubungan dan setiap komponen memiliki parameter yang berbeda-beda (Tukiran, 2020).

Salah satu perubahan tersebut mempengaruhi kualitas lingkungan. Kualitas lingkungan secara keseluruhan hanya dapat dipahami dan diukur jika pentingnya setiap komponen dipahami. Jadi setiap komponen sama pentingnya terhadap lingkungan secara keseluruhan (Indrasari, 2017).

Pembahasan ini menarik perhatian kita tentang pentingnya memiliki pandangan holistik dan objektif tentang isu-isu yang berkaitan dengan perlindungan dan peningkatan integritas lingkungan, dan mengeksplorasi pendekatan individu dan kolektif baru untuk memecahkan masalah lingkungan. Kami berharap tulisan ini terinformasi dengan baik, dan terinspirasi untuk berkontribusi dalam membangun lingkungan yang berkualitas (Christine Daymon, 2008).

Pada bab ini akan membahas berbagai parameter komponen lingkungan, penentuan kualitas lingkungan; garis besar standar dan kriteria pengukuran kualitas dari komponen lingkungan yang berbeda; menjelaskan pentingnya perencanaan, penilaian dampak, audit, dan penilaian siklus

hidup dalam pengelolaan kualitas lingkungan; membahas berbagai mekanisme penjaminan dan pengendalian mutu; dan membahas berbagai undang-undang yang diberlakukan di tingkat nasional dan internasional untuk mengendalikan degradasi lingkungan (Subtari, 2004).

Kualitas lingkungan secara keseluruhan menjadi acuan, sehingga ditetapkan 4 (empat) bidang dalam menentukan konsep kualitas lingkungan meliputi (Hanafi and Zulkifli, 2018); (1) penampungan, yang tergantung pada kualitas dan kecukupan tempat tinggal, bangunan komersial, dan industri; (2) kesehatan dan keselamatan masyarakat, yang menyangkut pencegahan penyakit, kecelakaan, dan pencemaran udara, air, tanah, dll.; (3) faktor efisiensi lingkungan yang memudahkan berbagai aktivitas dan pergerakan manusia; dan (4) penciptaan lingkungan, yang memaksimalkan kenyamanan masyarakat dan kenikmatan hidup. Kawasan ini lebih banyak memiliki variabel *amenitas intangible* seperti privasi atau keindahan visual dan estetika (Pamungkas, 2010).

Kualitas lingkungan memiliki arti yang beragam bagi orang yang berbeda, karena ini berkaitan dengan kondisi objektif, fisik, sosial dan ekonomi dan dipersepsikan melalui sikap, perasaan, dan sikap orang (Tyas and Herawati, 2017). Ini mencerminkan peran mereka sebagai warga negara, pengusaha, pendidik, arsitek, dan sebagainya. Selain itu, sikap terhadap kualitas lingkungan juga berbeda menurut kelas sosial dan gaya hidup masyarakat. Bahkan dalam beberapa kelompok sosial, individu dapat memandang lingkungan objektif yang sama secara berbeda karena kondisi fisik dan sifat mereka seperti jenis kelamin, usia, atau kecacatan. Misalnya, penyandang disabilitas fisik dan lansia dengan masalah mobilitas akan memandang kualitas lingkungan sebagai kerugian jika sarana transportasi umum sedikit dan jarak ke halte bus terlalu jauh (Ra'is, 2017).

Penting untuk dicatat bahwa kualitas lingkungan bervariasi secara spasial antara dan di dalam pemukiman yang berbeda pada skala ekologis. Perbedaan kualitas antara pemukiman seringkali mencerminkan ukuran dan lokasi

regional, serta warisan dari tahap awal pembangunan. “Kualitas lingkungan meningkat seiring berkurangnya ukuran permukiman”. Ini mungkin menjadi penyebab pergeseran dalam industri, populasi pedesaan dan perkotaan (Baja, 2012).

Kualitas lingkungan tidak konstan. Kualitas lingkungan perumahan meningkat seiring dengan matangnya lanskap, cuaca, dan bahan bangunan. Tetapi kondisi ini selalu berlangsung singkat dan dapat memburuk dalam jangka waktu tertentu, jika tidak dirawat secara teratur. Aktivitas alam/manusia di beberapa daerah terpencil mempengaruhi kualitas lingkungan suatu tempat (Zakiatussoleha, 2022).

Sejauh ini kita telah berbicara tentang berbagai aspek sosial dari kualitas lingkungan. Semua ini adalah dasar ilmiah. Artinya, kualitas lingkungan suatu tempat, pada suatu waktu, dapat dinyatakan sebagai fakta dan angka yang terukur. Untuk itu, kita perlu mengetahui parameter, standar, dan metode pengukuran berbagai komponen lingkungan, dan Anda akan mempelajarinya di bagian selanjutnya (Anggito dan Setiawan, 2018).

B. Perencanaan Pengelolaan Lingkungan

Perencanaan lingkungan yang komprehensif dengan mempertimbangkan realitas sosial yang ada sangat penting untuk pengelolaan kualitas lingkungan. Pembahasan berikut ini mencerminkan isu-isu dan keprihatinan yang menonjol untuk dipertimbangkan dan dimasukkan dalam rencana pengelolaan lingkungan (Pratiwi and Chariri, 2013).

1. Populasi Manusia (*Human Population*)

Ketika jumlah penduduk semakin tinggi di tingkat lokal dan global, perencanaan yang cermat menjadi semakin penting untuk membuat keputusan cerdas tentang di mana kita tinggal, bagaimana melestarikan dan melestarikan ekosistem, dan bagaimana membangun lingkungan perkotaan (Hartono, Trisakti and Fuadiah, 2022).

2. Keberlanjutan (*Sustainability*)

Keputusan program perencanaan yang kita ambil saat ini merupakan perencanaan lingkungan hidup yang baik dan menjadi dasar pembangunan berkelanjutan di masa depan, hal ini akan berdampak besar terhadap kualitas lingkungan hidup yang kita tinggalkan untuk generasi yang akan datang. Konsep penilaian dampak lingkungan, pengurangan kerusakan lingkungan, dan metode perencanaan penggunaan lahan yang berwawasan lingkungan merupakan elemen penting dalam berbagai proyek dan kegiatan praktik perusahaan (Hartono, Trisakti and Fuadiah, 2022).

3. Urbanisasi (*Urbanization*)

Mengingat migrasi massal ke kota besar dan kecil, daerah-daerah tersebut memerlukan perhatian dalam hal masalah lingkungan. Salah satu kebutuhan lingkungan kita yang paling penting adalah memastikan bahwa kawasan perkotaan dirancang untuk memaksimalkan kesejahteraan manusia dan meminimalkan dampak bencana alam dan polusi terhadap sumber daya alam yang kita gunakan seperti air, udara dan tanah (Putra, Hidayati and Soewarni, 2021).

4. Teknologi Terbaru dan Maju (*Latest and Advanced Technology*)

Karena dampak negatif lain dari Revolusi Industri terhadap lingkungan, penting untuk menggunakan teknologi baru dan teknologi baru dengan sangat hati-hati, dan setelah mempertimbangkan manfaatnya dibandingkan dengan biaya lingkungan yang ditimbulkannya (Adha, 2020).

5. Nilai dan Pengetahuan/Informasi

Karena kita menghormati lingkungan kita di tingkat lokal dalam sistem global, maka penting untuk mengembangkan informasi, alat, dan teknologi baru dan relevan untuk membantu proses perencanaan lingkungan. Penting untuk mengidentifikasi kurangnya pengetahuan dalam memecahkan permasalahan lingkungan sehingga kita dapat fokus pada bidang tersebut. Kita harus memahami bahwa nilai-nilai masyarakat berubah dalam hal penggunaan

sumber daya dan penggunaan lahan, dan terkadang terjadi konflik antara pihak yang ingin memanfaatkan lingkungan dan pihak yang ingin melestarikannya. Mediasi komunitas dapat membantu menyelesaikan konflik ketika nilai-nilai tumpang tindih (Yuniarto and Yudha, 2021).

C. Sistem Penjaminan dan Pengendalian Kualitas Lingkungan

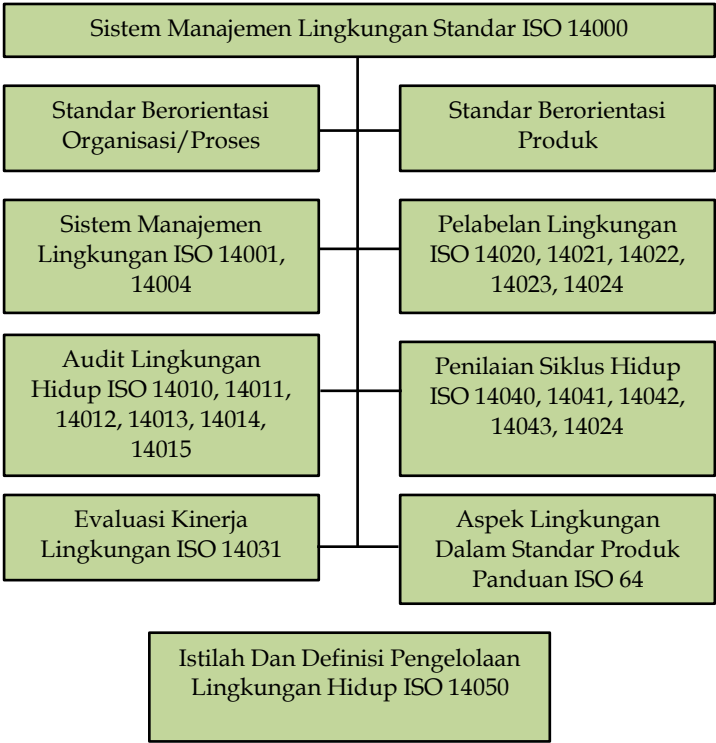
Berbagai alat pengelolaan membantu kita mengevaluasi dampak tindakan atau kegiatan terhadap lingkungan, dan mengevaluasi apakah tindakan yang diambil atau disesuaikan lebih efektif. Jadi proses pengurangan dampak lingkungan sedang berlangsung. Semua ini adalah setengah dari sejarah perlindungan lingkungan (Yusuf Hadijaya, 2017). Untuk menjamin dan menjaga kualitas lingkungan, alat pengelolaan lingkungan yang dibahas harus dilaksanakan dengan beberapa kegiatan dan sistem terencana yang dapat memberikan keyakinan yang diperlukan bahwa produk akan memenuhi atau memenuhi persyaratan yang diberikan untuk kualitas lingkungan. Standar ISO 14000, dan tanda lingkungan di antara jaminan kualitas dan pendorong dengan persetujuan internasional. Ini diatur dan dikelola oleh pemerintah di negaranya. Rincian tentang keduanya diberikan di bagian berikut. Selain kedua fungsi di atas, Peraturan Perundang-undangan Lingkungan Hidup merupakan alat penting lainnya untuk memelihara dan meningkatkan kualitas lingkungan hidup (Yusuf Hadijaya, 2017).

1. Standar ISO 14000

Pada dasarnya hendaknya menggunakan 'standar' umum/internasional agar mudah menyeragamkan setiap keputusan. Seperti, penggunaan standar ISO 9000 dan ISO 14000 diterima di seluruh dunia. Kita mungkin pernah melihat banyak produk dan layanan yang diberi merek dengan salah satu istilah umum berikut. Mari kita lihat apa saja kebiasaan tersebut? Seri ISO 9000 membahas tentang manajemen mutu dan jaminan mutu, dan seri terakhir membahas tentang standar pengelolaan lingkungan yaitu

Standar ISO 14000 yang terkait dengan topik saat ini (Asy'ari, 2013).

Ada dua jenis dokumen seri ISO 14000 termasuk Standar dan Pedoman. Standar khusus menjelaskan persyaratan suatu bangunan untuk didaftarkan untuk tujuan pendaftaran. Standar Panduan memberikan pedoman untuk menerapkan SML dan hubungannya dengan sistem lain. Meskipun dokumen mengacu pada seri ISO 14000. Dalam banyak kasus, pemohon dievaluasi berdasarkan persyaratan ISO 14001, agar SML dapat disertifikasi. Dokumen lain mengarah pada implementasi sistem atau analisis karakteristik produk (Asy'ari, 2013).

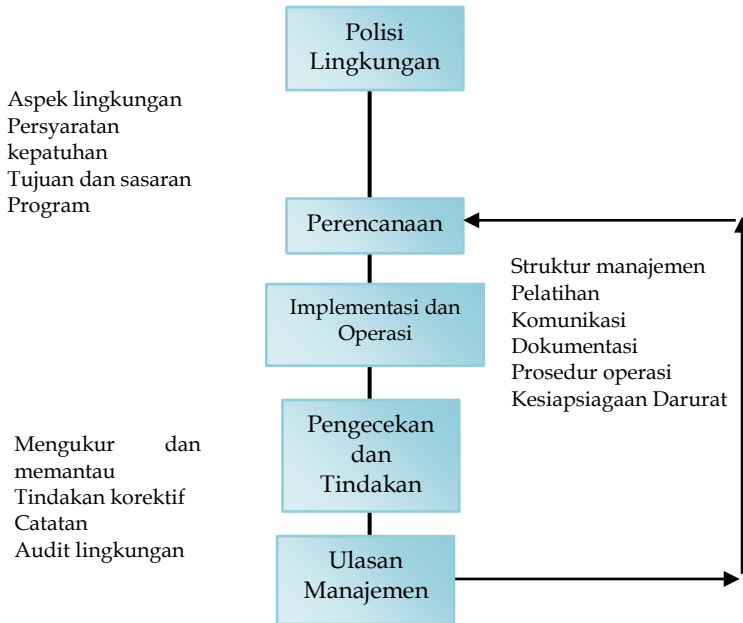


Gambar 2.1. Sistem Manajemen Lingkungan ISO 14000
(Chandra, H, P., Christian, 2002)

D. Sistem Manajemen Lingkungan

Sistem Manajemen Lingkungan (SML) adalah pendekatan sistematis untuk mengelola aspek lingkungan suatu organisasi (Supangkat, 2023). Ini adalah 'alat' yang memungkinkan semua jenis organisasi mengendalikan dampak aktivitas, produk, atau layanan mereka terhadap lingkungan alam. Standar ISO 14001 'Sistem Manajemen Lingkungan - Spesifikasi dengan panduan penggunaan' adalah standar dalam seri ISO 14000 yang mendefinisikan persyaratan sistem manajemen lingkungan (Hidayat, 2011). Ini memberikan kerangka kerja dalam suatu organisasi untuk melaksanakan kegiatan pengelolaan lingkungannya, termasuk alokasi sumber daya, penugasan tugas, dan peningkatan proses dan prosedur. Elemen SML mencakup kebijakan lingkungan, perencanaan, implementasi dan operasi, pemantauan dan tindakan perbaikan, tinjauan manajemen, dan perbaikan berkelanjutan (Chandra, H, P., Christian, 2002).

ISO 14010, ISO 14011, dan ISO 14012 mendefinisikan prinsip-prinsip umum penilaian lingkungan, pedoman penilaian SML, dan indikator persyaratan untuk penilaian lingkungan. Audit tersebut harus menentukan apakah proses tersebut berhasil meningkatkan kepatuhan, dan memastikan bahwa audit manajemen efektif dalam menangkap efektivitas SML. Penilaian kinerja adalah fitur utama SML yaitu memantau kinerja setiap saat untuk memastikan tercapainya tujuan, sasaran dan sasaran kebijakan. Indikator kinerja ditentukan dalam ISO 14031. Penilaian lingkungan fokus pada karakteristik produk yang berdampak terhadap lingkungan (Chandra, H, P., Christian, 2002).



Gambar 2.2. Model Sistem Manajemen Lingkungan ISO 14001

E. Konsep Pengelolaan Kualitas lingkungan

Program pembangunan berkelanjutan menjadi gagasan pemerintah saat ini dalam mencapai kehidupan yang sehat dan sejahtera bagi masyarakatnya tanpa merusak lingkungan hidup dipadukan dengan program pembangunan berkelanjutan. Pembangunan lingkungan hidup adalah proses peningkatan kesejahteraan manusia secara bertahap dengan menitikberatkan pada faktor lingkungan hidup. Inilah yang disebut dengan pembangunan sosial. Gagasan tersebut merupakan kesepakatan KTT Bumi di *Rio de Janeiro* pada tahun 1992 yaitu (Supriatna, 2021):

1. Konsep hak adalah bahwa seseorang mempunyai hak untuk terus hidup.
2. Konsep batas adalah batasan lingkungan untuk memenuhi kebutuhan saat ini dan masa depan (Supriatna, 2021) (Supriatna, 2008).

Model pengelolaan untuk menjaga kualitas lingkungan adalah :

1. Melalui Kebijakan Pemerintah

Pemerintah mempunyai tanggung jawab yang besar terhadap kesejahteraan rakyatnya dalam upaya memikirkan dan memahami konstruksi perlindungan lingkungan hidup seperti (Januari, 2015):

- a. Pemberlakuan Peraturan Pemerintah RI No. 24 Tahun 1986, tentang AMDAL (Analisis Mengenai Dampak Lingkungan Hidup).
- b. Penertiban Undang-Undang No. 4 Tahun 1982, tentang Peraturan Lingkungan Hidup.
- c. Menetapkan Undang-Undang Pokok Agraria Nomor 5 Tahun 1960 yang mengatur tentang tata guna tanah.
- d. Pemerintah membentuk Badan Pengelolaan Lingkungan Hidup pada tahun 1991, dengan tujuan utama : menanggulangi kasus pencemaran, pengawasan terhadap produksi bahan berbahaya dan beracun (B3), membuat penilaian mengenai dampak lingkungan (AMDAL).
- e. Gerakan penanaman satu juta pohon (Januari, 2015).

2. Upaya Perlindungan Lingkungan melalui Pelestarian yang Dilakukan Oleh Masyarakat

Sebagai warga negara yang baik, masyarakat sudah seharusnya peduli terhadap kelestarian lingkungan sekitar. Beberapa tindakan yang dapat dilakukan masyarakat untuk menjaga lingkungan (Gusmadi and Samsuri, 2020):

- a. Pengelolaan Tanah (Lahan Datar dan Lahan Curam)

Tanah longsor dan banjir merupakan fenomena yang berkaitan dengan permasalahan tanah. Banjir dapat menggerakkan lapisan tanah melalui aliran air yang disebut erosi yang mengakibatkan hilangnya kesuburan tanah dan hilangnya lapisan tanah dari permukaan bumi. Longsor terjadi karena tidak adanya alat yang mampu menstabilkan lapisan tanah di lokasi bencana. Upaya konservasi lahan dapat dilakukan dengan menggalakkan kegiatan penanaman pohon atau reboisasi pada lahan

yang sebelumnya dilindungi. Untuk daerah perbukitan atau pegunungan yang datarannya meninggi, harus dibuat tangga atau punggung bukit, sehingga dapat menghentikan aliran air hujan (Gusmadi and Samsuri, 2020).

b. Pelestarian Udara

Udara sangat penting bagi kehidupan, karena setiap makhluk hidup memerlukan udara untuk bernafas. Udara mengandung berbagai macam gas, salah satunya adalah oksigen. Udara yang kotor akibat debu atau asap knalpot akan menurunkan kadar oksigen. Kondisi ini sangat berbahaya bagi kelangsungan hidup setiap tubuh. Maka dari itu penting untuk mengetahui tips menjaga udara dalam ruangan tetap segar agar tetap bersih, segar dan sehat. Upaya menjaga udara tetap bersih dan sehat antara lain (Rukmini, SN and Ade, 2021):

- 1) Dorong penanaman pohon atau tanaman indah di sekitar kita.

Sifat tumbuhan yang dapat menyerap gas berbahaya bagi manusia, selain itu tumbuhan juga dapat menghasilkan oksigen melalui fotosintesis. Deforestasi menyebabkan hilangnya jutaan tanaman pengurang oksigen, terutama tanaman penghasil uap air, sehingga kelembapan cuaca tidak terjaga.

- 2) Berusaha mengurangi emisi atau menghilangkan gas sisa pembakaran, baik pada kebakaran hutan maupun kebakaran mesin.

Kendaraan bermotor seperti mobil, motor dan cerobong asap pabrik merupakan penyumbang polusi udara terbesar di perkotaan dan kawasan industri, sehingga langkah yang harus dilakukan untuk mengurangi emisi gas berbahaya ke atmosfer adalah penggunaan teknologi ramah lingkungan, dan pemasangan filter pada cerobong asap pabrik (Rukmini, SN and Ade, 2021).

- 3) Mengurangi atau menghindari penggunaan gas-gas kimia yang dapat merusak lapisan ozon di atmosfer

Penggunaan Gas Freon/*Klorofluorokarbon* pada AC dan lemari es serta pada berbagai produk kosmetik merupakan zat yang dapat bercampur dengan ozon sehingga menyebabkan lapisan ozon semakin berkurang. Lapisan ozon merupakan lapisan di atmosfer yang berfungsi sebagai penyaring bumi, karena mampu menyerap sinar ultraviolet yang dipancarkan matahari. Sinar ultraviolet merusak permukaan kulit dan meningkatkan suhu udara. Pemanasan global antara lain disebabkan oleh menipisnya lapisan ozon di atmosfer (Rukmini, SN and Ade, 2021).

3. Pelestarian dalam Rangka Perlindungan Hutan

Pemanfaatan hutan yang terus dilakukan sejak zaman dahulu hingga saat ini tanpa diimbangi dengan penanaman kembali telah merusak kawasan hutan. Penebangan liar yang dilakukan manusia merupakan penyebab utama kerusakan hutan. Selain menyediakan makanan dan bahan, hutan menghasilkan oksigen, memelihara lapisan tanah, dan melindungi badan air. Upaya pelestarian hutan antara lain (Muhammad, 2023):

- 1) Reboisasi dan penanaman kembali kawasan yang mengalami deforestasi.
- 2) Larangan pembukaan hutan.
- 3) Menggunakan sistem tebang pilih dalam menebang pohon.
- 4) Penggunaan sistem tebang tanam dalam operasi penebangan.
- 5) Menerapkan hukuman berat bagi mereka yang melanggar ketentuan tentang pengelolaan hutan (Muhammad, 2023).

4. Pelestarian Sebagai Upaya Perlindungan Laut dan Pesisir

Selain hutan, laut merupakan sumber daya alam lainnya. Sebagian besar kerusakan lautan dan lautan disebabkan oleh aktivitas manusia. Pengambilan pasir pantai, terumbu karang di laut, rusaknya hutan mangrove, aktivitas manusia mengancam kelestarian laut dan pantai. Adanya abrasi mengancam keberlangsungan pantai akibat hilangnya hutan mangrove di sekitar pantai yang merupakan penghalang alami terhadap serangan ombak (Lasabuda, 2013).

Kegiatan perlindungan laut dan pantai dapat dilakukan dengan cara; melakukan beach healing dengan melakukan penanaman kembali mangrove pada area yang berdekatan dengan pantai, Melarang pengambilan karang di sekitar pantai dan laut, karena karang merupakan habitat ikan dan tumbuhan laut, Melarang penggunaan bahan peledak dan bahan kimia dalam penangkapan ikan. memancing harimau untuk mencari ikan (Lasabuda, 2013).

5. Konservasi tumbuhan dan hewan.

Kehidupan di bumi merupakan suatu sistem hubungan antara manusia, hewan, tumbuhan dan sumber daya alam. Terganggunya salah satu mata rantai sistem mengakibatkan kekacauan dalam kehidupan. Oleh karena itu, konservasi tumbuhan dan satwa menjadi perhatian utama bagi kehidupan manusia (Lasabuda, 2013). Kegiatan untuk melindungi tumbuhan dan hewan meliputi:

- a. Menetapkan cagar alam dan suaka margasatwa.
- b. Pencegahan kegiatan pencurian.
- c. Mempromosikan praktik ramah lingkungan (Lasabuda, 2013).

DAFTAR PUSTAKA

- Adha, L. A. (2020) 'Digitalisasi Industri dan Pengaruhnya Terhadap Ketenagakerjaan dan Hubungan Kerja di Indonesia', *Journal Kompilasi Hukum*, 5(2), pp. 267–298. doi: 10.29303/jkh.v5i2.49.
- Anggito dan Setiawan (2018) 'Metodologi Penelitian Kualitatif - Albi Anggito, Johan Setiawan', *CV Jejak*.
- Asy'ari, H. (2013) 'Implementasi Corporate Social Responsibility (Csr) Sebagai Modal Sosial Pada Pt Newmont', *Journal of Chemical Information and Modeling*, 53(9), pp. 1689–1699.
- Baja, S. (2012) *Perencanaan Tata Guna Lahan dalam Pengembangan Wilayah*.
- Chandra, H, P., Christian, D. (2002) 'Analisa Sistem Manajemen Lingkungan (ISO 14000) dan Kemungkinan Implementasinya Oleh Para Kontraktor Kelas A Di Surabaya', *Dimensi Teknik Sipil*, 4(2), pp. 77–84. doi: 10.9744/CED.4.2.PP.
- Christine Daymon, I. H. (2008) *Metode-Metode Riset Kualitatif dalam Public Relations dan Marketing*, Penerbit Bintang.
- Gusmadi, S. and Samsuri, S. (2020) 'Gerakan Kewarganegaraan Ekologis sebagai Upaya Pembentukan Karakter Peduli Lingkungan', *Jurnal Ilmiah Pendidikan Pancasila dan Kewarganegaraan*, 4(2), p. 381. doi: 10.17977/um019v4i2p381-391.
- Hanafi, A. and Zulkifli, Z. (2018) 'Pengaruh Lingkungan Kerja dan Disiplin Kerja Serta Motivasi Kerja Terhadap Kinerja Karyawan', *JURNAL DIMENSI*, 7(2), pp. 79–98. doi: 10.33373/dms.v7i2.1702.
- Hartono, T., Trisakti, F. A. and Fuadiah, I. (2022) 'Community-based ecotourism: peran "Pokdarwis" dalam branding Siak Hijau', *PRofesi Humas Jurnal Ilmiah Ilmu Hubungan Masyarakat*, 6(2), p. 154. doi: 10.24198/prh.v6i2.26018.
- Hidayat, M. N. (2011) *Analisa Langkah-Langkah Pelaksanaan Sistem Manajemen Lingkungan untuk Memperoleh Sertifikasi ISO 14001*

di PT Trakindo Utama Surabaya. UNS (Sebelas Maret University).

- Indrasari, M. (2017) *Kepuasan Kerja dan Kinerja Karyawan Tinjauan dari Dimensi Iklim Organisasi , Kreativitas Individu, dan Karakteristik Pekerjaan*, Yogyakarta: Indomedia Pustaka. Indomedia Pustaka.
- Januari, A. H. (2015) 'Sistem Pembangunan Berkelanjutan Terhadap Tata Kelola Pertambangan', *Jurnal Hukum dan Bisnis (Selisik)*, 1(2), pp. 43–65. doi: 10.35814/SELISIK.V1I2.631.
- Lasabuda, R. (2013) 'Pembangunan Wilayah Pesisir dan Lautan dalam Perspektif Negara Kepulauan Republik Indonesia', *JURNAL ILMIAH PLATAX*, 1(2), p. 92. doi: 10.35800/jip.1.2.2013.1251.
- Muhammad, R. M. N. (2023) 'Penegakan Hukum Terhadap Tindak Pidana Perusakan Hutan di Kawasan Hutan Konservasi'.
- Pamungkas (2010) *Kriteria Kepuasan Tinggal Berdasarkan Respon Penghuni Rusunawa Cokrodirjan Kota Yogyakarta*.
- Pratiwi, K. P. and Chariri, A. (2013) 'Environmental Incidents, Pemberitaan Media dan Praktik Pengungkapan Lingkungan (Environmental Disclosures): Studi Pada Sustainability Report Asia Pulp And Paper Co., Ltd.', *Diponegoro Journal of Accounting*, pp. 470–481.
- Putra, R. P., Hidayati, A. N. and Soewarni, I. (2021) 'Strategi Pembangunan Perkotaan Berkelanjutan di Kota Batu', *Jurnal Inovasi Penelitian*, 1(9), pp. 1805–1824.
- Ra'is, D. U. (2017) 'Peta Inklusi Sosial Dalam Regulasi Desa', *Jurnal Ilmiah Ilmu Sosial dan Ilmu Politik*, 7(2), pp. 88–106. doi: 10.33366/RFR.V7I2.803.
- Rukmini, D. I., SN, P. D. S. and Ade, A. M. (2021) *Inovasi dan Teknologi Kreatif Konservasi Sumber Daya Alam*.
- Subtari, T. (2004) *Konsep Sistem Informasi - Tata Sutabri*, Penerbit Andi. Edited by I. Nastiti. Yogyakarta: CV. Andi Offset.

- Supangkat, S. (2023) 'Analisis Hubungan Sistem Manajemen Lingkungan (SML) ISO 14001 dengan Perilaku Peduli Lingkungan', *Journal of Character and Environment*, 1(1), pp. 47-69. Available at: <https://journal-iasssf.com/index.php/JOCAE/article/view/252> (Accessed: 27 August 2023).
- Supriatna, J. (2008) 'Melestarikan Alam Indonesia'. Jakarta Indonesia: Yayasan Obor Indonesia, p. 15.
- Supriatna, J. (2021) *Pengelolaan Lingkungan Berkelanjutan*, Yayasan Pustaka Obor Indonesia.
- Tukiran, M. (2020) *Total Quality Management: untuk Organisasi Pendidikan*. Yogyakarta: KanisiusMedia - Cita dan Karya Warnai Indonesia.
- Tyas, F. P. S. and Herawati, T. (2017) 'Kualitas Pernikahan dan Kesejahteraan Keluarga Menentukan Kualitas Lingkungan Pengasuhan Anak Pada Pasangan yang Menikah Usia Muda', *Jurnal Ilmu Keluarga dan Konsumen*, 10(1), pp. 1-12. doi: 10.24156/jikk.2017.10.1.1.
- Yuniarto, B. and Yudha, R. P. (2021) 'Literasi Digital Sebagai Penguatan Pendidikan Karakter Menuju Era Society 5.0', *Edueksos: Jurnal Pendidikan Sosial & Ekonomi*, 10(2). doi: 10.24235/edueksos.v10i2.8096.
- Yusuf Hadijaya (2017) *Menyusun Strategi Berbuah Kinerja Pendidikan Efektif.*, perdana Publishing. Perdana Publishing.
- Zakiatussoleha (2022) 'Pola Perilaku Spasial Masyarakat Daerah Aliran Sungai (DAS) Ciliwung Kaitannya Dalam Pelestarian'.

BAB 3

PARAMETER KUALITAS AIR (FISIK, KIMIAWI DAN BIOLOGIS)

Bambang Supriyanta, S.Si., M.Sc.

Air sangat dibutuhkan dalam kehidupan manusia. Sebagai kebutuhan pokok yang langsung dirasakan manfaatnya oleh makhluk hidup, air harus mempunyai kualitas yang memenuhi syarat. Tingkat kualitas air dapat diukur dengan parameter fisik, kimiawi, dan biologi. Kualitas air minum ditetapkan dalam Keputusan Menteri Kesehatan Republik Indonesia, sesuai Permenkes 492/Menkes/Per/IV/2010, tentang Persyaratan Kualitas Air Minum, yang mencantumkan parameter sebagai standar penentuan kualitas air minum, meliputi parameter fisik, kimiawi, bakteriologis, dan radioaktif.

A. Parameter Fisik

Beberapa parameter fisik yang digunakan untuk menentukan kualitas air meliputi:

1. Suhu

Suhu air tergantung pada musim, garis lintang, ketinggian, waktu, sirkulasi udara, tutupan awan, laju aliran dan kedalaman. Perubahan suhu mempengaruhi proses fisik, kimia dan biologi badan air. Suhu berperan dalam mengendalikan keadaan ekosistem perairan. Peningkatan suhu menyebabkan peningkatan viskositas, peningkatan reaksi kimia, penguapan, dan penurunan kelarutan gas dalam air (O_2 , CO_2 , N_2 , CH_4 , dll). Peningkatan suhu juga menyebabkan peningkatan penguraian bahan organik oleh mikroba. Kisaran suhu optimum untuk

pertumbuhan fitoplankton di perairan adalah antara 20°C hingga 30°C. (APHA, 2017) (Kementerian Kesehatan RI, 2010).

2. Bau

Air minum yang berbau tidak sedap, selain kehilangan estetika juga dibenci masyarakat. Bau pada air dapat menunjukkan kualitas air tersebut, misalnya bau amis dapat disebabkan oleh adanya alga pada air. Air minum yang dapat dikonsumsi manusia tidak berbau. (Kementerian Kesehatan RI, 2010)

3. Rasa

Air yang diminum biasanya hambar (segar). Air beraroma menunjukkan adanya banyak zat yang dapat berbahaya bagi kesehatan. Kemungkinan dampaknya terhadap kesehatan manusia bergantung pada penyebab rasanya. Kondisi orang untuk minum air tidak berasa. (Kementerian Kesehatan RI, 2010)

4. Warna

Warna air minum harus tidak berwarna untuk alasan estetika dan untuk menghindari keracunan oleh bahan kimia dan mikroorganisme berwarna. Warnanya dapat menghalangi penetrasi cahaya ke dalam air. Warna air tersebut disebabkan oleh adanya partikel bahan organik yang membusuk, ion logam alami (besi dan mangan), plankton, humus, limbah industri dan tumbuhan air.

Kehadiran oksida besi memberi warna merah pada air, sedangkan oksida mangan membuat air berwarna coklat atau hitam. Kandungan zat besi sebesar 0,3 mg/l dan kandungan mangan sebesar 0,05 mg/l sudah cukup untuk menciptakan warna air. Kalsium karbonat dari daerah batu kapur memberi warna hijau pada air. Bahan organik seperti tanin, lignin dan asam humat hasil pembusukan tanaman mati memberikan warna coklat. Dalam penyediaan air minum, warna dikaitkan dengan estetika. Warna air dapat digunakan sebagai indikasi jenis pengobatan yang tepat (Sharma et al., 2008).

5. Kekeruhan

Kekeruhan menggambarkan jumlah cahaya yang diserap dan dipancarkan oleh zat-zat di dalam air. Kekeruhan disebabkan oleh adanya bahan organik dan anorganik yang tersuspensi dan terlarut (misalnya lanau dan pasir halus), serta bahan anorganik dan organik berupa plankton dan mikroorganisme makhluk hidup lainnya. (APHA, 2017).

Kekeruhan anorganik dapat berasal dari pelapukan batuan dan logam, sedangkan kekeruhan organik berasal dari pelapukan hewan dan tumbuhan. Bakteri dapat digolongkan sebagai bahan organik tersuspensi yang menambah kekeruhan air. Padatan tersuspensi berkorelasi positif dengan kekeruhan. Semakin tinggi nilai padatan tersuspensi maka semakin tinggi pula nilai kekeruhannya. Namun, kandungan padatan terlarut yang tinggi tidak selalu dikaitkan dengan kekeruhan yang tinggi. Nilai kekeruhan yang tinggi dapat mempersulit upaya penyaringan dan mengurangi efektivitas desinfeksi saat menyaring air (Davidson, 2003).

Dalam sistem penyediaan air minum, kekeruhan merupakan faktor penting karena beberapa alasan:

a. Estetika

Konsumen menginginkan air yang tidak keruh. Kekeruhan pada air minum dikaitkan dengan kemungkinan kontaminasi limbah cair dan ancaman terhadap kesehatan.

b. Kapasitas filtrasi

Penjernihan air lebih sulit dan memerlukan biaya yang besar jika kekeruhannya tinggi.

c. Disinfeksi

Air keruh mengandung banyak organisme berbahaya yang mengintai selama proses desinfeksi.

6. Daya Hantar Listrik (DHL)

DHL adalah kemampuan cairan untuk menghantarkan listrik (disebut juga konduktivitas listrik).

DHL dalam air adalah ekspresi numerik yang mewakili kemampuan suatu larutan untuk menghantarkan arus listrik. Oleh karena itu, semakin terionisasi garam terlarut, semakin tinggi nilai DHLnya. Nilai DHL bergantung pada keberadaan ion anorganik, valensinya, suhu serta konsentrasi total dan relatifnya.

Pengukuran konduktivitas bertujuan untuk mengukur konduktivitas listrik ion-ion yang ada dalam air dan memprediksi kandungan mineral dalam air. Pengukuran dilakukan berdasarkan kemampuan kation dan anion dalam menghantarkan arus melalui sampel air yang dapat digunakan sebagai indikator. Semakin tinggi nilai konduktivitas yang tercatat pada meteran konduktivitas, maka semakin besar kemampuannya dalam mengandung kation dan anion. hadir dalam sampel air untuk menghantarkan arus listrik. Hal ini menunjukkan semakin banyak mineral yang dikandung air.

Dalam menentukan nilai TDS, bahan mudah menguap tidak diukur karena berkaitan dengan proses pemanasan. Pengukuran DHL dilakukan dengan meteran konduktivitas dalam mhos/cm. Prinsip pengoperasian alat ini adalah jumlah ion terlarut dalam sampel air berbanding lurus dengan daya hantar listrik. Periode pengukuran maksimum yang disarankan adalah 28 hari. Pengukuran DHL berguna dalam hal berikut: menentukan tingkat mineralisasi dan disosiasi air suling, memperkirakan pengaruh total konsentrasi ion, menilai kesesuaian perlakuan mineral untuk kondisi air, memperkirakan jumlah padatan terlarut dalam air, dan menentukan apakah air tersebut aman untuk diminum.

7. Padatan Terlarut Total (*Total Dissolved Solids*=TDS)

Total Dissolved Solids (TDS) adalah padatan terlarut (diameter <10 mm) dan koloid (diameter 10 mm – 10 mm) yang berupa senyawa kimia dan bahan lain, tidak tersaring melalui kertas saring dengan pori-pori berukuran 0,45 µm. (Gupta, Pandey and Hussain, 2017).

Bahan ini merupakan residu setelah dipanaskan dan dikeringkan pada suhu 103°C hingga 105°C. Residu atau padatan yang tersisa selama pemanasan pada suhu ini adalah yang ada dalam sampel air dan tidak hilang atau menguap pada suhu 105°C. Ukuran padatan dinyatakan dalam mg/l atau g/l, % massa (kg padatan/kg larutan) atau % volume (dm padatan/liter larutan). Di dalam air alami terdapat dua kelompok zat, yaitu zat terlarut (seperti garam dan molekul organik) dan padatan tersuspensi dan koloid (seperti tanah liat dan liter). Perbedaan utama antara kedua kelompok zat ini ditentukan oleh ukuran/diameter partikelnya.

Analisis total padatan terlarut digunakan untuk mengetahui komposisi air secara lengkap, proses perencanaan dan pemantauan air minum dan air limbah. Karena adanya variabilitas bahan organik dan anorganik pada uji total padatan terlarut, maka pengujian yang dilakukan secara empiris bergantung pada karakteristik bahan. Metode bobot digunakan dalam banyak kasus. Jumlah dan asal zat yang larut dalam air dan tidak larut sangat bervariasi. Air minum sebagian besar merupakan padatan terlarut termasuk garam anorganik, beberapa zat organik dan gas terlarut. Total padatan terlarut dalam air minum antara 20 dan 1000 mg/L (Chang, 2005).

TDS terdapat dalam air akibat reaksi zat padat, cair, dan gas di dalam air, yang dapat berupa senyawa organik atau anorganik. Zat anorganik berasal dari mineral, logam, dan gas yang diangkut dalam air setelah bersentuhan dengan bahan di permukaan dan di dalam tanah. Bahan organik dapat berasal dari tumbuhan yang membusuk, senyawa organik, dan gas anorganik terlarut. TDS biasanya disebabkan oleh zat ionik anorganik yang ada dalam air. Ion-ion yang biasa terdapat di perairan ditunjukkan dalam Tabel 3.1.

Tabel 3.1. Ion Utama dan Ion Sekunder yang Berperan pada Padatan Terlarut Total

No	Ion Utama (Major Ion) (1,0 - 1000 mg/L)	No	Ion Sekunder (Secondary Ion) (0,01 - 10 mg/L)
1	Sodium (Na)	1	Besi (Fe)
2	Kalsium (Ca)	2	Stronsium (Sr)
3	Magnesium (Mg)	3	Kalium (K)
4	Bikarbonat (HCO_3)	4	Karbonat (CO_3)
5	Klorida (Cl)	5	Nitrat (NO_3)
		6	Fluorida (F)
		7	Boron (B)
		8	Silika (SiO)

(Sumber :Todd, 1970)

TDS tidak disukai di perairan karena dapat menimbulkan warna dan rasa yang tidak enak. Beberapa bahan kimia yang membentuk TDS bersifat racun dan merupakan senyawa organik karsinogenik. Namun, beberapa zat bisa membuat air minum terasa segar. Kekerasan dan kekeruhan meningkat seiring dengan meningkatnya TDS. Analisis TDS biasanya dilakukan dengan menentukan konduktivitas listrik (DHL) air.

TDS terdiri dari ion sehingga tingkat TDS sebanding dengan tingkat air DHL. Penentuan jumlah zat terlarut dan tidak larut juga dapat dilakukan dengan membandingkan jumlah yang disaring dengan jumlah yang tidak larut.

B. Parameter Kimiawi

Beberapa parameter kimiawi yang digunakan untuk menentukan kualitas air meliputi:

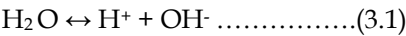
1. pH

pH merupakan parameter kimia kualitas air yang sangat penting dalam menentukan konsentrasi keasaman/basa air. Penentuan pH adalah tes yang paling

penting dan sering digunakan dalam kimia air. PH digunakan untuk menentukan alkalinitas, CO₂, serta keseimbangan asam basa.

Perubahan pH air dapat menyebabkan perubahan bau, rasa, dan warna. Dalam proses pengolahan air seperti koagulasi, desinfeksi, dan pelunakan air, nilai pH harus dijaga dalam kisaran yang berkaitan dengan mikroorganisme. Asam dan basa pada dasarnya dibedakan berdasarkan rasanya dan kemudian pengaruhnya terhadap indikator. Reaksi netralisasi asam dan basa selalu menghasilkan air.

Ion H dan OH selalu berada pada keseimbangan kimiawi yang dinamis dengan H₂O berdasarkan reaksi (3.1)



Ion hidrogen bersifat asam. Keberadaan ion hidrogen menggambarkan nilai pH derajat keasaman yang dinyatakan dengan persamaan (3.1)

$$\text{pH} = -\log [\text{H}^+] \dots\dots\dots(3.2)$$

Konsentrasi ion hidrogen dalam air murni yang netral adalah 10⁷ g/L. Nilai disosiasi (K_w) pada suhu 25°C sebesar 10⁻¹⁴ seperti yang ditunjukkan pada persamaan (3.3).

$$[\text{H}^+] + [\text{OH}^-] = \text{K}_w \dots\dots\dots(3.3)$$

Skala pH berkisar antara 0 – 14. Klasifikasi nilai pH adalah sebagai berikut :

- pH = 7 menunjukkan keadaan netral
- 0 < pH < 7 menunjukkan keadaan asam
- 7 < pH < 14 menunjukkan keadaan basa (alkalis)

Air minum harus bersifat netral, tidak bersifat asam/basa untuk menghindari larutnya logam berat dan korosi pada jaringan distribusi air minum. PH standar air minum adalah antara 6,5 dan 8,5. Air merupakan pelarut yang sangat baik, sehingga didukung dengan pH yang tidak netral sehingga dapat melarutkan berbagai unsur kimia yang dilaluinya. Pengukuran pH dapat dilakukan dengan

menggunakan kertas lakmus, kertas pH universal, larutan indikator universal (metode kolorimetri) dan pH meter (metode elektroda potensial). Pengukuran pH penting untuk mengetahui keadaan larutan guna mengetahui kecenderungan terjadinya reaksi kimia dan pengendapan bahan-bahan yang terlibat dalam reaksi asam basa.

Elektroda hidrogen adalah standar emas dalam perhitungan pH. Karena rumitnya penggunaan elektroda hidrogen, ditemukan bahwa elektroda tersebut dapat dibuat dari kaca yang menghasilkan beda potensial sesuai dengan aksi ion hidrogen tanpa gangguan oleh ion lain. Penggunaannya telah menjadi metode standar untuk mengukur pH.

Untuk pengukuran pH di atas 10 dan pada suhu tinggi, disarankan menggunakan elektroda kaca khusus. Instrumen yang digunakan biasanya distandarisasi dengan buffer yang nilai pHnya diketahui dan sebaiknya menggunakan buffer dengan pH 1 hingga 2 unit mendekati nilai pH sampel air.

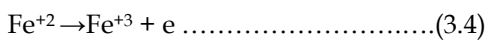
pH juga berkaitan erat dengan karbon dioksida dan alkalinitas. Semakin tinggi nilai pH maka semakin tinggi pula nilai alkalinitasnya dan semakin rendah kandungan karbon dioksida bebasnya. Larutan asam (pH rendah) bersifat korosif. pH juga mempengaruhi toksisitas suatu senyawa kimia. Toksisitas logam meningkat pada pH rendah.

2. Besi

Besi atau Ferrum (Fe) merupakan logam berwarna putih keperakan berwarna tanah liat yang dapat dibentuk. Secara umum, besi dalam air dapat berupa: dilarutkan sebagai Fe (logam) atau Fe (feri), tersuspensi sebagai partikel koloid (diameter <1 m) atau lebih besar, sebagai Fe_2O_3 , Fe_3O_4 , FeO , FeOOH , $\text{Fe}(\text{OH})_3$, dll. , dalam kombinasi dengan bahan organik atau padatan anorganik (misalnya tanah liat). Besi di alam dapat ditemukan dalam bentuk pirit (FeS_2), hematit (Fe_2O_3), magnetit (Fe_3O_4), limonit [$\text{FeO}(\text{OH})$], goetit (HfFeO_2) dan oker [$\text{Fe}(\text{OH})_3$]. Senyawa besi umumnya tidak larut dan

melimpah di dalam tanah. Terkadang besi juga hadir dalam bentuk senyawa siderit (FeCO_3) yang mudah larut dalam air. Dalam air alami dengan pH sekitar 7 dan jumlah oksigen terlarut yang cukup, ion besi yang larut akan dioksidasi menjadi ion besi. Selama oksidasi ini, elektron hilang. Sebaliknya, pada reduksi besi menjadi besi, terjadi penangkapan elektron. Oksidasi dan reduksi besi tidak melibatkan oksigen atau hidrogen.

Reaksi oksidasi ion ferro menjadi ion ferri ditunjukkan dalam persamaan (3.4).



Oksidasi dan reduksi zat besi dimediasi oleh bakteri. Bakteri biosintetik *Thiobacillus* dan *Ferrobacillus* memiliki sistem enzim yang mampu mentransfer elektron dari ion besi ke oksigen sehingga menghasilkan ion besi. Bakteriosin sintetik bekerja optimal pada pH rendah (media, air dan energi bebas untuk mensintesis bahan organik dari karbon dioksida). Metabolisme bakteri *Desulfovibrio* menghasilkan H_2SO_4 yang mempunyai efek melarutkan zat besi.

Pada pH sekitar 7,5 hingga 7,7, ion besi mengalami oksidasi dan berikatan dengan hidroksida membentuk $\text{Fe}(\text{OH})_3$ yang tidak larut dan mengendap (endapan) di dasar air, membentuk warna agak berwarna merah dengan latar belakang basa. Oleh karena itu, zat besi hanya terdapat pada perairan dengan kondisi anaerobik (anoksik) dan asam.

Dalam air alami, besi berikatan dengan anion membentuk senyawa FeCl_2 , $\text{Fe}(\text{HCO}_3)$ dan FeSO_4 . Dalam air minum, pengendapan ion besi dapat menyebabkan warna merah pada porselen, bak mandi, perlengkapan pipa dan pakaian. Kelarutan besi meningkat dengan menurunnya pH.

Pada air permukaan jarang ditemui kadar Fe yang lebih besar dari 1 mg/l, tetapi dalam air tanah, kadar Fe dapat jauh lebih tinggi. Pada air yang tidak mengandung oksigen, seperti air tanah, besi berada sebagai Fe yang cukup padat terlarut, sedangkan pada air sungai yang mengalir dan terjadi

aerasi, Fe teroksidasi menjadi Fe yang sulit larut pada pH 6 sampai 8 (kelarutan hanya di bawah beberapa g/l), bahkan dapat menjadi ferihidroksida $\text{Fe}(\text{OH})_3$ atau salah satu jenis oksida yang merupakan zat padat dan bisa mengendap. Dalam air sungai, besi berada sebagai Fe, Fe terlarut, dan Fe dalam bentuk senyawa organik berupa koloid.

Pada air minum, Fe dapat menimbulkan rasa, warna (kuning), kerak pada dinding pipa, tumbuhnya bakteri besi, dan kekeruhan. Tubuh membutuhkan zat besi untuk membentuk hemoglobin. Jumlah Fe dalam tubuh dikontrol selama fase penyerapan. Tubuh manusia tidak dapat mengeluarkan Fe. Jadi, pada orang yang rutin mendapat transfusi darah, warna kulitnya menjadi hitam akibat penumpukan Fe. Meski tubuh membutuhkan Fe, namun dalam dosis besar dapat merusak dinding usus dan berujung pada timbal. sampai mati.

3. Fluorida (F)

Fluor (F) adalah salah satu unsur paling melimpah di kerak bumi. Fluor adalah halogen yang sangat reaktif, sehingga selalu ada sebagai senyawa. Unsur ini ditemukan dalam bentuk ion fluorida (F). Fluor yang terikat pada kation divalen, misalnya NaF, AgF dan KF, mudah larut; sedangkan fluor terikat pada kation divalen, misalnya CaF dan PbF, yang tidak larut dalam air.

Sumber alami fluorida adalah fluorit (CaF_2), kriolit (NaAlF_6), dan fluorapatit. Kehadiran fluorida juga bisa berasal dari pembakaran batu bara. Fluorida banyak digunakan dalam industri baja, kaca, pelapisan logam, aluminium dan pestisida.

Fluorida dalam jumlah kecil bermanfaat dalam mencegah kerusakan gigi, namun konsentrasi di atas kisaran 1,7 mg/liter dapat menyebabkan pewarnaan email yang disebut bintik. Kadar fluorida yang berlebihan juga dapat menyebabkan kerusakan tulang. Fluorida anorganik bersifat lebih toksik dan lebih iritan daripada yang organik.

Keracunan kronis menyebabkan orang menjadi kurus, pertumbuhan tubuh terganggu, terjadi fluoridasi gigi serta kerangka, dan gangguan pencernaan yang disertai dengan dehidrasi. Pada kasus keracunan berat akan terjadi cacat tulang, kelumpuhan, dan kematian.

4. Kesadahan (*Hardness*)

Kesadahan disebabkan oleh banyaknya ion logam yang bervalensi (terutama ion divalen seperti Ca, Mg, Fe, Mn, Sr). Kation logam ini dapat bereaksi dengan sabun membentuk endapan atau dengan anion yang ada dalam air sehingga membentuk kerak/karat pada peralatan logam. Kation utama penyusun kesadahan air adalah Ca^{+2} , Mg^{+2} , Sr^{+2} , Fe^{+2} dan Mn^{+2} . Anion utama penyusun kesadahan air adalah HCO_3^- , SO_4^{2-} , Cl^- , NO_3^- dan SiO_3^{2-} . Air sadah adalah air dimana sabun perlu berbusa dalam jumlah tertentu dan juga dapat membentuk endapan pada pipa air panas, radiator, boiler dan peralatan lainnya yang menyebabkan suhu air meningkat. (Rajes *et al.*, 2017).

Kesadahan air berkaitan erat dengan kemampuan air membentuk busa. Semakin besar kesadahan air, semakin sulit bagi sabun untuk membentuk busa karena terjadi presipitasi. Busa tidak akan terbentuk sebelum semua kation pembentuk kesadahan mengendap. Pada kondisi ini, air mengalami pelunakan atau penurunan kesadahan yang disebabkan oleh sabun. Endapan yang terbentuk dapat menyebabkan pewarnaan pada bahan yang dicuci. Pada perairan sadah (*hard*), kandungan kalsium, magnesium, karbonat, dan sulfat biasanya tinggi. Jika dipanaskan, air sadah membentuk deposit (kerak).

Tabel 3.2. Klasifikasi Tingkat Kesadahan

Kesadahan (mg/l CaCO_3)	Tingkat Kesadahan
0 - 75	Lunak (<i>soft</i>)
75 - 150	Menengah (<i>moderately hard</i>)
150 - 300	Tinggi (<i>hard</i>)

Kesadahan (mg/l CaCO_3)	Tingkat Kesadahan
> 300	Sangat Tinggi (<i>very hard</i>)

(Sumber :Marsidi, 2001)

Nilai kesadahan air diperlukan dalam penilaian kelayakan perairan untuk kepentingan industri dan domestik. Nilai kesadahan tidak memiliki pengaruh langsung terhadap kesehatan manusia. Nilai kesadahan juga digunakan sebagai dasar bagi pemilihan metode yang diterapkan dalam proses pelunakan air. Dampak air sadah adalah sebagai berikut :

a. Sabun Tidak Berbusa

Sabun terbuat dari garam natrium dan kalium dari asam lemah. Jika terdapat ion kalsium dan magnesium, Ca palmitat atau Mg palmitat akan membentuk endapan sehingga sabun tidak berbusa.

b. Pembentukan Kerak pada Boiler

Terdapat bikarbonat (HCO_3) di dalam air. Pada suhu normal bentuknya stabil, namun pada suhu tinggi akan terbentuk kerak. Ketika Mg hadir, CO_2 dilepaskan dan pH air meningkat. Kemunculan cangkang dapat memperkecil volume boiler dan meningkatkan tekanan pada boiler sehingga dapat menyebabkan ledakan.

c. Kerak pada Pipa Distribusi Air

Pada pipa distribusi air, kerak dapat menyebabkan kompresi dan mempengaruhi aliran air karena munculnya kerak akan meningkatkan koefisien kekasaran dan mengurangi aliran. Air permukaan memiliki nilai kesadahan yang lebih rendah dibandingkan air tanah. Air dengan kesadahan lebih rendah dari 120 mg/l CaCO_3 dan lebih tinggi dari 500 mg/l CaCO_3 tidak cocok untuk keperluan rumah tangga, pertanian, dan industri. Namun, organisme lebih menyukai air sadah daripada air lunak. Kesadahan awal ditentukan dengan titrasi dengan sabun standar yang dapat bereaksi dengan ion-ion penyusun

kesadahan. Kation-kation yang biasa mengakibatkan kesadahan pada air diperlihatkan pada Tabel 3.3.

Tabel 3.3. Kation-kation Penyusun Kesadahan dan Anion-anion Pasangan/Asosiasinya

Kation	Anion
Ca^{2+}	HCO_3^-
Mg^{2+}	SO_4^{2-}
Sr^{2+}	Cl^-
Fe^{2+}	NO_3^-
Mn^{2+}	SiO_3^{2-}

(Sumber : Sawyer dan McCarty, 1978)

Kesadahan diklasifikasikan berdasarkan dua cara, yaitu berdasarkan :

a. Ion Logam

Berdasarkan ion logamnya, kesadahan dibedakan menjadi kesadahan kalsium dan kesadahan magnesium.

Kalsium dan magnesium merupakan penyebab utama kesadahan air karena kandungannya yang lebih tinggi dalam air dibandingkan ion logam divalen lainnya. Kesadahan kalsium dan magnesium digunakan untuk menentukan jumlah kapur dan soda abu yang dibutuhkan untuk pelunakan kapur dan soda abu. Jika kesadahan kalsium sudah ditentukan, maka kesadahan magnesium dapat dicari dengan pengurangan kesadahan kalsium dengan kesadahan total sesuai persamaan (2.3).

$$\text{Kesadahan Total} - \text{Kesadahan Kalsium} = \text{Kesadahan Magnesium} \dots\dots\dots (3.5)$$

Pada penentuan nilai kesadahan, keberadaan besi dan mangan dianggap sebagai pengganggu karena dapat bereaksi dengan pereaksi yang digunakan. Untuk mendapatkan kadar ion kalsium

dan ion magnesium dari nilai kesadahan, digunakan persamaan:

$$\text{Kadar kalsium} \dots\dots (3.6) \quad \text{Ca}^{2+}(\text{mg/liter})=0,4 \times \text{kesadahan}$$

$$\text{Kadar magnesium} \dots\dots (3.7) \quad \text{Mg}^{2+}(\text{mg/liter})=0,243 \times \text{kesadahan}$$

b. Anion terikat pada ion logam

Berdasarkan anion yang terikat pada ion logam, kesadahan dapat dibagi menjadi kesadahan karbonat dan kesadahan non-karbonat.

Dalam kesadahan karbonat, kalsium dan magnesium bergabung dengan ion CO_3^{2-} dan HCO_3^- . Pada kesadahan non-karbonat, kalsium dan magnesium berikatan dengan ion SO_4^{2-} , Cl^- dan NO_3^- . Kesadahan karbonat disebut kesadahan sementara karena sangat sensitif terhadap panas dan mudah mengendap pada suhu tinggi. Kesadahan non-karbonat disebut kesadahan permanen karena kalsium dan magnesium yang terikat pada sulfat dan klorida tidak mengendap dan nilai kekerasan tidak berubah bahkan pada suhu tinggi.

Kesadahan karbonat dan kesadahan non-karbonat dapat diketahui menggunakan persamaan: (3.6 - 3.7).

Apabila Alkalinitas Total < Kesadahan Total Maka Kesadahan Karbonat = Alkalinitas Total..... (3.8)

Apabila Alkalinitas Total \geq Kesadahan Total Maka Kesadahan Karbonat = Kesadahan Total (3.9)

Kesadahan Non-karbonat = Kesadahan Total - Kesadahan Karbonat(3.10)

5. Klorida (Cl)

Sekitar tiga perempat dari klorin (Cl_2) yang ada di bumi berada dalam bentuk larutan. Unsur klorin dalam air ada sebagai ion klorida (Cl). Ion klorida adalah salah satu anion anorganik utama yang terdapat dalam air alami dalam

jumlah lebih besar dibandingkan anion halogen lainnya. Klorida biasanya ada dalam bentuk natrium klorida (NaCl), kalium klorida (KCl), dan kalsium klorida (CaCl_2). Selain dalam larutan, klorida dalam bentuk padat juga terdapat dalam mineral sodalit $[\text{Na}_8(\text{AlSiO}_4)_6]$. Pelapukan batuan dan tanah melepaskan klorida ke dalam air, yang sebagian besar bersifat larut.

Klorida terdapat di alam dengan konsentrasi yang beragam. Kadar klorida umumnya meningkat seiring dengan meningkatnya kadar mineral. Kadar klorida yang tinggi, yang diikuti oleh kadar kalsium dan magnesium yang juga tinggi, dapat meningkatkan sifat korosifitas air. Hal ini mengakibatkan terjadinya perkaratan peralatan logam. Kadar klorida $> 250 \text{ mg/l}$ dapat memberikan rasa asin pada air karena nilai tersebut merupakan batas klorida untuk suplai air, yaitu sebesar 250 mg/l .

Perairan yang diperuntukkan bagi keperluan domestik, termasuk air minum, pertanian, dan industri, sebaiknya memiliki kadar klorida lebih kecil dari 100 mg/liter . Keberadaan klorida di dalam air menunjukkan bahwa air tersebut telah mengalami pencemaran atau mendapatkan rembesan dari air laut.

Klorida tidak beracun bagi organisme, bahkan berperan dalam mengatur tekanan osmotik sel. Klorida tidak memiliki efek fisiologis yang merugikan, namun seperti amonia dan nitrat, peningkatan tiba-tiba di atas batas dapat menyebabkan kontaminasi. Toleransi klorida pada manusia bervariasi menurut iklim, penggunaan, dan hilangnya klorida melalui saluran pernapasan. Klorida dapat menyebabkan masalah jantung/ginjal.

6. Mangan

Mangan (Mn), metal kelabu-kemerahan, merupakan kation logam yang memiliki karakteristik kimia serupa dengan besi. Mangan berada dalam bentuk manganous (Mn) dan mangan (Mn). Di dalam tanah, Mn berada dalam bentuk

senyawa mangan dioksida yang sangat tak terlarut di dalam air dan mengandung karbondioksida. Pada kondisi reduksi (anaerob) akibat dekomposisi bahan organik dengan kadar yang tinggi, Mn^{+4} pada senyawa mangan dioksida mengalami reduksi menjadi Mn^{+2} yang bersifat larut. Mn^{+2} berikatan dengan nitrat, sulfat, dan klorida serta larut dalam air. Mangan dan besi valensi dua hanya terdapat pada perairan yang memiliki kondisi anaerob.

Jika air diberi aerasi secukupnya, Mn^{+2} akan mengalami oksidasi ulang menjadi Mn^{+4} , yang kemudian mengendap dan mengendap di dasar air. Mangan biasanya terdapat di air sumur dalam bentuk $Mn(HCO_3)_2$, $MnCl_2$ atau $MnSO_4$. Mangan juga dapat ditemukan di dasar tangki, di mana terjadi kondisi anaerobik akibat dekomposisi. Peningkatan pH dari 9 menjadi 10 dapat menyebabkan magnesium mengendap dalam bentuk yang tidak larut.

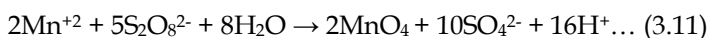
Kandungan mangan dalam air alami sekitar 0,2 mg/liter atau kurang. Tingkat yang lebih tinggi dapat diamati di air tanah dalam dan danau dalam. Air yang digunakan untuk irigasi pertanian pada tanah masam sebaiknya memiliki kandungan mangan sekitar 0,2 mg/liter, sedangkan untuk tanah netral dan basa sekitar 10 mg/liter.

Mangan adalah elemen penting bagi tumbuhan dan hewan. Logam ini berperan penting dalam pertumbuhan dan merupakan bagian penting dari sistem enzim. Kekurangan mangan dapat menyebabkan terhambatnya pertumbuhan, gangguan sistem saraf dan reproduksi. Pada tumbuhan, mangan merupakan elemen penting dalam metabolisme. Meski tidak beracun, mangan dapat mengontrol konsentrasi unsur berbahaya di dalam air, seperti logam berat. Jika dibiarkan di luar ruangan dan diberi oksigen yang cukup, air dengan kandungan mangan (Mn^{+2}) yang tinggi (lebih dari 0,01 mg/liter) akan membentuk koloid akibat oksidasi dari Mn^{+2} menjadi Mn^{+4} . Koloid ini mengalami pengendapan sehingga membentuk warna coklat tua yang menyebabkan air menjadi keruh (Wanda, Gulula and Phiri, 2012).

Mangan merupakan ion logam yang dapat menimbulkan masalah dalam sistem penyediaan air minum, masalah utama timbul pada air tanah dan kesulitannya adalah ketika sumber air mengandung mangan pada musim-musim tertentu. Hal ini disebabkan adanya reaksi-reaksi kimia yang sangat dipengaruhi oleh kondisi lingkungan. Masuknya mangan ke dalam sistem penyediaan air minum akibat adanya perubahan kondisi lingkungan sebagai hasil reaksi biologi secara garis besar dituliskan sebagai berikut :

- a. Air tanah yang mengandung mangan dalam jumlah tertentu selalu kekurangan oksigen terlarut dan mengandung karbon dioksida dalam jumlah besar. Mangan ada dalam bentuk Mn^{+2} . Kandungan karbon dioksida yang tinggi menunjukkan oksidasi bakteri yang signifikan pada bahan organik, sedangkan kekurangan oksigen terlarut menunjukkan berkembangnya kondisi anaerobik.
- b. Permasalahan mangan pada air permukaan berkaitan dengan stratifikasi reservoir, namun hanya muncul ketika kondisi anaerobik terjadi pada akuifer. Mangan terlarut yang dilepaskan dari lumpur di dasar tangki akan tertampung dalam air hipolimnion hingga terjadi refluks. Selama waktu ini, mangan terdistribusi di reservoir dan menyebabkan masalah pasokan air hingga diberikan waktu yang cukup untuk terjadinya reaksi oksidasi dan pengendapan dalam kondisi alami.
- c. Kehadiran sampah organik di sekitar sumber air menciptakan kondisi anaerobik di dalam tanah dan menyebabkan buruknya kualitas air akibat tingginya jumlah mangan terlarut.
- d. Berdasarkan pertimbangan termodinamika, hanya Mn^{+4} yang berada dalam bilangan oksidasi stabil untuk mangan dalam air beroksigen. Dengan demikian, bentuk-bentuk ini hanya dapat direduksi menjadi Mn^{+2} yang larut dalam kondisi reduksi yang sangat anaerobik.

Metode persulfat cocok untuk analisis mangan rutin karena tidak diperlukan perlakuan awal pada sampel air untuk menghindari gangguan klorida. Amonium Persulfat umumnya digunakan sebagai zat pengoksidasi. Interferensi klorida dapat dihindari dengan menambahkan Hg^{+2} sehingga membentuk kompleks HgCl_2 , karena konstanta kestabilan HgCl_2 adalah $1,7 \times 10^{13}$ dan konsentrasi ion klorida turun ke tingkat yang rendah, sehingga ion permanganat tidak dapat berkurang tergantung pada reaksinya (3.11). Ag^+ berperan sebagai katalis untuk mengoksidasi mangan dengan valensi lebih rendah.



7. Natrium

Natrium (Na) adalah salah satu unsur basa utama yang ditemukan dalam air dan merupakan kation penting yang mempengaruhi keseimbangan kation air secara keseluruhan. Unsur natrium sangat reaktif sehingga bila di dalam air ia tampak sebagai suatu senyawa. Hampir semua senyawa natrium mudah larut dalam air dan sangat reaktif.

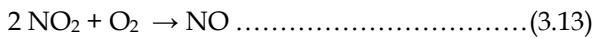
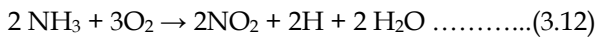
Sumber utama natrium dalam air adalah albite ($\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$), nepheline ($\text{NaAlSi}_3\text{O}_4$), halit (NaCl) dan mirabilite ($\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$). Garam natrium digunakan dalam industri, sehingga limbah industri dan limbah rumah tangga merupakan sumber natrium buatan manusia. Hampir semua perairan alami mengandung natrium dalam kisaran 1 mg/liter hingga ribuan mg/liter. Pengukuran konsentrasi natrium harus dilakukan jika air digunakan untuk minum dan irigasi pertanian.

8. Nitrat

Nitrat (NO_3) adalah bentuk utama nitrogen di perairan alami dan merupakan nutrisi utama bagi pertumbuhan tanaman dan algae. Nitrat nitrogen sangat mudah larut dalam air dan bersifat stabil. Senyawa ini dihasilkan dari proses oksidasi sempurna senyawa nitrogen di perairan.

Nitrifikasi yang merupakan proses oksidasi amonia menjadi nitrit dan nitrat merupakan proses yang penting dalam siklus nitrogen dan berlangsung pada kondisi aerob (Nas and Berkday, 2006).

Oksidasi amonia menjadi nitrit dilakukan oleh bakteri Nitrosomonas, sedangkan oksidasi nitrit menjadi nitrat dilakukan oleh bakteri Nitrobacter. Kedua jenis bakteri tersebut merupakan chemolithotrophs, yaitu bakteri yang memperoleh energi dari proses kimia. Oksidasi nitrit menjadi amonia ditunjukkan dalam persamaan reaksi (3.12), sedangkan oksidasi nitrit menjadi nitrat ditunjukkan dalam persamaan reaksi (3.13)



Proses nitrifikasi sangat dipengaruhi oleh beberapa parameter sebagai berikut :

- a. Pada kadar oksigen terlarut < 2 mg/liter, reaksi akan berjalan lambat.
- b. Nilai pH yang optimum bagi proses nitrifikasi adalah 8-9. Pada pH < 6, reaksi akan berhenti.
- c. Bakteri yang melakukan nitrifikasi cenderung menempel pada sedimen dan bahan padatan lainnya.
- d. Kecepatan pertumbuhan bakteri nitrifikasi lebih lambat daripada bakteri heterotrof. Jika perairan banyak mengandung bahan organik, pertumbuhan bakteri heterotrof akan melebihi pertumbuhan bakteri nitrifikasi.
- e. Suhu optimum proses nitrifikasi adalah 20°-25°C. Pada kondisi suhu kurang atau lebih dari kisaran tersebut, kecepatan nitrifikasi berkurang.

Amonifikasi, nitrifikasi, dan denitrifikasi merupakan proses mikrobiologis yang sangat dipengaruhi oleh suhu dan aerasi. Nitrat yang merupakan sumber nitrogen bagi tumbuhan dikonversi menjadi protein, sesuai dengan persamaan reaksi (3.14).

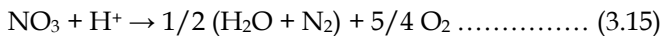


Nitrat adalah salah satu sumber utama nitrogen dalam air. Konsentrasi nitrat dalam air alami tidak pernah melebihi 0,1 mg/liter. Kadar nitrat di atas 5 mg/liter menunjukkan adanya kontaminasi antropogenik dari aktivitas manusia dan kotoran hewan. Konsentrasi nitrat di atas 0,2 mg/liter dapat menyebabkan eutrofikasi (pengayaan) air, yang selanjutnya merangsang pertumbuhan cepat alga dan tanaman air (pembungaan). Konsentrasi nitrat alami umumnya cukup rendah, namun konsentrasi nitrat bisa sangat tinggi di air tanah di daerah yang dipupuk dengan nitrat. Konsentrasi nitrat tidak boleh melebihi 10 mg NO/L atau 50 (MEE) mg NO/L.

Nitrat tidak beracun bagi organisme akuatik. Minum air dengan kandungan nitrat yang tinggi menurunkan kemampuan darah dalam mengikat oksigen, terutama pada bayi di bawah usia 5 bulan. Kondisi ini disebut dengan methemoglobinemia atau penyakit bayi biru, yang menyebabkan kulit bayi membiru (sianosis).

9. Nitrit

Di perairan alami, nitrit (NO_2) ditemukan dalam jumlah yang sangat kecil, jauh lebih sedikit dibandingkan nitrat, karena tidak stabil dengan adanya oksigen. Nitrit adalah transisi (perantara) antara amonia dan nitrat (nitrifikasi) dan antara nitrat dan gas nitrogen (denitrifikasi) yang terjadi dalam kondisi anaerobik. Proses denitrifikasi ditunjukkan dalam persamaan reaksi (3.15).



Selama denitrifikasi, gas N_2 dilepaskan dari air ke udara. Kehadiran nitrit menggambarkan proses biologis penguraian bahan organik yang sedang berlangsung dengan jumlah oksigen terlarut yang sangat rendah.

Sumber nitrit dapat berupa limbah industri dan limbah rumah tangga. Kandungan nitrit dalam air relatif rendah karena langsung teroksidasi menjadi nitrat. Di dalam air,

konsentrasi nitrit jarang melebihi 1 mg/l (Sawyer dan McCarty, 1987). Bagi manusia dan hewan, nitrit lebih beracun dibandingkan nitrat (Imneisi and Aydin, 2016).

Garam nitrit digunakan sebagai inhibitor korosi industri. Pada manusia, konsumsi nitrit yang berlebihan dapat menyebabkan terganggunya pengikatan oksigen oleh hemoglobin dalam darah sehingga terbentuk methemoglobin yang tidak dapat mengikat oksigen. Selain itu, NO_2 juga dapat menghasilkan nitrosamin ($\text{RR}'\text{N}-\text{NO}$) pada beberapa jenis air limbah sehingga berpotensi menyebabkan kanker. Penentuan nitrogen biasanya digunakan untuk mengontrol tingkat pemurnian selama pengolahan biologis.

10. Sulfat

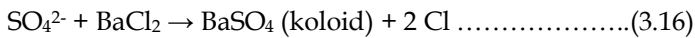
Ion sulfat (SO_4^{2-}) merupakan anion utama yang terdapat dalam air. Jumlah ion sulfat yang berlebihan dalam air minum menyebabkan bilas lambung pada manusia. Sulfat memainkan peran penting dalam distribusi air serta penggunaan umum.

Sulfat ditemukan sebagai SO_4^{2-} dalam air alami. Kehadirannya dibatasi hingga 250 mg/l air yang dikonsumsi manusia. Sulfat ditemukan dalam air alami karena mencairnya gipsium dan mineral lainnya. Sulfat juga dapat berasal dari oksidasi akhir sulfida, sulfit, dan tiosulfat dari tambang batubara tua. Kehadiran sulfat dapat menyebabkan masalah bau dan korosi pada pipa air limbah karena reduksi SO_4^{2-} menjadi S dalam kondisi anaerobik dan dengan ion H^+ membentuk H_2S (Wanda, Gulula and Phiri, 2012).

Dalam pipa, proses perubahan secara biologis terjadi selama transportasi air buangan. Perubahan ini memerlukan O_2 . Apabila kandungan O_2 tidak cukup dari aerasi natural udara dalam pipa, terjadi reduksi sulfat dan terbentuk ion sulfida. S akan berubah menjadi H_2S pada pH tertentu dan sebagian lepas ke udara di atas air buangan. Bila pipa berventilasi baik dan dindingnya kering, hal ini tidak akan menimbulkan masalah. Bila terjadi hal sebaliknya,

keseimbangan berkumpul pada dinding bagian atas pipa. H₂S larut dalam air sesuai dengan tekanan parsial udara dalam pipa dan bakteri akan mengoksidasi H₂S menjadi H₂SO₄, yang dapat merusak beton (dikenal dengan crown korosi) (Yisa, 2010).

Turbidimetri merupakan suatu metode analisis pengukuran sulfat dengan prinsip barium sulfat terbentuk setelah penambahan barium klorida pada sampel air, berguna untuk pengendapan koloid bila menggunakan buffer asam yang mengandung MgCl, kalium nitrat, natrium asetat dan asam asetat, sesuai reaksinya.



Cara ini dapat dilakukan dengan cepat dan lebih sering digunakan dibandingkan cara lainnya. Konsentrasi sulfat > 10 mg/l dapat dianalisis dengan mengambil sedikit sulfat dan melarutkannya dalam 50 ml sampel air.

11. Kalium

Kalium (K) atau potasium yang menyusun sekitar 2,5% lapisan kerak bumi adalah salah satu unsur alkali utama di perairan. Di perairan, kalium terdapat dalam bentuk ion atau berikatan dengan ion lain membentuk garam yang mudah larut dan sedikit sekali membentuk presipitasi. Cole (1988) dalam Efendi (2003) menyatakan bahwa kalium cenderung membentuk micas yang bersifat tidak larut. Kondisi ini mengakibatkan kadar kalium di perairan lebih sedikit daripada kadar natrium. Hampir 95 % dari produksi kalium digunakan sebagai pupuk bagi tanaman. Selain itu, kalium juga digunakan dalam industri gelas, farmasi, karet sintetis, sabun, detergen, dan sebagainya.

Perairan dengan rasio Na : K kurang dari 10 bersifat toksik bagi beberapa organisme akuatik. Kadar kalium yang terlalu tinggi sehingga melebihi 2.000 mg/liter berbahaya bagi sistem pencernaan dan saraf manusia. Kadar kalium sebanyak 50 mg/liter dan kadar natrium 100 mg/liter yang

terdapat secara bersamaan kurang baik bagi kepentingan industri karena dapat membentuk karat dan menyebabkan terjadinya korosi pada peralatan logam.

12. Zat Organik

Zat organik (KMnO_4) merupakan indikator umum bagi pencemaran. Tingginya zat organik yang dapat dioksidasi menunjukkan adanya pencemaran. Zat organik mudah diuraikan oleh mikroorganisme. Oleh sebab itu, bila zat organik banyak terdapat di badan air, dapat menyebabkan jumlah oksigen di dalam air berkurang. Bila keadaan ini terus berlanjut, maka jumlah oksigen akan semakin menipis sehingga kondisi menjadi anaerob dan dapat menimbulkan bau. Setiap senyawa organik mengandung ikatan karbon yang dikombinasikan antara satu elemen dengan elemen lainnya. Bahan organik berasal dari tiga sumber utama sebagai berikut (Sawyer dan McCarty, 1978):

- a. Alam, misalnya fiber, minyak nabati dan hewani, lemak hewani, alkaloid, selulosa, kanji, gula, dan sebagainya.
- b. Sintesis, yang meliputi semua bahan organik yang diproses oleh manusia.
- c. Fermentasi, misalnya alkohol, aseton, gliserol, antibiotika, dan asam; yang semuanya diperoleh melalui aktivitas mikroorganisme.

Karakteristik bahan organik yang membedakannya dari bahan anorganik adalah sebagai berikut (Sawyer dan McCarty, 1978) :

Senyawa organik biasanya mudah terbakar. Senyawa organik mempunyai titik leleh dan titik didih yang lebih rendah. Senyawa organik kurang larut dalam air. Beberapa senyawa organik memiliki formula yang serupa (isomer). Reaksi dengan senyawa lain berlangsung lambat karena bukan terjadi dalam bentuk ion, melainkan dalam bentuk molekul. Berat molekul senyawa organik bisa menjadi sangat

tinggi, seringkali lebih dari 1000. Kebanyakan senyawa organik berfungsi sebagai sumber makanan bakteri.

Organik pada sistem air alami berasal dari sumber-sumber alami maupun aktivitas manusia. Organik yang terlarut dalam air biasa ditemukan dalam dua kategori, yaitu :

a. Organik Biodegradable

Materi biodegradable mengandung organik yang dapat digunakan sebagai makanan bagi mikroorganisme yang hidup di alam dalam waktu yang singkat. Dalam bentuk terlarut, materi ini mengandung zat tepung, lemak, protein, alkohol, asam, aldehyd, dan ester. Materi ini dapat menyebabkan masalah warna, rasa, bau, serta merupakan efek kedua yang dihasilkan dari aktivitas mikroorganisme pada substansi-substansi tersebut. Penggunaan organik terlarut oleh mikroba dapat terjadi melalui proses oksidasi dan reduksi. Kondisi aerob merupakan hasil akhir dekomposisi organik oleh mikroba yang bersifat stabil dan merupakan senyawa yang masih dapat diterima. Proses anaerob menghasilkan produk yang tidak stabil dan tidak dapat diterima.

b. Organik Non Biodegradable

Beberapa materi organik resisten dari degradasi biologis. Asam tannin, lignin, selulosa, dan fenol biasa ditemukan pada sistem air alami. Molekul dengan ikatan yang kuat dan struktur cincin merupakan esensi non biodegradable. Sebagai contoh senyawa detergen alkyl benzene sulfonate (ABS), dimana dengan adanya cincin benzena, senyawa tersebut tidak dapat terbiodegradasi. Sebagai surfaktan, ABS menyebabkan busa pada IPAL dan meningkatkan kekeruhan.

Beberapa organik yang *non biodegradable* bersifat toksik bagi organisme. Hal ini ditemukan pada pestisida organik, beberapa industri kimia, dan campuran hidrokarbon yang berkombinasi dengan klorin. Sebagian besar pestisida bersifat toksik kumulatif dan

menyebabkan beberapa masalah pada rantai makanan yang lebih tinggi.

Pengukuran organik *non biodegradable* dapat dilakukan menggunakan tes COD (*Chemical Oxygen Demand*). Organik non biodegradable dapat ditentukan dari analisa TOC (*Total Organic Compound*). BOD dan TOC dapat mengukur fraksi biodegradable dari organik, dimana BOD harus di substraksi dari COD dan TOC untuk menghitung organik non biodegradable.

Secara umum, komponen penyusun materi organik terdiri dari :

a. Unsur mikro :

Unsur mikro meliputi Nitrogen (N), Fosfor (P), Sulfur (S)

b. Unsur makro :

Unsur makro meliputi Karbon (C), Hidrogen (H), Oksigen (O)

Penetapan materi organik dapat dilakukan dengan metode Titrasi Permanganometri, yang dapat dituliskan dalam persamaan reaksi (2.20).

Zat anorganik + $\text{KMnO}_4 \rightarrow$ tidak berubah warna lagi + Zat organik $\text{KMnO}_4 + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \dots\dots\dots(2.20)$

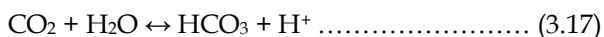
Pada penetapan zat organik dengan metode Titrasi Permanganometri, digunakan KMnO_4 untuk membedakan antara zat organik dan zat anorganik. KMnO_4 dapat mengoksidasi zat-zat anorganik jauh lebih cepat daripada zat organik, selain itu proses reduksi zat organik oleh KMnO_4 memerlukan temperatur yang lebih tinggi. Penetapan zat organik hanya dapat dilakukan setelah seluruh reduktor (KMnO_4) telah habis bereaksi dengan zat anorganik. Zat organik dioksidasi oleh KMnO_4 berlebih dalam suasana asam dan panas. Kelebihan KMnO_4 akan direduksi oleh asam oksalat berlebih dan kelebihan asam oksalat akan dititrasi kembali oleh KMnO_4 . Hal ini dapat juga dilakukan menggunakan Hexane-Extractable pada air tersuspensi. Prinsipnya adalah adsorpsi dan flokulasi dengan hidroksida

aluminium dari materi organik tersuspensi. Kandungan materi organik dalam air dapat dijadikan indikator pencemar bila konsentrasinya cukup tinggi, karena zat organik dapat diuraikan secara alami oleh bakteri sehingga kadar DO menurun.

13. CO₂ Agresif

Karbondioksida (CO₂) adalah komponen normal dalam semua air alami dan merupakan gas yang mudah larut dalam air. CO₂ di alam terdiri dari CO₂ bebas dan CO₂ terikat yang tergantung pada pH air. CO₂ bebas terdiri dari CO₂ yang berada dalam kesetimbangan, diperlukan untuk memelihara ion bikarbonat (HCO₃) dan CO₂ agresif yang dapat melarutkan CaCO₃ dan bersifat korosif. CO₂ terikat hadir dalam bentuk bikarbonat (HCO₃) dan karbonat (CO₃). CO₂ agresif merupakan CO₂ yang berada dalam keseimbangan dan diperlukan untuk memelihara ion bikarbonat dalam air.

Air permukaan pada umumnya mengandung < 10 mg CO₂ bebas/liter, namun beberapa air tanah mengandung lebih banyak lagi. Tidak semua CO₂ bersifat agresif. CO₂ bersifat agresif apabila terjadi kesetimbangan dalam reaksi (3.17).



Kadar HCO₃ yang meningkat membuat kesetimbangan bergeser ke arah CO₂. CO₂ menjadi agresif dan berusaha mempercepat kesetimbangan melalui reaksi dengan CaCO₃ atau benda lain sehingga terjadi kekorosifan. CO₂ dapat berasal dari beberapa sumber, antara lain :

- a. Masuknya CO₂ melalui air permukaan oleh absorpsi dari atmosfer. Hal ini hanya terjadi ketika konsentrasi CO₂ dalam air lebih kecil daripada konsentrasi CO₂ dalam atmosfer dan mengikuti Hukum Henry, yang berbunyi "Antara konsentrasi CO₂ di udara dengan CO₂ terlarut

dalam air akan terjadi kesetimbangan ($\text{CO}_2 \text{ atm} \leftrightarrow \text{CO}_2 \text{ terlarut}$)”.

- b. Proses oksidasi biologi materi organik. Hal ini terutama terjadi pada air tercemar. Oksidasi bakteri tersebut mengeluarkan CO_2 sebagai hasil akhir, baik aerob maupun anaerob.
- c. Aktivitas fotosintesis yang dibatasi. Hal ini terjadi apabila konsentrasi CO_2 dalam air lebih besar daripada konsentrasi CO_2 di atmosfer.
- d. Perkolasi air ke dalam tanah. Air tanah mengandung 30 – 50 mg/l CO_2 . Hal ini disebabkan air mengalami perkolasi dalam tanah yang tidak mengandung cukup kalsium/magnesium karbonat untuk menetralkan CO_2 melalui pembentukan bikarbonat.
- e. Spesies karbon, misal CaCO_3 (kapur).
- f. Proses dekomposisi materi organik.

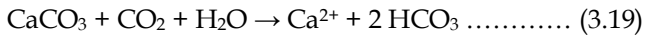
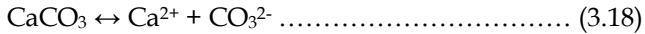
Air yang banyak mengandung CO_2 akan bersifat korosif karena dapat melarutkan logam yang terdapat pada pipa penyaluran air sehingga dapat terjadi korosi pada pipa distribusi air minum. Korosi disebabkan air mempunyai pH rendah, yang disebabkan adanya kandungan CO_2 agresif yang tinggi.

Beberapa metode penentuan CO_2 agresif yang dapat dilakukan antara lain :

- a. Metode Nomografik

Dilakukan menggunakan grafik Mudlein-Frankfurt dan Langelier Index dengan satuan mg/l. Parameter yang harus diketahui bila menggunakan metode ini adalah CO_2 bebas (ditetapkan sesuai prosedur penetapan asiditas dan alkalinitas) dan HCO_3^- (kesadahan sementara). Jika hasilnya berada di atas kesetimbangan, maka terdapat CO_2 agresif dan jika hasilnya berada di bawah kesetimbangan, maka tidak terdapat CO_2 agresif. Index CO_2 dikatakan agresif jika konsentrasi CO_2 dalam air dan konsentrasi CO_2 seimbang. Air agresif terhadap CaCO_3 jika mengandung CO_2 terlarut yang lebih besar daripada

kondisi setimbang menurut persamaan reaksi (2.22) dan (2.23).



Kondisi A=agresif $\rightarrow [\text{CO}_2] \text{ terlarut} > [\text{CO}_2] \text{ setimbang}$

Kondisi B=setimbang $\rightarrow [\text{CO}_2] \text{ ada} = [\text{CO}_2] \text{ setimbang}$

Kondisi C=pengendapan $\rightarrow [\text{CO}_2] \text{ ada} < [\text{CO}_2] \text{ setimbang}$

b. Metode Teoritis

Metode Teoritis dilakukan dengan menggunakan pH dan kadar HCO_3 dalam air, berdasarkan kemampuan air dalam melarutkan marmer.

c. Metode Titasi

Metode ini dapat dilakukan baik secara potensiometri maupun dengan indikator. Beberapa hal yang menyebabkan pentingnya pemeriksaan CO_2 di dalam air sebagai berikut :

- 1) Merupakan karakteristik kualitas air yang penting, yaitu kemampuan untuk mempertahankan keseimbangan pH (buffer capacity).
- 2) Berhubungan dengan proses pelunakan, koagulasi, dan netralisasi.
- 3) Berhubungan dengan masalah korosi dan kesadahan dalam air.

Beberapa metode yang dapat dilakukan untuk menghilangkan CO_2 agresif dalam air antara lain:

a. Aerasi.

Metode ini dilakukan dengan cara mengeluarkan CO_2 dalam air dengan memasukkan O_2 agar CO_2 yang ada dalam air kembali ke atmosfer.

b. Penambahan zat kimia yaitu kapur (CaO) dan batu marmer (CaCO_3) untuk menaikkan pH air sampai 8,3.

Agar memperoleh hasil yang baik, perlu diperhatikan pengumpulan, penanganan, dan analisa CO . Dibandingkan di dalam air, tekanan parsial CO lebih besar di atmosfer, oleh

karena itu pengukuran CO di udara harus dihindari dengan cara menutup rapat kontainer yang digunakan.

14. Daya Pengikat Chlor (DPC)

Dalam pengolahan air diperlukan pembubuhan senyawa desinfektan yang bertujuan mencegah penyebaran waterborne disease (penyakit bawaan air). Berbagai macam zat kimia seperti ozon (O_3), klor (Cl_2), klor dioksida (ClO_2), dan proses fisik seperti penyinaran dengan UV dan pemanasan digunakan untuk desinfeksi air. Dari berbagai macam zat, klor merupakan zat kimia yang sering digunakan karena harganya murah dan masih mempunyai daya desinfeksi sampai beberapa jam setelah pembubuhannya (residuklor).

Selain membasmi bakteri dan mikroorganisme seperti amoeba dan ganggang, klor dapat mengoksidasi ion-ion logam seperti Fe dan Mn menjadi Fe dan Mn serta memecah molekul organik seperti warna. Selama proses tersebut, klor direduksi menjadi klorida (Cl) yang tidak mempunyai daya desinfeksi.

Klor berasal dari gas klor (Cl_2), $NaOCl$, $Ca(OCl)_2$ (kaporit), atau larutan $HOCl$ (asam hipoklorit). Breakpoint chlorination (klorinasi titik retak) merupakan jumlah klor yang dibutuhkan sehingga semua zat yang dioksidasi dapat teroksidasi, amoniak hilang sebagai N_2 , serta masih ada residu klor aktif terlarut yang konsentrasinya dianggap perlu untuk pembasmian mikroorganisme.

Klorin digunakan dalam bentuk klorin bebas atau hipoklorit. Kedua unsur ini berfungsi sebagai potensial agen oksidasi. Klorin bereaksi dengan air membentuk hipoklorus dan asam hipoklorit sesuai reaksi (3.20).



Klorin Dioksida merupakan agen desinfeksi yang efektif, terutama untuk air yang mempunyai pH tinggi. Selain itu, senyawa ini sangat efektif untuk memecah fenol.

Klorin Dioksida merupakan gas yang tidak stabil dan dihasilkan dari penggabungan senyawa sodium klorida dengan klorin kuat. Desinfeksi dengan ozon merupakan salah satu desinfektan kuat lainnya. Ozon lebih efektif bila konsentrasi air rendah.

Gas klor merupakan oksidan yang kuat sehingga bersifat racun bagi manusia. Pada konsentrasi rendah, klorin membunuh mikroorganisme dengan memasuki sel dan bereaksi dengan enzim serta protoplasma. Pada konsentrasi yang lebih tinggi, oksidasi dinding sel akan memusnahkan organisme tersebut. Beberapa faktor yang mempengaruhi hal ini antara lain bentuk klor, pH, konsentrasi, waktu kontak, tipe organisme, dan temperatur.

Dampak penambahan klorin bagi kesehatan secara langsung sebenarnya tidak ada, tetapi penambahan klorin berlebih menyebabkan air menjadi payau. Fungsi lain dari klorin adalah: sebagai tracer, detektor kontaminasi pada air tanah, kontrol pemompaan air tanah pada lokasi dimana ada intrusi air laut.

15. Asiditas

Asiditas adalah kapasitas kuantitatif air untuk bereaksi dengan basa kuat sehingga menstabilkan pH hingga mencapai 8,3 atau kemampuan air untuk mengikat OH untuk mencapai pH 8,3 dari pH asam yang rendah. Semua air yang memiliki pH < 8,5 mengandung asiditas.

Pada dasarnya, asiditas (keasaman) tidak sama dengan pH. Asiditas melibatkan dua komponen, yaitu jumlah asam, baik asam kuat maupun asam lemah (misalnya asam karbonat dan asam asetat), serta konsentrasi ion hidrogen.

Pada kebanyakan air alami, air buangan domestik, dan air buangan industri bersifat buffer karena sistem karbondioksida-bikarbonat. Pada titrasi beberapa asam lemah, dapat diketahui bahwa titik akhir stoikiometri dari asam karbonat tidak dapat dicapai sampai pH sekitar 8,5. Oleh karena itu dapat disimpulkan bahwa semua air yang

memiliki $\text{pH} < 8,5$ mempunyai sifat asiditas. Biasanya titik akhir phenolphthalein pada pH 8,2 sampai 8,4 digunakan sebagai titik referensi.

Dari titrasi terhadap asam karbonat dan asam kuat, diketahui bahwa asiditas dari air alami disebabkan oleh CO_2 yang merupakan agen efektif dalam air yang memiliki $\text{pH} > 3,7$ atau disebabkan oleh asam mineral kuat yang merupakan agen efektif dalam air dengan $\text{pH} < 3,7$. Dapat dikatakan bahwa asiditas di dalam air disebabkan oleh CO_2 terlarut dalam air, asam-asam mineral (H_2SO_4 , HCl , HNO_3), dan garam dari asam kuat dengan basa lemah. Ada dua macam asiditas yaitu:

a. Asiditas Total (Asiditas Phenolphthalein)

Asiditas total merupakan asiditas yang disebabkan adanya CO_2 dan asam mineral. Karbondioksida merupakan komponen normal dalam air alami. Sumber CO_2 dalam air dapat berasal dari absorpsi atmosfer, proses oksidasi biologi materi organik, aktivitas fotosintesis, dan perkolasi air dalam tanah. Karbondioksida dapat masuk ke permukaan air dengan cara adsorpsi dari atmosfer, tetapi hanya dapat terjadi jika konsentrasi CO_2 dalam air $<$ kesetimbangan CO_2 di atmosfer. Karbon Dioksida dapat diproduksi dalam air melalui oksidasi biologi dari materi organik, terutama pada air tercemar. Pada beberapa kasus, jika aktivitas fotosintesis dibatasi, konsentrasi CO_2 di dalam air dapat melebihi ke-seimbangan CO_2 di atmosfer dan CO_2 akan keluar dari air. Air permukaan secara konstan mengadsorpsi atau melepas CO_2 untuk menjaga keseimbangan dengan atmosfer.

Air tanah dan air dari lapisan hipolimnion di danau dan reservoir biasanya mengandung CO_2 dalam jumlah yang cukup banyak. Konsentrasi ini dihasilkan dari oksidasi materi organik oleh bakteri dimana materi organik ini mengalami kontak dengan air dan pada kondisi ini CO_2 tidak bebas untuk keluar ke atmosfer. CO_2 merupakan produk akhir dari oksidasi bakteri secara

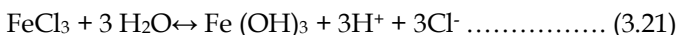
anaerobik dan aerobik. Oleh karena itu konsentrasi CO₂ tidak dibatasi oleh jumlah oksigen terlarut.

b. Asiditas Mineral (Asiditas Metil Orange)

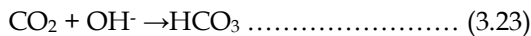
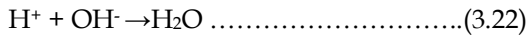
Asiditas mineral merupakan asiditas yang disebabkan oleh asam mineral. Dapat juga disebut asiditas metil orange karena untuk menentukan titik akhir titrasi digunakan indikator metil orange untuk mencapai pH 3,7. Asiditas mineral di dalam air dapat berasal dari industri metalurgi, produksi materi organik sintetik, drainase buangan tambang, dan hidrolisis garam-garam logam berat.

Asiditas mineral terdapat di limbah industri, terutama industri metalurgi dan produksi materi organik sintetik. Beberapa air alami juga mengandung asiditas mineral. Kebanyakan dari limbah industri mengandung asam organik. Kehadirannya di alam dapat ditentukan dengan titrasi elektrometri dan gas kromatografi.

Garam logam berat, terutama yang bervalensi 3, terhidrolisa dalam air untuk melepaskan asiditas mineral sesuai dengan reaksi (3.21).



Kehadirannya dapat diketahui dari pembentukan endapan ketika pH larutan meningkat selama netralisasi. Air yang mengandung asiditas biasanya bersifat korosif sehingga memerlukan banyak biaya untuk menghilangkan substansi yang menyebabkan korosi (umumnya CO₂). Jumlah keberadaan asiditas merupakan faktor penting dalam penentuan metode pengolahan, apakah dengan aerasi atau netralisasi sederhana dengan kapur atau sodium hidroksida. CO₂ merupakan pertimbangan penting dalam mengestimasi persyaratan kimia untuk pelunakan kapur/kapur soda. Dalam penelitian ini, digunakan titrasi asam basa dengan indikator phenolphtalein (p) dan metil orange(m) sesuai reaksi (3.22) sampai (3.24).



Karbondioksida dan asiditas mineral dapat diukur dengan larutan standar menggunakan reagen alkaline. Asam mineral dapat diukur dengan titrasi pada pH 3,7 sehingga disebut asiditas metil orange. Titrasi contoh air pada pH mencapai 8,3 dapat mengukur asam mineral dan asiditas dari asam lemah. Asam mineral dapat dinetralkan ketika pH mencapai 3,7. Hasil yang diperoleh dinyatakan dalam CaCO_3 . Karena CaCO_3 memiliki berat ekuivalen 50, maka N/50 NaOH digunakan sebagai agen penitrasi sehingga 1 ml ekuivalen dengan 1 mg asiditas.

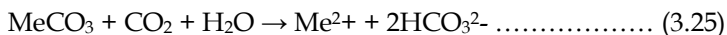
16. Alkalinitas

Alkalinitas adalah kapasitas air untuk menetralkan tambahan asam tanpa menurunkan pH larutan atau dikenal dengan sebutan *acid-neutralizing capacity* (ANC) atau kuantitas anion di dalam air yang dapat menetralkan kation hidrogen. Alkalinitas merupakan hasil reaksi terpisah dalam larutan dan merupakan analisa makro yang menggabungkan beberapa reaksi. Alkalinitas merupakan kemampuan air untuk mengikat ion positif hingga mencapai pH 4,5.

Alkalinitas dalam air disebabkan oleh ion-ion karbonat (CO_3^{2-}), bikarbonat (HCO_3^-), hidroksida (OH^-), borat (BO_4^{2-}), fosfat (PO_4^{3-}), silikat (SiO_4^{4-}), ammonia, asam organik, garam yang terbentuk dari asam organik yang resisten terhadap oksidasi biologis. Dalam air alami, alkalinitas sebagian besar disebabkan adanya bikarbonat, karbonat, dan hidroksida. Pada keadaan tertentu, keberadaan ganggang dan lumut dalam air menyebabkan turunnya kadar CO_2 dan HCO_3^- sehingga kadar CO_3^{2-} dan OH^- naik dan pH larutan menjadi naik.

Alkalinitas dihasilkan dari karbondioksida dan air yang dapat melarutkan sedimen batuan karbonat menjadi bikarbonat. Jika merupakan logam alkali tanah (misalnya

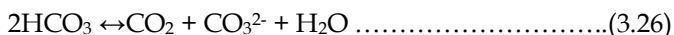
kalsium dan magnesium), maka reaksi yang menggambarkan pelarutan batuan karbonat ditunjukkan dalam reaksi (3.25).



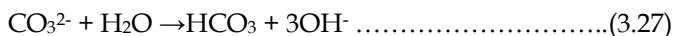
Kalsium karbonat merupakan senyawa yang memberi kontribusi terbesar terhadap nilai alkalinitas dan kesadahan di perairan tawar. Senyawa ini terdapat di dalam tanah dalam jumlah yang berlimpah sehingga kadarnya di perairan tawar cukup tinggi. Kelarutan kalsium karbonat menurun dengan meningkatnya suhu dan meningkat dengan keberadaan karbondioksida. Kalsium karbonat bereaksi dengan karbon dioksida membentuk kalsium bikarbonat $[\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2]$ yang memiliki daya larut lebih tinggi dibandingkan dengan kalsium karbonat (CaCO_3).

Tingginya kadar bikarbonat di perairan disebabkan oleh ionisasi asam karbonat, terutama pada perairan yang banyak mengandung karbondioksida (kadar CO_2 mengalami saturasi/jenuh). Reaksi pembentukan bikarbonat dari karbonat adalah reaksi setimbang dan mengharuskan keberadaan karbondioksida untuk mempertahankan bikarbonat dalam bentuk larutan. Jika kadar karbondioksida bertambah atau berkurang, maka akan terjadi perubahan kadar ion bikarbonat.

Bikarbonat mengandung asam (CO_2) dan basa (CO_3^{2-}) pada konsentrasi yang sama, seperti yang ditunjukkan dalam persamaan reaksi (2.30).



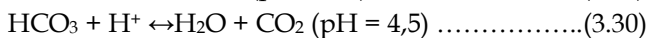
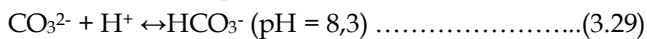
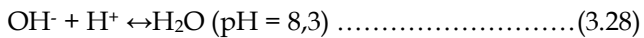
Selain karena bereaksi dengan ion H^+ , karbonat dianggap basa karena dapat mengalami hidrolisis menghasilkan OH^- seperti persamaan reaksi (2.31).



Sifat kebasaaan CO_3^{2-} lebih kuat daripada sifat keasaman CO_2 sehingga pada kondisi kesetimbangan, ion OH^- dalam larutan bikarbonat selalu melebihi ion H^+ .

Akumulasi hidroksida menyebabkan perairan yang banyak ditumbuhi algae memiliki nilai pH yang tinggi, sekitar 9-10. Nilai alkalinitas sangat dipengaruhi oleh pH. Dengan kata lain, alkalinitas berperan sebagai sistem penyangga (buffer) agar perubahan pH tidak terlalu besar.

Alkalinitas ditetapkan melalui titrasi asam basa. Asam kuat seperti asam sulfat dan asam klorida dapat menetralkan zat-zat alkalinitas yang bersifat basa sampai titik akhir titrasi (titik ekuivalensi) kira-kira pada pH 8,3 dan 4,5. Titik akhir ini dapat ditentukan oleh jenis indikator yang dipilih dan perubahan nilai pH pada pH meter waktu titrasi asam basa. Reaksi yang terjadi ditunjukkan dalam persamaan reaksi (3.28) sampai (3.30).



Jumlah asam yang diperlukan untuk mencapai titik akhir pada pH 8,3 (sebagian dari alkalinitas total) dikenal sebagai nilai P (phenolphthalein) dan yang diperlukan sampai pH 4,3 dikenal sebagai nilai T (total alkalinity) atau M (metil orange).

Air ledeng memerlukan ion alkalinitas dalam konsentrasi tertentu. Jika kadar alkalinitas terlalu tinggi dibandingkan kadar Ca dan Mg, air menjadi agresif dan menyebabkan karat pada pipa. Alkalinitas yang rendah dan tidak seimbang dengan kesadahan dapat menyebabkan timbulnya kerak CaCO_3 pada dinding pipa yang memperkecil diameter/penampang basah pipa.

Satuan alkalinitas dinyatakan dengan mg/liter kalsium karbonat (CaCO_3) atau mili-ekuivalen/liter. Selain bergantung pada pH, alkalinitas juga dipengaruhi oleh komposisi mineral, suhu, dan kekuatan ion. Nilai alkalinitas perairan alami hampir tidak pernah melebihi 500 mg/liter CaCO_3 . Perairan dengan nilai alkalinitas yang terlalu tinggi tidak terlalu disukai oleh organisme akuatik karena biasanya

diikuti dengan nilai kesadahan yang tinggi atau kadar garam natrium yang tinggi.

Nilai alkalinitas berkaitan erat dengan korosivitas logam dan dapat menimbulkan permasalahan pada kesehatan manusia, terutama yang berhubungan dengan iritasi pada sistem pencernaan (gastro intestinal). Nilai alkalinitas yang baik berkisar antara 30-500 mg/liter CaCO_3 . Perairan dengan nilai alkalinitas >40 mg/liter CaCO_3 disebut perairan sadah (hard water), sedangkan perairan dengan nilai alkalinitas < 40 mg/liter disebut perairan lunak (soft water).

Alkalinitas biasanya dinyatakan sebagai :

a. Alkalinitas Phenolphthalein

Alkalinitas phenolphthalein dapat diketahui dengan titrasi asam sampai mencapai pH dimana HCO merupakan spesies karbonat dominan (pH= 8,3).

b. Alkalinitas Total

Alkalinitas total dapat diketahui dengan titrasi asam untuk mencapai titik akhir metil orange (pH=4,5) dimana spesies karbonat dan bikarbonat telah dikonversi menjadi CO_2 .

Alkalinitas pada air memberikan sedikit masalah kesehatan. Alkalinitas yang tinggi menyebabkan rasa air yang tidak enak (pahit). Pengukuran asiditas alkalinitas harus dilakukan sesegera mungkin dan biasanya dilakukan di tempat pengambilan contoh. Batas waktu yang dianjurkan adalah 14 hari.

C. Parameter Biologis

Berbagai jenis bakteri patogen dapat ditemukan dalam sistem penyediaan air bersih, walaupun dalam konsentrasi yang rendah. Analisa mikrobiologi untuk bakteri tersebut dilakukan berdasarkan organisme petunjuk (indicator organism). Bakteri ini menunjukkan adanya pencemaran oleh tinja manusia dan hewan berdarah panas lainnya, serta mudah dideteksi. Bila organisme petunjuk ini ditemui dalam contoh air, berarti air

tersebut tercemar oleh bakteri tinja serta ada kemungkinan mengandung bakteri patogen (Azwar, 1979). Bila contoh air tidak mengandung organisme petunjuk berarti tidak ada pencemaran oleh tinja dan air tidak mengandung bakteri patogen. Pengujian dengan mikroorganisme petunjuk merupakan cara yang paling mudah untuk menentukan pencemaran air oleh bakteri patogen dan dapat dilakukan secara rutin. Syarat mikroorganisme indikator antara lain:

1. Terdapat dalam air tercemar dan tidak ada dalam air tidak tercemar,
2. Terdapat dalam air bila ada mikroorganisme patogen,
3. Jumlahnya berkorelasi dengan kadar polusi,
4. Mempunyai kemampuan bertahan hidup lebih besar daripada patogen,
5. Mempunyai sifat yang seragam dan mantap,
6. Tidak berbahaya bagi manusia dan hewan,
7. Jumlahnya lebih banyak daripada organisme patogen (hal ini menyebabkan lebih mudah terdeteksi), dan
8. Mudah dideteksi dengan teknik-teknik laboratorium yang sederhana.

Beberapa bakteri atau kelompoknya indikator, di antaranya, *E. coli* dan *coliform* lainnya memenuhi hampir semua syarat sebagai mikroorganisme indikator ideal. Bakteri tersebut dianggap indikator pencemaran bakteriologis air minum.

Coliform termasuk dalam keluarga *Enterobacteriaceae* dan genus *Escherichia* dengan karakteristik bakteri yang mempunyai bentuk batang, Gram Negatif, sangat motil, tidak berspora, dan bersifat aerob fakultatif dengan memanfaatkan oksigen pada kondisi aerob dan melakukan fermentasi pada kondisi anaerob (Jawetz, *et al.*, 1986).

Enterobacter aerogenes merupakan salah satu coliform yang bersifat non-fecal coliform. Bakteri ini berasal dari tanah dan beberapa sumber selain dari saluran pencernaan mamalia dan hewan berdarah panas. Karakteristik fermentasi dari bakteri ini yang membedakan dengan *E.coli* adalah kemampuannya

untuk merubah piruvat menjadi aseton dan 2,3-butanediol serta tidak mampu membentuk Suksinat.

Pemeriksaan coliform merupakan pemeriksaan untuk mendeteksi keberadaan dan memperkirakan jumlah bakteri coliform dalam air yang diperiksa. Terdapat 3 metode yang dapat digunakan dalam menganalisa coliform yaitu: metoda Tabung Fermentasi (*Most Probable Number* =MPN), metode Penyaringan dengan Membran dan metode *Standard Plate Count* (SPC). Metode MPN dan Penyaringan dengan Membran lebih cocok untuk tes coliform total dan tes *E. coli* (Alearts, et al., 1984). Metode Penyaringan dengan Membran lebih tepat digunakan pada sampel air yang tampak keruh, sehingga memerlukan penyaringan dahulu (biasanya untuk air bersih atau kotor), sedangkan air minum telah tampak jernih karena telah mengalami filtrasi pada proses pengolahannya.

1. Metoda Tabung Fermentasi atau sering disebut *Most Probable Number* (MPN)

Prinsip Analisa MPN hampir sama dengan prinsip analisa SPC, tetapi bakteri tidak berkembang pada media agar-agar, melainkan dalam media tersuspensi pada kaldu(broth) yang mengandung gizi untuk pertumbuhannya. (Alaerts, et al., 1984) Bakteri-bakteri tersebut dapat dideteksi karena mampu memfermentasikan laktosa yang kemudian menghasilkan gas serta menyebabkan terjadinya perubahan pH.

Metode MPN menggunakan tabung 3-3-3 atau 5-5-5 dengan tahapan sebagai berikut(Avvannavar and Shrihari, 2008):

- a. Tes Presumtif : Tabung 3-3-3 diisi sampel air minum sebanyak 10 ml, 1 ml, 0,1 ml, lalu diinkubasi dengan pengamatan 2×24 jam;
- b. Tes Konfirmasi/Penegasan, Pada tabung reaksi dan tabung Durham yang berisi gelembung gas, cairan dalam tabung tersebut diambil 2 tetes dimasukkan ke tabung reaksi bermedia kaldu EC dan tabung Durham lalu diinkubasi selama 2 x 24 jam;

- c. Tes Pelengkap, Hasil yang positif dipindahkan ke tabung reaksi yang berisi kaldu laktosa dan medium agar.

Penghitungan MPN memakai rumus :

$100 \times \text{jumlah tabung positif gas/semua tabung yang negatif (ml)} \times \text{jumlah semua tabung (ml)}$

2. Standard Plate Count (SPC)

Prinsip analisa SPC dan penyaringan dengan membran adalah berdasarkan sifat bakteri yang berkembang biak dalam waktu 24 sampai 72 jam pada suhu tertentu dan dalam suasana yang cocok yaitu pada media yang terdiri dari agar-agar (dari bahan yang netral) yang mengandung beberapa jenis zat kimia yang merupakan gizi bagi bakteri tertentu serta dapat mengatur nilai pH.

3. Metode Filtrasi Membran

Sampel air disaring melalui membran berukuran pori 0.45 mm. Pada langkah ini, membran diinkubasi pada agar. Koloni bakteri (atau sel lain) yang menempel di membran dapat diukur dan digunakan untuk menentukan kepadatan bakteri. Keterbatasan metode Filtrasi Membran antara lain:

- a. Materi partikulat menyumbat pori-pori dan menghambat lewatnya volume air tertentu selama pemrosesan spesimen keruh yang mengandung bahan tersuspensi dalam jumlah besar.
- b. Penting untuk mengencerkan sebagian sampel dalam pengencer steril untuk menjamin bahwa ada volume yang cukup untuk menyaring seluruh permukaan membran saat menguji volume kecil sampel (seperti limbah limbah atau air permukaan yang tercemar parah).

Metode SPC digunakan untuk tes bakteri total, sedangkan metoda penyaringan dengan membran dan MPN lebih cocok untuk analisa total coliform dan fecal coliform. Analisis total coliform dan fecal coliform menggunakan metode penyaringan dengan membran lebih

baik dibandingkan dengan metode MPN karena beberapa hal sebagai berikut:

- a. Hanya membutuhkan satu kali analisa sedangkan metoda MPN membutuhkan dua sampai tiga kali analisis.
- b. Waktu inkubasi lebih cepat.
- c. Hasil analisisnya memberikan angka konsentrasi dengan ketelitian yang cukup tinggi sedangkan metoda MPN hanya memberikan angka konsentrasi secara statistik yang paling memungkinkan.

Walaupun mempunyai kekurangan dibandingkan metoda penyaringan dengan membran, pada banyak sumber literatur dan daftar analisa baku metoda MPN masih banyak digunakan.

Gangguan yang dapat menyebabkan ketidakakuratan hasil analisa coliform dalam air minum adalah adanya konsentrasi sisa klor dalam air. Klor dapat membunuh bakteri sehingga dapat mengganggu analisa coliform. Pada air yang mengandung klor, sebelum analisa harus ditambahkan 0,1 ml larutan pereduksi per 125 ml contoh air. Larutan pereduksi yang digunakan adalah 10 gram $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4$ per 100 ml air suling yang steril. Dengan penambahan larutan ini, kadar residu klor dapat dinetralkan sampai 15 mgCl_2/L . Jika contoh air mengandung logam berat seperti Cu^{+2} dan Cr (VI) dengan kadar lebih dari 0,01 mg/l , diperlukan penambahan larutan EDTA 0,15 g/ml sebanyak 3 ml dalam contoh air.

Jumlah Perkiraan Terdekat (JPT) bakteri Coliform/100 cc air digunakan sebagai indikator kelompok mikrobiologis. Suatu bakteri dapat dijadikan indikator bagi kelompok lain yang patogen didasarkan atas beberapa hal sebagai berikut :

Bakteri tersebut harus tidak patogen. Harus berada di air apabila kuman patogen juga ada atau mungkin sekali ada, dan terdapat dalam jumlah yang jauh lebih besar. Jumlah kuman indikator harus dapat dikorelasikan dengan probabilitas adanya kuman patogen. Mudah dan cepat dapat dikenali dengan cara laboratorium yang murah.

Harus dapat dikuantifikasi dalam tes laboratoris. Tidak berkembang biak apabila kuman patogen tidak berkembang biak. Dapat bertahan lebih lama daripada kuman patogen di dalam lingkungan yang tidak menguntungkan.

Namun demikian, terdapat berbagai kelemahan pada bakteri Coliform yang mungkin sekali perlu diubah, antara lain sebagai berikut :

Tidak sepenuhnya apatogen. Tidak semua bakteri Coliform berasal dari usus manusia, dapat berasal dari hewan dan bahkan ada yang hidup bebas. Oleh karena itu terdapat tes lanjutan yang bertujuan untuk memeriksa E. coli yang pasti berasal dari tinja. Tidak sepenuhnya dapat mewakili virus karena Coliform musnah lebih dahulu oleh khlor sedangkan virus tidak. Kista amoeba dan telur cacing juga tahan lebih lama di dalam saluran air bersih dibandingkan bakteri Coliform. Bakteri Coliform dapat berkembang biak dalam air walaupun secara terbatas.

DAFTAR PUSTAKA

- Association, A. P. H. (2017) *Standard Methods for Examination of Water & Wastewater*. 23rd edn. Washington DC.
- Avvannavar, S. M. and Shrihari, S. (2008) 'Evaluation of Water Quality Index for Drinking Purposes for River Netravathi, Mangalore, South India.', *Environmental monitoring and assessment*, 143(1-3), pp. 279-90. doi: 10.1007/s10661-007-9977-7.
- Chang, H. (2005) 'Spatial and Temporal Variations of Water Quality in the Han River and Its Tributaries, Seoul, Korea, 1993-2002', *Water, Air, & Soil Pollution*, 161(1-4), pp. 267-284. doi: 10.1007/s11270-005-4286-7.
- Davidson, T. (2003) *Fundamental of Hydrology*, Routledge, Taylor & Francis Group, London, New York.
- Gupta, N., Pandey, P. and Hussain, J. (2017) 'Effect of Physicochemical and Biological Parameters on The Quality of River Water of Narmada, Madhya Pradesh, India', *Water Science*, 31(1), pp. 11-23. doi: 10.1016/j.wsj.2017.03.002.
- Imneisi, I. B. and Aydin, M. (2016) 'Water Quality Index (WQI) for Main Source of Drinking Water (Karaçomak Dam) in Kastamonu City, Turkey', *Journal of Environmental & Analytical Toxicology*, 6(5). doi: 10.4172/2161-0525.1000407.
- Kementarian Kesehatan RI (2010) 'PMK_No._492_ttg_Persyaratan_Kualitas_Air_Minum.pdf'.
- Marsidi, Ruliasih. Zeolit untuk Mengurangi Kesadahan Air. *Jurnal Teknologi Lingkungan*, Vol.2, No.1, Januari 2001 : 1-10
- Nas, B. and Berkday, A. (2006) 'Groundwater Contamination by Nitrates in The City of Konya, (Turkey): a GIS perspective.', *Journal of environmental management*, 79(1), pp. 30-7. doi: 10.1016/j.jenvman.2005.05.010.
- Rajes, J. et al. (2017) 'Assessment of Ground Water Quality for a Developing Town in Puducherry Union Territory using

- Water Quality Index', *IJSDR1709016 International Journal of Scientific Development and Research*, 2(9), pp. 94–99. Available at: www.ijedr.org94.
- Sawyer, C.N., and P.L. McCarty. 1978. *Chemistry for Sanitary Engineers*. 3 th Ed. McGraw-Hill Book Company. Tokyo
- Sharma, S. *et al.* (2008) 'Statistical Evaluation of Hydrobiological Parameters of Narmada River water at Hoshangabad City, India.', *Environmental monitoring and assessment*, 143(1–3), pp. 195–202. doi: 10.1007/s10661-007-9968-8.
- Todd, D. K. 1970. *The Water Encyclopedia*. Water Information Center, Port Washington. New York
- Wanda, E. M. M., Gulula, L. C. and Phiri, G. (2012) 'Determination of Characteristics and Drinking Water Quality Index in Mzuzu City, Northern Malawi', *Physics and Chemistry of the Earth*, 50–52, pp. 92–97. doi: 10.1016/j.pce.2012.09.004.
- Yisa (2010) 'Analytical Studies on Water Quality Index of River Landzu', *American Journal of Applied Sciences*, 7(4), pp. 453–458. doi: 10.3844/ajassp.2010.453.458.

BAB 4

METODE DAN TEKNIK SAMPLING PARAMETER AIR (FISIK DAN KIMIA)

Indra Purnama Iqbah, S.Pd., M.Sc.

A. Pendahuluan

Sampling (pengambilan contoh) merupakan langkah penting dalam analisis parameter air fisik dan kimia. Kualitas air dapat bervariasi dalam waktu dan ruang, oleh karena itu, pengambilan contoh yang tepat sangat penting untuk memastikan hasil analisis yang akurat dan representatif. Parameter air fisik meliputi suhu, pH, kekeruhan, dan warna, sementara parameter kimia melibatkan zat terlarut seperti nutrisi, logam berat, dan bahan organik. Sampling parameter air adalah proses pengambilan contoh air dari suatu sumber atau lokasi tertentu untuk tujuan analisis dan penilaian kualitas air. Air adalah sumber daya alam yang sangat penting, dan pemantauan parameter air yang tepat merupakan bagian penting dalam menjaga kualitas air dan melindungi lingkungan serta kesehatan manusia. Berbagai metode dan teknik digunakan dalam proses pengambilan contoh air, tergantung pada tujuan dan parameter yang ingin diukur.

B. Metode Sampling Parameter Air

1. Random Sampling (Pengambilan Contoh Acak)

Metode ini melibatkan pengambilan contoh air dari suatu lokasi secara acak. Teknik ini berguna jika Anda ingin mendapatkan gambaran umum tentang kualitas air di area yang lebih luas. Namun, perlu diperhatikan bahwa contoh yang diambil harus benar-benar acak untuk menghindari

bias. *Random sampling parameter air* merujuk pada variasi yang tidak terduga dalam berbagai sifat dan kualitas air, seperti suhu, pH, oksigen terlarut, dan bahan kimia terlarut. Variabilitas ini bisa timbul akibat berbagai faktor alamiah maupun manusia. Memahami dan memantau random sampling parameter air penting untuk menjaga kesehatan ekosistem perairan dan mendukung kehidupan akuatik.

Ada beberapa faktor yang mempengaruhi random sampling yaitu :

- a. **Cuaca dan Iklim:** Variasi suhu, curah hujan, dan pola angin mempengaruhi suhu dan komposisi air. Misalnya, hujan lebat dapat mengubah suhu, pH, dan aliran air.
- b. **Geografi dan Topografi:** Sifat geografi seperti jenis tanah, tumbuhan, dan struktur geologis mempengaruhi komposisi kimia air.
- c. **Aktivitas Manusia:** Pembuangan limbah, penggunaan pestisida, pertanian, industri, dan urbanisasi dapat mengubah kualitas air dengan memperkenalkan bahan kimia dan polutan. Proses **Alami:** Dekomposisi organik, pertumbuhan alga, oksidasi bahan kimia, dan sirkulasi air juga dapat mempengaruhi kualitas air.

Parameter-parameter random sampling air yang signifikan

- a. **Suhu:** Pengukuran suhu air penting karena mempengaruhi tingkat oksigen terlarut dan aktivitas biologis. Kenaikan suhu berlebihan dapat menyebabkan stres pada organisme akuatik.
- b. **pH:** pH menggambarkan tingkat keasaman atau kebasaan air. Organisme akuatik memiliki kisaran toleransi pH tertentu. Perubahan drastis dalam pH dapat merusak ekosistem perairan.
- c. **Oksigen Terlarut:** Organisme akuatik membutuhkan oksigen terlarut untuk pernapasan. Kualitas air yang buruk, polusi, atau suhu tinggi dapat mengurangi kadar oksigen terlarut, mengakibatkan "zona mati" di perairan

- d. **Kekeruhan:** Kekeruhan mengukur sejauh mana partikel-padatan tersuspensi dalam air. Kekeruhan yang tinggi dapat menghambat penetrasi cahaya, mengganggu fotosintesis alga dan tumbuhan air.
- e. **Bahan Kimia Terlarut:** Kandungan bahan kimia seperti nitrat, fosfat, logam berat, dan pestisida mempengaruhi keseimbangan ekosistem perairan. Konsentrasi yang tinggi dapat menjadi toksik bagi organisme.

Beberapa tujuan pentingnya memantau random sampling parameter air adalah :

- a. **Kesehatan Ekosistem:** Memantau parameter-parameter air membantu mendeteksi perubahan yang dapat merugikan ekosistem perairan, memungkinkan langkah-langkah perbaikan diterapkan.
- b. **Kesehatan Manusia:** Air yang tercemar dapat membahayakan kesehatan manusia melalui konsumsi atau kontak langsung
- c. **Pertanian dan Perikanan:** Kualitas air yang baik mendukung pertanian dan perikanan berkelanjutan, sementara air yang tercemar dapat merusak hasil panen dan populasi ikan
- d. **Industri:** Industri memerlukan pasokan air berkualitas baik untuk berbagai proses. Variabilitas parameter air dapat mempengaruhi efisiensi produksi.

2. Stratified Sampling (Pengambilan Contoh Berstrata)

Metode ini melibatkan pembagian area yang akan diambil sampel menjadi beberapa strata berdasarkan karakteristik tertentu, seperti kedalaman air, suhu, atau keberadaan polutan. Kemudian, contoh diambil dari masing-masing strata untuk mewakili variasi yang ada. Stratified Sampling adalah salah satu metode pengambilan sampel yang digunakan dalam survei dan penelitian untuk memastikan representasi yang lebih akurat dari populasi secara keseluruhan. Dalam konteks parameter air, stratified sampling digunakan untuk mengambil sampel dari berbagai

bagian atau lapisan yang berbeda dalam suatu sumber air, seperti sungai, danau, atau sumur, sehingga mendapatkan gambaran yang lebih komprehensif tentang kualitas air secara menyeluruh.

Langkah dalam sampling ini adalah :

- a. Identifikasi Lapisan atau Strata: Identifikasi lapisan atau strata yang ada dalam sumber air. Ini dapat berdasarkan faktor seperti lokasi geografis, jenis penggunaan lahan di sekitar sumber air, atau sumber pencemaran potensial.
- b. Pembagian Sampel: Setelah lapisan diidentifikasi, populasi air akan dibagi menjadi beberapa kelompok. Setiap kelompok mewakili satu lapisan. Contohnya, jika survei dilakukan pada sungai, lapisan dapat dibedakan berdasarkan lokasi hulu, tengah, dan hilir.
- c. Penentuan Ukuran Sampel: Setelah lapisan ditentukan, tentukan ukuran sampel yang akan diambil dari setiap lapisan. Ukuran sampel harus cukup besar untuk mewakili variasi dalam setiap lapisan dan menghasilkan hasil yang dapat diandalkan.
- d. Pemilihan Sampel: Dalam setiap lapisan, pilih sampel secara acak untuk diuji. Ini dapat dilakukan menggunakan metode acak sederhana atau teknik pengambilan sampel acak yang lebih kompleks.
- e. Pengambilan Sampel dan Pengujian: Lakukan pengambilan sampel air dari masing-masing lapisan sesuai dengan ukuran sampel yang ditentukan. Parameter air yang diukur dapat berupa suhu, pH, tingkat oksigen terlarut, kandungan bahan kimia, atau parameter lain yang relevan.
- f. Analisis Data: Setelah sampel air diambil dan diuji, analisis data dilakukan untuk masing-masing lapisan. Data yang diperoleh dapat digunakan untuk menilai kualitas air dalam setiap strata dan membuat perbandingan antara lapisan-lapisan tersebut.
- g. Interpretasi Hasil: Hasil dari analisis data dapat diinterpretasikan untuk mengidentifikasi perbedaan atau

kesamaan dalam kualitas air di berbagai lapisan. Ini membantu dalam memahami pengaruh faktor-faktor tertentu pada parameter air di lokasi yang berbeda.

Keuntungan Stratified Sampling pada Parameter Air adalah :

- a. **Representasi yang Lebih Akurat:** Dengan memilih sampel dari setiap lapisan, stratified sampling memastikan representasi yang lebih akurat dari variasi dalam kualitas air di berbagai bagian sumber air.
- b. **Deteksi Perubahan Regional:** Metode ini membantu mendeteksi perubahan dalam parameter air berdasarkan lokasi geografis atau sumber pencemaran potensial, sehingga memungkinkan identifikasi perubahan regional.
- c. **Penghematan Waktu dan Sumber Daya:** Dengan mengambil sampel yang lebih terarah, stratified sampling dapat menghemat waktu dan sumber daya daripada pengambilan sampel acak tanpa stratifikasi.

3. Purposive Sampling (Pengambilan Contoh Tujuan)

Metode ini melibatkan pengambilan contoh air dari lokasi tertentu yang dipilih berdasarkan tujuan tertentu, seperti daerah yang dianggap rentan terhadap pencemaran atau daerah yang mewakili kondisi khusus. Purposive sampling merupakan metode pengambilan sampel yang dilakukan secara sengaja atau dengan tujuan tertentu. Metode ini digunakan ketika peneliti ingin memilih sampel berdasarkan karakteristik atau kriteria tertentu yang relevan dengan tujuan penelitian. Dalam konteks kualitas air, purposive sampling dapat digunakan untuk mengumpulkan data tentang berbagai parameter yang mengukur tingkat kebersihan dan keberlanjutan air di suatu lokasi. Purposive sampling dapat diterapkan dalam mengumpulkan data kualitas air dengan cara berikut:

- a. **Pemilihan Lokasi:** Peneliti memilih lokasi berdasarkan kriteria tertentu, seperti adanya aktivitas manusia yang potensial mempengaruhi kualitas air (seperti dekat pabrik

atau pertanian), perbedaan geografis, atau karakteristik ekosistem perairan yang ingin diteliti.

- b. **Pemilihan Sampel:** Setelah lokasi terpilih, peneliti memilih sampel air yang mewakili variasi kondisi di lokasi tersebut. Contohnya, jika penelitian berkaitan dengan pencemaran logam berat, sampel air diambil dari area yang memiliki potensi terpapar logam berat.
- c. **Pengambilan Data:** Data kualitas air diambil berdasarkan parameter-parameter yang telah ditetapkan sebelumnya. Alat ukur dan tes laboratorium digunakan untuk mengukur suhu, DO, pH, kekeruhan, dan parameter lainnya.
- d. **Analisis Data:** Setelah data terkumpul, analisis dilakukan untuk memahami hubungan antara parameter kualitas air dan karakteristik lokasi. Ini dapat membantu mengidentifikasi sumber pencemaran atau faktor alam yang mempengaruhi kualitas air.

4. Sequential Sampling (Pengambilan Contoh Berurutan)

Metode ini melibatkan pengambilan contoh air secara berurutan dari waktu ke waktu di lokasi yang sama. Ini berguna untuk memahami perubahan tren kualitas air dari waktu ke waktu. Sequential Sampling adalah metode pengambilan sampel yang dilakukan secara berurutan atau bertahap dengan tujuan untuk mengumpulkan data yang representatif secara efisien. Dalam konteks parameter air, seperti kualitas air dan komponen kimia yang terlarut di dalamnya, sequential sampling sangat penting untuk memahami perubahan parameter air secara mendalam dan akurat. Tujuan utama dari sequential sampling pada parameter air adalah untuk mengumpulkan data yang mencerminkan variasi parameter air di suatu lokasi tertentu dengan cara yang lebih efisien dan efektif dibandingkan dengan metode sampling acak atau reguler. Dengan mengadopsi pendekatan sequential, kita dapat mengidentifikasi perubahan yang lebih cepat dan mengambil

tindakan yang sesuai jika terjadi anomali atau perubahan signifikan dalam parameter air.

Langkah-langkah Sequential Sampling pada Parameter Air

- a. **Perencanaan Lokasi Sampling:** Identifikasi lokasi-lokasi yang mewakili sumber air yang akan diteliti. Pastikan lokasi tersebut mencakup variasi kondisi lingkungan yang mungkin mempengaruhi parameter air, seperti dekat dengan sumber polusi atau di area yang relatif bersih.
- b. **Pemilihan Parameter:** Tentukan parameter air yang akan diukur. Ini dapat mencakup pH, suhu, kekeruhan, kandungan oksigen terlarut, bahan kimia tertentu, logam berat, dan lain sebagainya.
- c. **Pemilihan Titik Awal:** Mulailah dengan titik awal untuk sampling. Titik ini harus dipilih dengan cermat dan harus mewakili kondisi yang dapat dianggap sebagai rujukan untuk perbandingan selanjutnya.
- d. **Pengambilan Sampel:** Ambil sampel dari titik awal dan analisis sesuai dengan parameter yang dipilih. Hasil analisis ini akan menjadi dasar perbandingan untuk sampel berikutnya.
- e. **Analisis Data:** Setelah sampel awal dianalisis, hasilnya dibandingkan dengan standar atau batasan yang ada. Jika ada perubahan signifikan atau jika hasil tidak sesuai dengan harapan, langkah selanjutnya perlu diambil.
- f. **Penentuan Lokasi Sampel Berikutnya:** Berdasarkan analisis data dari sampel awal, tentukan lokasi sampel berikutnya. Lokasi ini harus dipilih sedemikian rupa sehingga kita bisa mendapatkan informasi lebih lanjut tentang perubahan yang terjadi.
- g. **Pengambilan Sampel Bertahap:** Lanjutkan proses pengambilan sampel secara berurutan dari lokasi sampel berikutnya. Setelah menganalisis setiap sampel, tentukan apakah perlu mengambil lebih banyak sampel dari lokasi tertentu atau beralih ke lokasi lain yang lebih relevan.

- h. **Pemantauan Terus-menerus:** Proses sequential sampling pada parameter air harus menjadi siklus terus-menerus. Dengan memantau parameter air secara berkala, kita dapat mengidentifikasi tren jangka panjang dan perubahan mendalam.

Keuntungan Sequential Sampling pada Parameter Air adalah :

- a. **Efisiensi:** Dibandingkan dengan metode sampling acak, sequential sampling memungkinkan kita untuk mengumpulkan data yang bermakna dengan lebih sedikit sampel, menghemat waktu dan sumber daya.
- b. **Deteksi Dini:** Dengan memantau perubahan secara berkala, sequential sampling memungkinkan deteksi dini perubahan signifikan dalam parameter air, yang dapat membantu mencegah potensi masalah kualitas air.
- c. **Relevansi Lokasi:** Metode ini memungkinkan kita untuk mengalokasikan waktu dan upaya pada lokasi yang paling relevan dan mewakili variasi parameter air yang ada.
- d. **Responsif:** Jika ada perubahan tiba-tiba dalam parameter air, sequential sampling memungkinkan tindakan cepat untuk diambil berdasarkan hasil analisis terbaru.

C. Teknik Sampling Parameter Air

1. Grab Sampling (Pengambilan Contoh Cepat)

Teknik ini melibatkan pengambilan contoh air dari permukaan air menggunakan alat tangkapan (grabber) pada satu titik waktu. Teknik ini cepat dan sederhana, tetapi mungkin tidak merepresentasikan variasi ruang dan waktu. Grab sampling adalah metode pengambilan sampel air dari sumber air tertentu pada suatu waktu tertentu dengan menggunakan alat tangkap (grab sampler). Metode ini digunakan untuk mengumpulkan sampel air dalam jumlah tertentu dari permukaan air atau lapisan tertentu dalam perairan. Grab sampling berguna dalam pengawasan

kualitas air, pemantauan lingkungan, penelitian ilmiah, dan evaluasi dampak lingkungan.

Tujuan grab sampling pada parameter air adalah :

- a. **Pemantauan Kualitas Air:** Grab sampling digunakan untuk mengamati perubahan kualitas air dari waktu ke waktu. Parameter yang diukur meliputi pH, suhu, oksigen terlarut, zat-zat pencemar seperti logam berat, pestisida, dan nutrisi.
- b. **Penelitian Ilmiah:** Grab sampling digunakan dalam penelitian ilmiah untuk memahami komposisi kimia dan biologi perairan serta dampak interaksi manusia terhadap lingkungan perairan.
- c. **Pemantauan Lingkungan:** Metode ini membantu dalam memahami perubahan lingkungan seperti polusi, sedimentasi, dan efek perubahan iklim terhadap ekosistem perairan.

Langkah-langkah Grab Sampling adalah :

- a. **Pilih Lokasi Sampel:** Tentukan lokasi pengambilan sampel yang representatif, seperti dekat sumber pencemar atau area penting lainnya.
- b. **Persiapan Alat dan Wadah Sampel:** Pastikan alat tangkap (grab sampler) dan wadah sampel bersih dan tersterilisasi sebelum penggunaan.
- c. **Penangkapan Sampel:** Masukkan alat tangkap (grab sampler) ke dalam air dengan hati-hati, pastikan alat terbuka, dan biarkan air mengalir melalui alat untuk beberapa saat untuk memastikan bahwa sampel mewakili kondisi di lokasi.
- d. **Tutup Alat dan Tarik Kembali:** Tutup alat tangkap dengan cepat untuk mengunci sampel dalam alat dan tarik kembali alat dari dalam air.
- e. **Pemindahan Sampel:** Transfer sampel ke wadah sampel yang sesuai, hindari kontaminasi dari udara atau permukaan sekitar.

- f. **Pencatatan Data:** Catat informasi penting seperti tanggal, waktu, lokasi, kedalaman pengambilan sampel, dan kondisi lingkungan.
- g. **Analisis Laboratorium:** Bawa sampel ke laboratorium untuk analisis lebih lanjut terhadap parameter yang diinginkan.

Parameter yang diukur dalam grab sampling pada air :

- a. **pH:** Mengindikasikan tingkat keasaman atau kebasaan air. pH dapat mempengaruhi organisme dan reaksi kimia dalam air.
- b. **Suhu:** Mempengaruhi kelarutan oksigen dan berbagai reaksi kimia dalam air.
- c. **Oksigen Terlarut:** Penting untuk kehidupan akuatik. Organisme memerlukan oksigen terlarut dalam air untuk respirasi.
- d. **Zat Pencemar:** Seperti logam berat (merkuri, timbal, kadmium), pestisida, dan bahan kimia berbahaya lainnya.
- e. **Nutrien:** Seperti nitrogen (amonia, nitrat, nitrit) dan fosfor, yang dapat menyebabkan pertumbuhan alga berlebihan (eutrofikasi) dan masalah lingkungan lainnya.
- f. **Turbiditas:** Mengukur sejauh mana partikel padat terlarut dalam air, yang dapat mempengaruhi penetrasi cahaya dan pertumbuhan alga.
- g. **Kekeruhan:** Mengukur jumlah partikel tersuspensi dalam air yang dapat mempengaruhi transparansi dan kualitas air.

2. Composite Sampling (Pengambilan Contoh Gabungan)

Teknik ini melibatkan pengambilan contoh air dari suatu lokasi selama periode waktu tertentu. Contoh-contoh ini kemudian digabungkan menjadi satu sampel yang mewakili rata-rata kualitas air selama periode tersebut. Composite sampling adalah metode pengambilan contoh yang melibatkan penggabungan beberapa contoh kecil dari suatu populasi atau sumber untuk membentuk satu contoh komposit yang mewakili keseluruhan. Dalam hal ini, kita

akan fokus pada pengambilan contoh air dan parameter-parameter yang relevan untuk memantau kualitas air.

Langkah-langkah dalam composite sampling air:

- a. **Identifikasi Lokasi Sampling:** Tentukan lokasi sampling yang mewakili area atau sumber air yang ingin dipantau.
- b. **Pengambilan Contoh Kecil:** Ambil beberapa contoh kecil air dari berbagai titik di lokasi yang sama. Setiap contoh harus diambil secara acak dan diwakili waktu yang berbeda.
- c. **Penggabungan Contoh:** Gabungkan semua contoh kecil menjadi satu contoh komposit dengan cara mencampurkan secara merata.
- d. **Analisis Parameter:** Lakukan analisis parameter seperti suhu, kekeruhan, pH, DO, kandungan bahan organik, logam berat, dan nutrisi pada contoh komposit.
- e. **Interpretasi Hasil:** Bandingkan hasil analisis dengan standar kualitas air yang berlaku. Identifikasi apakah parameter-parameter tersebut berada dalam rentang yang aman atau tidak.

Keuntungan composite sampling:

- a. Efisien dalam hal waktu dan biaya karena menggabungkan beberapa contoh menjadi satu.
- b. Mencerminkan variasi temporal (perubahan seiring waktu) dan spasial (perubahan dalam ruang) dari parameter air.
- c. Dapat memberikan gambaran yang lebih akurat tentang kondisi air secara keseluruhan.

3. Flow Proportional Sampling (Pengambilan Contoh Berdasarkan Aliran)

Teknik ini melibatkan pengambilan contoh air berdasarkan laju aliran air di lokasi tersebut. Ini memastikan bahwa contoh yang diambil lebih mewakili karakteristik air yang sebenarnya. Parameter aliran proporsional adalah metode pengukuran yang digunakan untuk mengukur aliran air dengan proporsi atau perbandingan tertentu terhadap

parameter lainnya. Metode ini berguna dalam berbagai aplikasi seperti pengendalian proses industri, pengukuran aliran dalam sistem perpipaan, dan monitoring lingkungan.

Prinsip dasar dari aliran proporsional adalah mengukur aliran air dengan membandingkannya terhadap parameter yang memiliki hubungan proporsional, seperti laju aliran atau tekanan. Pengukuran aliran dilakukan dengan mengukur perubahan parameter proporsional ini. Metode ini dapat diaplikasikan pada :

- a. Industri Kimia: Pengukuran laju aliran bahan kimia dalam proses produksi.
- b. Pertanian: Monitoring irigasi berdasarkan tingkat air tanah.
- c. Energi: Pengukuran aliran air untuk mengoperasikan turbin dalam pembangkit listrik tenaga air.
- d. Lingkungan: Pemantauan aliran sungai dan debit air untuk konservasi lingkungan.

Metode aliran proporsional relatif sederhana dan tidak memerlukan peralatan yang rumit. Dapat digunakan dalam berbagai situasi dan aplikasi yang membutuhkan estimasi laju aliran air. Cocok untuk penggunaan di lapangan dan memungkinkan pemantauan secara real-time. Metode ini mungkin kurang akurat jika tidak ada perbandingan yang tepat antara parameter proporsional dan aliran air. Dalam beberapa kasus, fluktuasi parameter proporsional dapat menyebabkan ketidakstabilan dalam pengukuran aliran.

4. Integrated Sampling (Pengambilan Contoh Terpadu)

Teknik ini melibatkan pengambilan contoh air dari berbagai kedalaman atau zona di suatu lokasi. Ini penting jika parameter air dapat bervariasi secara vertikal. Integrated sampling adalah metode pengambilan sampel air dari berbagai lokasi secara sistematis untuk menganalisis berbagai parameter kualitas air. Metode ini membantu pemahaman yang lebih baik tentang kondisi perairan, polusi, dan dampaknya terhadap ekosistem.

Langkah-langkah proses integrated sampling adalah :

- a. **Perencanaan:** Menentukan lokasi sampel, parameter yang akan diukur, dan frekuensi pengambilan sampel.
- b. **Pengambilan Sampel:** Dilakukan dengan hati-hati menggunakan peralatan steril untuk mencegah kontaminasi.
- c. **Pengukuran:** Analisis parameter dilakukan di laboratorium dengan teknik yang sesuai.
- d. **Interpretasi Data:** Hasil analisis dibandingkan dengan standar kualitas air dan digunakan untuk mengevaluasi kondisi perairan.
- e. **Pelaporan:** Hasil yang diinterpretasikan dapat digunakan untuk memberikan informasi kepada pemangku kepentingan.

Manfaat penggunaan integrated sampling adalah :

- a. **Pemahaman Lebih Baik:** Data yang terkumpul memberikan wawasan yang lebih baik tentang perubahan kualitas air.
- b. **Manajemen Berbasis Bukti:** Keputusan terkait lingkungan didasarkan pada data yang terukur, bukan perkiraan semata.
- c. **Deteksi Dini Polusi:** Memungkinkan deteksi dini polusi atau perubahan kualitas air yang dapat membahayakan ekosistem dan manusia.
- d. **Pengelolaan Ekosistem:** Data dari sampling membantu mengembangkan strategi pemulihan dan pengelolaan ekosistem air.
- e. **Pendidikan dan Kesadaran:** Data yang dapat diakses secara publik dapat meningkatkan kesadaran masyarakat tentang pentingnya kualitas air yang baik.

D. Kesimpulan

Metode dan teknik sampling parameter air sangat penting dalam memahami kualitas air dan mengambil tindakan yang diperlukan untuk melindungi lingkungan dan kesehatan manusia. Memilih metode dan teknik yang sesuai dengan tujuan

dan parameter yang ingin diukur akan memastikan bahwa hasil analisis akurat dan dapat diandalkan.

Pengambilan sampel dan pengujian parameter fisik dan kimia air membantu memantau kualitas air dan mengidentifikasi potensi kontaminasi. Dengan memahami dan mematuhi standar kualitas air, kita dapat memastikan air yang aman, sehat, dan berkelanjutan bagi berbagai keperluan.

DAFTAR PUSTAKA

- American Public Health Association (2017) Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, APHA.
- Wetzel, R. G., & Likens, G. E (2017) Limnological Analyses, Springer.
- Trivedy, R. K., & Goel, P. K (1986) Chemical and Biological Methods for Water Pollution Studies, Environmental Publications.
- Strickland, J. D. H., & Parsons, T. R (1972) A Practical Handbook of Seawater Analysis, Fisheries Research Board of Canada.
- APHA, AWWA, WEF (2017) Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, American Public Health Association.
- Straskrabova, V., & Truhlar, V (2018) Water Sampling and Analysis: A Practical Guide, CRC Press.
- UNESCO (2010) Intergovernmental Oceanographic Commission, Manual and Guides No. 29: Protocols for the Joint Global Ocean Flux Study (JGOFS) Core Measurements, UNESCO Publishing.
- Sharma, B., & Kazama, F (2019) Water Quality Indices, Elsevier.
- Wetzel, R. G., & Likens, G. E (2018) Limnological Analyses, Springer.

BAB

5

METODE ANALISIS LAPANGAN DAN LABORATORIUM KUALITAS AIR (FISIK DAN KIMIA)

Sufiah Asri Mulyawati, S.Si, M.Kes.

A. Pendahuluan

Kualitas air sangat penting untuk menjaga keseimbangan ekosistem perairan dan memastikan ketersediaan sumber daya air yang aman dan berkualitas untuk kehidupan manusia. Perubahan dalam pola konsumsi masyarakat, pertumbuhan industri, dan berbagai aktivitas manusia semuanya telah memengaruhi kualitas air di berbagai ekosistem perairan. Oleh karena itu, untuk memantau dan mencegah dampak negatif terhadap kualitas air, metode analisis yang tepat dan akurat diperlukan untuk mengukur parameter fisik dan kimia air.

Untuk mempelajari kualitas air secara menyeluruh, baik analisis lapangan maupun analisis laboratorium diperlukan. Analisis lapangan melibatkan pengambilan sampel air langsung dari lokasi penelitian untuk memberikan gambaran awal tentang kondisi kualitas air, dan analisis laboratorium memungkinkan pengukuran lebih rinci terhadap berbagai faktor fisik dan kimia yang mempengaruhi kualitas air, seperti pH, kekeruhan, kadar oksigen terlarut, dan konsentrasi.

Teknik analisis lapangan dan laboratorium untuk penilaian kualitas air menjadi hal yang sangat penting. Kajian ini mencakup prosedur pengambilan contoh yang tepat, pemilihan parameter yang tepat, dan interpretasi hasil analisis. Dalam buku ini, akan dibahas secara lebih mendalam tentang teknik analisis lapangan dan laboratorium yang digunakan untuk mengevaluasi kualitas air dari segi fisik dan kimia. Memahami

secara menyeluruh teknik-teknik ini akan membantu menjaga ekosistem perairan yang sehat dan berkelanjutan serta memberikan kontribusi positif untuk pelestarian sumber daya air bagi generasi yang akan datang.

Pengenalan kualitas air, Kata "kualitas air" mengacu pada kondisi air, termasuk sifat kimia, fisik, dan biologisnya, yang biasanya berkaitan dengan kesesuaiannya untuk aktivitas tertentu (misalnya, minum, berenang, atau memancing). Bahan-bahan seperti pestisida atau pupuk, yang dalam dosis tertentu dapat membahayakan biota laut, juga mempengaruhi kualitas air (Diersing, 2009). Kualitas air juga memberikan informasi mengenai kondisi air sebenarnya dalam kaitannya dengan kebutuhan manusia dan hewan. Kualitas air sering kali menjadi ukuran untuk menilai dampak kualitas air terhadap kesehatan manusia dan lingkungan. Jika kualitas air turun, daya guna, hasil guna, produktivitas, daya dukung, dan daya tampung sumber daya air akan menurun, yang pada gilirannya akan menurunkan kekayaan sumber daya alam.

B. Metode Analisis Lapangan

1. Pengambilan Sampel Air

Analisis lapangan pengambilan sampel air adalah bagian penting dari survei lingkungan, pengawasan kualitas air, penelitian ilmiah, dan pengelolaan sumber daya alam. Ini memerlukan teknik pengambilan sampel yang tepat dan pengukuran parameter fisik, kimia, dan biologis dari air yang diambil. Salah satu bagian penting dari analisis kualitas air dan lingkungan adalah pengambilan sampel air. Untuk memastikan representasi yang akurat dari kondisi lingkungan air yang sedang diteliti, metode analisis lapangan pengambilan sampel air sangat penting.

Untuk menganalisis kualitas air dan lingkungan, pengambilan sampel air adalah proses penting. Sampel dapat diambil dari berbagai sumber, seperti sungai, danau, sumur, atau saluran limbah. Untuk memastikan hasil analisis yang akurat dan dapat diandalkan, proses pengambilan sampel

harus dilakukan dengan hati-hati dan sesuai dengan standar yang telah ditetapkan.

Tujuan pengambilan sampel air adalah untuk meningkatkan pemahaman tentang kualitas air, menemukan kontaminan yang mungkin ada, mengamati perubahan dalam lingkungan perairan, dan menjaga keberlanjutan ekosistem. Data yang diperoleh dari sampel air ini digunakan untuk menilai dampak tindakan manusia dan alami terhadap lingkungan air. Untuk pengambilan sampel air, botol kaca digunakan pada satu titik pengukuran dan kemudian disimpan dalam kotak pendingin untuk menguji parameter fisika dan kimia, seperti TDS, DHL, kekeruhan, warna, dan bau. Untuk menguji parameter mikrobiologi, botol kaca yang telah steril digunakan pada satu titik pengambilan sampel dan kemudian disimpan pada suhu rendah. (Mukarromah dan Yulianti, 2016).

2. Pengukuran Parameter Fisik

Salah satu parameter yang harus diukur untuk menentukan kualitas air adalah parameter fisika. Beberapa parameter fisika meliputi suhu, kekeruhan, warna (Suhestry et al., 2022), daya hantar listrik (DHL), jumlah zat padat terlarut (TDS), pH, rasa, dan bau (Mukarromah dan Yulianti, 2016). Sampel air disaring menggunakan kertas saring berpori 0,45 μm sebelum dilakukan pengukuran TDS, DHL dan warna agar diperoleh gambaran air yang sesungguhnya.

Parameter fisika yang diukur mengacu pada Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 492/MENKES/PER/IV/2010 tentang persyaratan kualitas air minum. Penurunan kualitas air dapat diindikasikan dengan adanya peningkatan kadar parameter fisika terukur. Misalnya pada peningkatan kadar parameter warna, berubahnya warna air menjadi kecoklatan hingga hitam dapat mengindikasikan adanya kandungan bahan kimia seperti logam besi, mangan dan sianida yang berasal dari pembuangan limbah pabrik. Air yang memiliki bau yang

tidak enak, mengindikasikan salah satunya adanya pencemaran oleh bakteri coli tinja (*Escherichia coli*) yang dapat menyebabkan penyakit tipes. Jika air telah tercemar dengan logam berat dan bakteri *Escherichia coli*, maka secara otomatis air tersebut akan memiliki rasa (Handayani, 2010).

Penyediaan air minum yang sesuai dengan standar baku, perlu diberikan suatu cara pemecahan permasalahan air. Cara yang diberikan berupa upaya penetralan air dari parameter-parameter fisika yang melebihi kadar maksimum sesuai dengan Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 492/MENKES/PER/IV/2010 tentang persyaratan kualitas air minum (Mukarromah dan Yulianti, 2016).

3. Pengukuran Parameter Kimia

Pengukuran kimia air adalah proses sistematis untuk mengidentifikasi, mengukur dan memantau komposisi kimia air. Parameter kimia air mencakup berbagai zat kimia yang terdapat di dalam air, seperti ion, senyawa organik dan banyak komponen lain yang dapat mempengaruhi sifat fisik, biologis dan fisik serta ekologi ekosistem perairan.

Pengukuran parameter kimia air memiliki arti penting dalam berbagai konteks, termasuk kesehatan manusia, konservasi sumber daya, industri, pertanian, serta konservasi lingkungan. Pengukuran parameter kimia meliputi penggunaan instrumen khusus dan teknik analitik kimia yang canggih. Data yang dihasilkan dari pengukuran dapat digunakan untuk mengambil tindakan preventif atau perbaikan apabila ada masalah kualitas air yang terdeteksi. Pengukuran parameter kimia air meliputi pH, oksigen terlarut (DO), COD (Chemical Oxygen Demand), BOD (Biological Oxygen Demand), kandungan nitrat dan fosfat, kandungan logam berat (Deswanti, 2015). Dalam pengukuran parameter kimia air, teknologi dan metode analisis terus berkembang. Alat-alat canggih berupa

spektrofotometer dan kromatografi telah membantu ketepatan dan efisiensi pengukuran.

C. Metode Analisis Laboratorium

1. Prinsip Analisis Kimia

Analisis kimia air adalah bagian penting dari pengawasan dan pelestarian sumber daya air. Proses ini menilai komposisi kimia air, menemukan kontaminan, dan memastikan bahwa air yang dikonsumsi oleh manusia atau digunakan untuk berbagai tujuan memenuhi standar kualitas yang ditetapkan. Analisis kimia air melibatkan berbagai teknik dan prinsip kimia untuk mengukur kandungan berbagai senyawa kimia dalam air, seperti unsur-unsur, senyawa organik, dan kontaminan lainnya. Prinsip-prinsip dasar analisis kimia air termasuk konsep dasar kimia analitik, seperti memilih metode analisis yang tepat, mengambil sampel yang representatif, dan mengolah dan menginterpretasikan data dengan benar.

Prinsip utama dalam analisis kimia air adalah pemahaman yang mendalam tentang konsep dasar kimia analitik, yang mencakup pemahaman yang mendalam tentang reaksi kimia dan metode analisis yang digunakan untuk mengukur komponen air. Beberapa teknik yang umum digunakan dalam analisis kimia air termasuk elektrokimia, spektroskopi, kromatografi, dan gravimetri. Teori dan keuntungan masing-masing dari metode ini memungkinkan analisis untuk mengukur senyawa-senyawa dengan tingkat sensitivitas dan ketelitian yang sesuai.

Pengambilan sampel representatif adalah prinsip selanjutnya dalam analisis kimia air. Sampel air harus diambil dari tempat yang tepat, pada waktu yang tepat, dan dengan metode yang tepat, karena kualitas sampel sangat bergantung pada hasil analisis. Sebelum analisis dilakukan, sampel harus diolah dan disimpan dengan hati-hati agar tidak tercemar atau komposisi kimianya berubah.

2. Penggunaan Spektrofotometer dalam Analisis Kualitas Air

Spektrofotometer adalah suatu alat untuk mengukur absorbansi dengan cara melewatkan cahaya dengan panjang gelombang tertentu pada suatu obyek kaca atau kuarsa. Beberapa Cahaya akan diserap dan beberapa lainnya akan dilewatkan. Spektrofotometri adalah salah satu metode kimia analisis yang digunakan untuk menentukan komposisi suatu sampel baik secara kuantitatif maupun kualitatif yang didasarkan pada interaksi antara materi dan cahaya.

Prinsip kerja spektrofotometer adalah menggabungkan alat spektrometer dan fotometer. Spectrometer menghasilkan sinar dari spektrum dengan panjang gelombang tertentu, sedangkan fotometer mengukur intensitas cahaya yang diabsorbsikan. Prinsip kerja spektrofotometer berdasarkan hukum Lambert beer, bila cahaya monokromatik melalui suatu media, maka sebagian cahaya akan diserap, sebagian akan dipantulkan, dan sebagian lagi akan dipancarkan (Harini dan Meru Cahyo, 2013).

Metode spektrofotometri didasarkan pada proses penyerapan cahaya oleh senyawa dalam sampel. Cahaya yang dilewatkan pada sampel selanjutnya sebagian cahaya akan diserap dan bagian yang lain akan diteruskan. Penyerapan cahaya tergantung pada beberapa parameter antara lain koefisien serapan dan konsentrasi. Metode spektrofotometri ini bisa mengukur kekeruhan air dikarenakan kekeruhan menggambarkan sifat optik air yang ditentukan berdasarkan banyaknya cahaya yang diserap dan dipancarkan oleh bahan-bahan yang terdapat dalam air (Harini dan Meru Cahyo, 2013).

Alat ini memungkinkan para pemerhati lingkungan menganalisis sampel air secara cermat, mendeteksi kadar berbagai bahan kimia, termasuk polutan berbahaya seperti logam berat, pestisida, dan senyawa organik yang dapat mencemari air. Penggunaan spektrofotometer dalam analisis kualitas air tidak hanya memberikan informasi mengenai

tingkat pencemaran, namun juga membantu dalam pemantauan jangka panjang terhadap perubahan ekosistem perairan.

3. Analisis Kromatografi untuk Komponen Tertentu

Kromatografi adalah teknik metode analisis untuk memisahkan dan mengidentifikasi campuran yang terdiri dari 2 fasa. Kromatografi ion adalah salah satu metode analisis untuk mendeteksi ion-ion anorganik, baik anion maupun kation dengan tingkat ketelitian yang cukup akurat. Analisis kualitatif dan kuantitatif unsur-unsur minor kation (Li^+ , Na^+ , NH_4^+ , K^+ , Ca^{2+} dan Mg^{2+}) dalam berbagai jenis sampel air adalah salah satu parameter untuk menentukan kualitas air. Ion anorganik bermuatan positif satu dan dua tersebut adalah ion-ion yang paling umum ditemukan di hampir semua jenis air alam (Amin, 2016).

4. Analisis Secara Mikrobiologi

Analisis mikrobiologi adalah salah satu uji penentuan kadar produk tertentu. Uji mikrobiologi digunakan untuk mengetahui kualitas air untuk keperluan minum manusia. Air minum tidak boleh mengandung bakteri coliform dan *E. coli* melebihi ambang batas yang telah ditentukan yaitu 0 koloni/100 ml (Suhesty et al., 2022). Metode yang dipergunakan dalam pengambilan sampel air yaitu dengan cara pengambilan sampel air pada 1 titik pengukuran dengan menggunakan alat berupa botol sampel yang terbuat dari kaca kemudian disimpan dalam cooling box untuk parameter mikrobiologi digunakan botol kaca yang telah steril pada satu titik pengambilan sampel dengan pengambilan sampel pada kedalaman 30 cm dari permukaan perairan (Mukarromah dan Yulianti, 2016).

Most Probable Number (MPN) adalah pemeriksaan mikrobiologi yang digunakan untuk mendeteksi cemaran bakteri coliform pada sampel air. Terdapat ragam/variasi MPN yang dilakukan, antara lain: ragam 5-1-1 untuk sampel

yang telah mengalami pengolahan (sehingga diperkirakan kandungan cemaran sedikit), ragam 5-5-5 untuk sampel yang belum mengalami pengolahan (sehingga diperkirakan kandungan cemaranya tinggi), dan ragam 3-3-3.

Pemeriksaan MPN terdiri dari 3 tahap utama, yaitu tahap penapisan (*presumptive test*), tahap konfirmasi (*confirmative test*), dan tahap pelengkap (*complete test*). Tahap penapisan dilakukan dengan menggunakan media *lactose broth* (LB) untuk deteksi awal bakteri coliform berdasarkan kemampuannya memfermentasi laktosa pada media sehingga menghasilkan asam dan gas pada tabung durham (Fardiaz, 1993). Tahap konfirmasi dilakukan dengan menggunakan media *brilliant green lactose broth* (BGLB) untuk konfirmasi keberadaan bakteri Coliform berdasarkan kemampuannya memfermentasi laktosa sehingga menghasilkan gas pada tabung durham.

Media ini bersifat spesifik karena mengandung *brilliant green* yang dapat menghambat bakteri gram positif dan bahkan gram negatif selain bakteri *Coliform*. Tahap terakhir pemeriksaan ini dilakukan dengan menggunakan *eosin methylene blue agar* (EMBA) untuk mengetahui lebih lanjut genus *Coliform*. Bakteri *E. coli*, patogen utama dari golongan *Coliform*, akan tampak sebagai koloni dengan hijau metalik ada media EMBA (Sari, Rahmawati and Kurniatuhadi, 2019). Hal ini karena *E. coli* memfermentasi kandungan laktosa pada media menghasilkan produk asam yang mengubah indikator *methylene blue* menjadi hijau, sedangkan bakteri *Enterobacter* sp dan *Citrobacter* sp pada media EMBA akan tampak sebagai koloni merah muda hingga tak berwarna (Trisno dan Suarjana, 2019).

Prosedur pemeriksaan *most probable number* (MPN) antara lain (Saimin *et al.*, 2020):

a. Tahap Penapisan (*Presumptive Test*)

- 1) Media LB dibuat dan disterilisasi pada suhu 121°C selama 15 menit.

- 2) Media LB dipipet ke dalam sejumlah tabung reaksi sesuai dengan ragam MPN yang digunakan.
 - 3) Tabung durham dimasukkan ke dalam semua tabung reaksi yang telah berisi media LB.
 - 4) Sampel diinokulasikan ke media LB yang terdapat pada semua tabung reaksi.
 - 5) Sampel diinkubasi pada suhu 37°C selama 24-48 jam.
- b. Tahap Konfirmasi (Confirmative Test)
- 1) Media BGLB dibuat dan disterilisasi pada suhu 121°C selama 15 menit.
 - 2) Media BGLB dipipet ke dalam sejumlah tabung reaksi sesuai dengan ragam MPN yang digunakan.
 - 3) Tabung durham dimasukkan ke dalam semua tabung reaksi yang telah berisi media BGLB.
 - 4) Setiap media LB berisi sampel yang telah diinkubasi pada tahap penapisan diinokulasikan ke media BGLB yang terdapat pada semua tabung reaksi.
 - 5) Sampel diinkubasi pada suhu 37°C selama 24-48 jam.
 - 6) Jumlah tabung BGLB yang positif (ditandai dengan adanya gas pada tabung durham) dicatat dan dibandingkan dengan tabel standar MPN untuk mengetahui perkiraan jumlah bakteri *Coliform*.
- c. Tahap Pelengkap (*Complete Test*)
- 1) Media EMBA dibuat dan disterilisasi pada suhu 121°C selama 15 menit.
 - 2) Media EMBA dituang ke dalam cawan petri dan ditunggu hingga memadat.
 - 3) Tabung BGLB dengan hasil positif pada pengenceran tertinggi diinokulasikan pada media EMBA dengan metode gores/streak.
 - 4) Sampel diinkubasi pada suhu 37°C selama 24-48 jam.

D. Interpretasi Hasil Analisis

1. Standar Kualitas Air (Peraturan Lingkungan)

Standar kualitas air telah tertuang dalam permenkes RI No 2 Tahun 2023 tentang peraturan pelaksanaan PP No 66

Tahun 2014 tentang Kesehatan Lingkungan (Kemenkes RI, 2023). Standar baku mutu Kesehatan lingkungan dan Kesehatan media air ditetapkan pada air minum; air untuk keperluan higienis dan sanitasi; dan air untuk kolam renang, air spa, dan air untuk pemandian umum. Standar baku mutu Kesehatan lingkungan tersebut meliputi fisik; biologi (mikrobiologi); kimia dan radioaktif.

Parameter wajib untuk air minum, yaitu Mikrobiologi E. coli 0 CFU/100 ml, Total coliform 0 CFU/100 ml, suhu udara $\pm 3^{\circ}\text{C}$, TDS < 300 mg/L, kekeruhan <3 NTU, warna 10 TCU, tidak berbau, pH 6,5-8,5, kadar bahan kimia dalam kondisi terlarut seperti: NO_3 20 mg/L, NO_2 3 mg/L, Cr^{6+} 0,01 mg/L, Fe 0,2 mg/L, Mn 0,1 mg/L, As 0,01 mg/L, Cd 0,003 mg/L, F 1,5 mg/L, Al 1,5 mg/L (Kemenkes RI, 2023).

2. Perbandingan Hasil dengan Standar

Analisis kimia air melibatkan interpretasi data analisis dan membandingkannya dengan standar kualitas air yang dibuat oleh lembaga atau otoritas lingkungan yang relevan. Ini memungkinkan untuk menilai apakah kualitas air memenuhi persyaratan untuk berbagai penggunaan, seperti konsumsi manusia, pertanian, industri, dan lingkungan. Jika hasil analisis menunjukkan bahwa kualitas air tidak memenuhi standar, maka perlu dilakukan perbaikan.

Standar kualitas air adalah karakteristik kualitas yang diperlukan untuk pemanfaatan sumber air. Seperti yang tertuang pada Peraturan Pemerintah Nomor 2 Tahun 2023 tentang Kesehatan lingkungan. Standar Baku Mutu Kesehatan Lingkungan (SBMKL) adalah standar teknis atau standar yang ditetapkan pada media lingkungan yang berkaitan atau berdampak langsung pada kesehatan masyarakat. Kriteria mutu air berdasarkan kelas sesuai peraturan pemerintah provinsi Sulawesi Tenggara No. 7 tahun 2005 tentang penetapan baku mutu lingkungan hidup provinsi Sulawesi Tenggara, seperti pada tabel dibawah ini.

Tabel 5.1. Kriteria Mutu Air Berdasarkan Kelas

Parameter	Satuan	Kelas		Keterangan
		I	II	
FISIKA				
Temperatur	C°	Devisiasi 3	Devisiasi 3	Devisiasi Temperatur dan Alamiahnya
Residu Terlarut	mg/L	1000	1000	
Residu tersuspensi	mg/L	50	50	Bagi pengolahan air minum secara konvensional, residu tersuspensi ≤ 5000 mg/L
KIMIA ANORGANIK				
pH		6-9	6-9	Apabila secara alamiah di luar rentang tersebut, maka ditentukan berdasarkan kondisi alamiah
BOD ₅	mg/L	2	3	
COD	mg/L	10	25	
DO	mg/L	6	4	Angka batas maksimum
Total Fosfat sebagai P	mg/L	0,2	0,2	
NO ₃ sebagai N	mg/L	10	10	
NH ₃ .N	mg/L	0,5	(.)	Bagi perikanan, kandungan amonias bebas untuk ikan yang peka ≤ 0,02 mg/L sebagai NH ₃
Arsen	mg/L	1	1	
Kobalt	mg/L	0,2	0,2	
Barium	mg/L	1	(.)	
Boron	mg/L	1	1	
Selenium	mg/L	0,01	0,05	

Parameter	Satuan	Kelas		Keterangan
		I	II	
Kadmium	mg/L	0,01	0,01	
Khrom (VI)	mg/L	0,05	0,05	
Tembaga	mg/L	0,02	0,02	Bagi pengolahan air minum secara konvensional, Cu \leq 1 mg/L
Besi	mg/L	0,3	(.)	Bagi pengolahan air minum secara konvensional, Fe \leq 5 mg/L
Timbal	mg/L	0,03	0,03	Bagi pengolahan air minum secara konvensional, Pb \leq 0,1 mg/L
Mangan	mg/L	0,1	(.)	
Air raksa	mg/L	0,001	0,002	
Seng	mg/L	0,05	0,05	Bagi pengolahan air minum secara konvensional, Zn \leq 5 mg/L
Khlorida	mg/L	600	(.)	
Sianida	mg/L	0,02	0,02	
Fluorida	mg/L	0,5	1,5	
Nitrit sebagai N	mg/L	0,06	0,06	Bagi pengolahan air minum secara konvensional, NO ₂ -N \leq 1 mg/L
Sulfat	mg/L	400	(.)	
Klorin Bebas	mg/L	0,03	0,03	Bagi ABAM tidak dipersyaratkan
Belarang sebagai H ₂ S	mg/L	0,002	0,002	Bagi pengolahan air minum secara konvensional, S sebagai H ₂ S \leq 0,1 mg/L
MIKROBIOLOGI				
				Bagi pengolahan air minum secara

Parameter	Satuan	Kelas		Keterangan
		I	II	
Fecal Coliform	Jml/100 ml	100	1000	konvensional, fecal coliform \leq 2000 jml/100 ml
Total Coliform	Jml/100 ml	1000	5000	Bagi pengolahan air minum secara konvensional, fecal coliform \leq 10000 jml/100 ml
RADIOAKTIVITAS				
Gross-A	Bq/L	0,1	0,1	
Gross-B	Bq/L	1	1	
KIMIA ORGANIK				
Minyak dan Lemak	$\mu\text{g/L}$	1000	1000	
Deterjen sebagai IBAS	$\mu\text{g/L}$	200	200	
Senyawa Fenol sebagai Fenol	$\mu\text{g/L}$	1	1	
HC	$\mu\text{g/L}$	210	210	
Udrin/Dieldrin	$\mu\text{g/L}$	17	(.)	
Chlordane	$\mu\text{g/L}$	3	(.)	
DDT	$\mu\text{g/L}$	2	2	
Heptachlor dan Heptachlor epoxide	$\mu\text{g/L}$	18	(.)	
Endane	$\mu\text{g/L}$	56	(.)	
Hethoxychlor	$\mu\text{g/L}$	35	(.)	
Endrin	$\mu\text{g/L}$	1	4	
Oxphan	$\mu\text{g/L}$	5	(.)	

Sumber: Dinas Lingkungan Hidup Sulawesi Tenggara 2005

DAFTAR PUSTAKA

- Amin, M. (2016) 'Analisis Unsur Minor Kation dalam Sampel Air Alam dengan Menggunakan Teknik Kromatografi Ion', volume 05 No. 1.
- Deswanti, L. (2015) 'Analisis Parameter Fisika-Kimia sebagai Salah Satu Penentu Kualitas Perairan Batang Palangki Kabupaten Sijunjung, Sumatera Barat'.
- Diersing, N. (2009) 'Water Quality: Frequently Asked Questions'. Available at: <https://sanctuaries.noaa.gov/>.
- Fardiaz, S. (1993) *Analisis Mikrobiologi Pangan*. Jakarta: PT Raja Grafindo Persada.
- Handayani, N. (2010) *Studi Awal Tentang Sistem Penyediaan Air Bersih di Desa Karangduwur Kecamatan Kalikajar Kabupaten Wonosobo*. Universitas Negeri Semarang.
- Harini, B.W. and Merucahyo, P.Y. (2013) 'Aplikasi Metode Spektrofotometri Untuk Pengukuran Kekeruhan Air Pada Sistem Monitoring Kualitas Air Kolam'.
- Kemenkes RI (2023) 'Peraturan Menteri Kesehatan RI No 2 Tahun 2023 tentang Pelaksanaan PP No 66 Tahun 2014 tentang Kesehatan Lingkungan'. Jakarta.
- Mukarromah, R. and Yulianti, I. (2016) 'Analisis Sifat Fisis Kualitas Air Di Mata Air Sumber Asem Dusun Kalijeruk, Desa Siwuran, Kecamatan Garung, Kabupaten Wonosobo'.
- Saimin, J. *et al.* (2020) 'Microbiological and Biochemical Contamination Analysis of Refilled Drinking-water in Abeli, Kendari, Southeast Sulawesi', *The Indonesian Biomedical Journal*, 12(2), pp. 124-9. Available at: <https://doi.org/10.18585/inabj.v12i2.871>.
- Sari, I.P., Rahmawati, R. and Kurniatuhadi, R. (2019) 'Angka Paling Mungkin Dan Deteksi Coliform Pada Sampel Lalapan Daun Kemangi (*Ocimum Bacilicum*) Di Kota Pontianak', *Jurnal*

Protobiont, 8(3). Available at:
<https://doi.org/10.26418/protobiont.v8i3.36822>.

Suhestry, A.D. *et al.* (2022) 'Analisis Mikrobiologi, Fisika Dan Kimia Air Minum Isi Ulang Dari Depot Di Kampung Baru, Kedaton, Bandar Lampung', 1(1).

Trisno, K., Pg, K.T. and Suarjana, I.G.K. (2019) 'Isolasi dan Identifikasi Bakteri *Escherichia Coli* dari Udara pada Rumah Potong Unggas Swasta di Kota Denpasar', *Indonesia Medicus Veterinus* [Preprint].

BAB 6

PARAMETER KUALITAS UDARA

Desi Aryani, AMAK., SE., M.A.

A. Pendahuluan

Kualitas udara merupakan faktor penting bagi kesehatan manusia baik di daerah perkotaan maupun rural area di seluruh dunia. Kualitas udara timbul dari aktivitas alam maupun aktivitas manusia. Banyak aktivitas manusia yang dibuat sehingga dapat menyebabkan pencemaran. Sumber pencemaran udara dapat berasal dari berbagai kegiatan antara lain industri, transportasi, perkantoran, dan perumahan.

Suatu negara memiliki pengukuran standar kualitas udara yang berbeda. Indeks kualitas udara merupakan ukuran yang digunakan dalam menilai pencemaran udara. Di Indonesia ada lima parameter utama yang menjadi standar gas-gas pencemaran yang menjadi parameter indeks pengukuran kualitas udara yaitu CO, NO₂, SO₂, Ozon (O₃) dan partikulat berukuran 10 µm (PM₁₀). Kelima parameter ini dituangkan sebagai Indeks Standar Pencemar Udara yang selanjutnya disebut ISPU yang menggambarkan kondisi kualitas udara ambien di lokasi tertentu. Informasi kualitas udara yang disampaikan kepada masyarakat dalam bentuk grafik warna ISPU.

B. Latar Belakang

Kualitas udara pada umumnya dinilai dari konsentrasi parameter pencemaran udara yang terukur lebih tinggi atau lebih rendah dari nilai Baku Mutu Udara Ambien Nasional.

Menurut Peraturan Pemerintah RI No. 22 tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup, sumber pencemar udara adalah setiap kegiatan manusia yang mengeluarkan pencemar udara ke dalam udara ambien. Terkait dengan parameter, baku mutu dan sistem pengukuran kualitas baku mutu udara ambien tersusun dalam Lampiran VII PP No. 22 Tahun 2021.

Baku mutu udara adalah ukuran kondisi udara atau kadar unsur pencemaran udara yang dapat ditentang keberadaannya dalam udara ambien. Udara ambien merupakan udara bebas di permukaan bumi pada lapisan troposfer (lapisan udara sekitar 12 km diatas permukaan bumi) yang berada di dalam wilayah yurisdiksi Republik Indonesia yang dibutuhkan dan berpengaruh terhadap kesehatan manusia, makhluk hidup dan unsur lingkungan hidup lainnya. Pemerintah menetapkan Baku Mutu Udara Ambien Nasional untuk melindungi kesehatan dan kenyamanan masyarakat. Baku mutu udara ambien nasional yang ditetapkan sebagai batas maksimum mutu udara ambien untuk mencegah terjadinya pencemaran udara. Baku Mutu Udara Ambien dilihat pada Tabel 6.1.

Tabel 6.1. Baku Mutu Udara Ambien di Indonesia

No	Parameter	Waktu	Baku Mutu	Sistem Pengukuran
1	Sulfur Dioksida (SO ₂)	1 jam	150 µg/m ³	aktif kontinu
				aktif manual
		24 jam	75 µg/m ³	aktif kontinu
		1 tahun	45 µg/m ³	aktif kontinu
2	Karbon monoksida (CO)	1 jam	10000 µg/m ³	aktif kontinu
		8 jam	4000 µg/m ³	aktif kontinu
3	Nitrogen dioksida (NO ₂)	1 jam	200 µg/m ³	aktif kontinu
				aktif manual
		24 jam	65 µg/m ³	aktif kontinu
		1 tahun	50 µg/m ³	aktif kontinu

No	Parameter	Waktu	Baku Mutu	Sistem Pengukuran
4	Oksidan fotokimia (Ox) sebagai Ozon (O ₃)	1 jam	150 µg/m ³	aktif kontinu
				aktif manual
		8 jam	100 µg/m ³	aktif kontinu
		1 tahun	35 µg/m ³	aktif kontinu
5	Hidrokarbon Non Metana (NMHC)	3 jam	160 µg/m ³	aktif kontinu
6	Partikulat debu < 100 µm (TSP)	24 jam	230 µg/m ³	aktif manual
	Partikulat debu < 10 µm (PM ₁₀)	24 jam	75 µg/m ³	aktif kontinu
				aktif manual
		1 tahun	40 µg/m ³	aktif kontinu
	Partikulat debu < 2,5 µm (PM _{2,5})	24 jam	55 µg/m ³	aktif kontinu
				aktif manual
		1 tahun	15 µg/m ³	aktif kontinu
7	Timbal (Pb)	24 jam	2 µg/m ³	aktif manual

Lampiran VII, PP No. 22 Tahun 2021

Konsentrasi yang dilaporkan dalam waktu pengukuran 1 jam dilakukan pada pukul 11:00 – 14:00 waktu setempat dengan jumlah pengukuran 2 kali dalam 1 jam. Waktu pengukuran 8 jam, konsentrasi pengukuran dilakukan pada pukul 06:00 – 18:00 waktu setempat. Sedangkan untuk konsentrasi dari waktu pengukuran 3 jam dilakukan antara pukul 06:00 – 10:00 waktu setempat.

C. Pengertian

1. Udara

Udara adalah zat yang paling penting setelah air dalam memberikan kehidupan di permukaan bumi ini. Selain memberikan oksigen, udara juga berfungsi sebagai alat penghantar suara dan bunyi-bunyian, pendingin benda-

benda yang panas, dan dapat menjadi media penyebaran penyakit pada makhluk hidup (Chandra, 2006).

Udara sangat dibutuhkan oleh manusia dan makhluk hidup lainnya. Udara digunakan untuk pernapasan, menghirup gas oksigen ke paru-paru yang kemudian diserap oleh darah, lalu diangkut ke seluruh tubuh sebagai pemasok oksigen bagi sel-sel tubuh (Sunu, 2001).

Unsur terpenting dari udara untuk kehidupan adalah oksigen. Jumlah oksigen di dalam maupun di luar ruangan tidak banyak berbeda. Kesulitan bernafas akan dialami makhluk hidup yang membutuhkan oksigen jika konsentrasi oksigen di dalam maupun di luar ruangan berkurang karena meningkatnya konsentrasi CO₂ (Kristanto, 2002).

Udara adalah campuran dari berbagai gas secara mekanis dan bukan merupakan senyawa kimia. Udara merupakan komponen yang membentuk atmosfer bumi, yang membentuk zona kehidupan pada permukaan bumi (Gabriel, 2001).

Udara merupakan campuran mekanis dari bermacam-macam gas. Komposisi normal udara terdiri atas gas nitrogen 78,1%, oksigen 20,93% dan karbon dioksida 0,03%, sementara selebihnya merupakan gas argon, neon, kripton, xenon dan helium. Udara juga mengandung uap air, debu, bakteri, spora, dan sisa-sisa tumbuhan (Chandra, 2006).

2. Udara Ambien

Menurut Soemirat (1971), baku mutu udara ambien adalah batas yang diperbolehkan bagi zat atau bahan pencemar yang terdapat di udara namun tidak menimbulkan gangguan terhadap makhluk hidup, tumbuh-tumbuhan, dan harta benda.

3. Mutu Udara

Menurut PP 22 Tahun 2021, mutu udara adalah ukuran kondisi udara pada waktu dan tempat tertentu yang diukur

dan atau diuji berdasarkan parameter tertentu dan metode tertentu sesuai peraturan perundangan.

D. Tujuan

1. Memberikan pemahaman tentang standar pengukuran kualitas udara.
2. Memberikan pemahaman tentang parameter kualitas udara.

E. Parameter Kualitas Udara

Pencemaran udara secara luas merujuk pada masuknya atau penyisipan zat, energi, atau elemen lain ke dalam lingkungan yang menyebabkan terjadinya pencemaran udara. Hal ini mengakibatkan penurunan kualitas udara lingkungan sampai pada tingkat tertentu yang menghambat fungsi lingkungan sesuai dengan tujuannya. Bahan atau zat yang berpotensi mencemari udara bisa berupa gas maupun partikel, seperti, PM_{10} , CO, NO_2 , SO_2 , O_3 dan Pb.

1. PM_{10} (Partikel debu < 10 μm)

PM_{10} adalah partikel debu yang dapat masuk ke saluran pernapasan dan dapat menyebabkan gangguan sistem pernafasan. Pencemaran udara oleh partikel debu dapat mengakibatkan penyakit pernafasan kronis seperti bronkitis kronis, emfisema, asma bronkial, dan kanker paru-paru. Sekitar setengah dari partikel berukuran 0,01-0,1 μm dapat menembus dan terakumulasi di paru-paru. Studi epidemiologi menunjukkan bahwa terdapat peningkatan kematian sebesar 0,7 - 1,6% untuk setiap kenaikan 10 $\mu g/m^3$ PM_{10} dalam konsentrasi udara.

PM_{10} memiliki dampak kesehatan yang berbeda tergantung pada kategori Indeks Standar Pencemar Udara (ISPU). Dalam kategori baik (0-50), tidak ada efek kesehatan yang signifikan. Namun, ketika ISPU berada dalam kategori sedang (51-100), dapat menyebabkan penurunan jarak pandang. Kategori tidak sehat (101-199) mengakibatkan penurunan jarak pandang yang lebih signifikan dan pengotoran debu di berbagai area. Kategori sangat tidak

sehat (200-299) meningkatkan sensitivitas pasien yang menderita asma dan bronkitis. Nilai ISPU di atas 300 masuk dalam kategori berbahaya, di mana paparan PM_{10} berpotensi membahayakan semua populasi.

Penyebab penurunan kualitas udara dari kategori baik menjadi sedang biasanya disebabkan oleh transport polutan, seperti titik api (hotspot) di Pulau Sumatra dan pembakaran ladang di sekitar stasiun pengukuran. Kendaraan bermotor dan asap pabrik juga dapat mempengaruhi kualitas udara.

Dampak PM_{10} termasuk berkurangnya jarak pandang, kerusakan lingkungan akibat pengendapan partikel asam di perairan, tanah, dan hutan, serta kerusakan bangunan atau monumen karena partikel yang mengandung asam dapat merusak material.

Terdapat jenis partikel PM_{10} yang berhubungan langsung dengan kesehatan manusia, yaitu partikel dengan ukuran aerodinamik $\leq 10 \mu m$. PM_{10} terdiri dari partikel halus dengan ukuran $2,5 \mu m$ dan partikel kasar dengan ukuran $2,5 \mu m$ sampai $10 \mu m$. Partikel ini berasal dari berbagai sumber seperti debu jalan, debu konstruksi, kendaraan bermotor, cerobong asap industri, serta aktivitas penghancuran dan penggilingan.

2. CO

Karbon monoksida (CO) merupakan sebuah gas tanpa warna, bau, dan rasa, yang dapat berdampak pada kesehatan manusia dan lingkungan. Keberadaan CO dapat mempengaruhi berbagai organ tubuh yang sensitif terhadap kekurangan oksigen, termasuk jantung, sistem saraf pusat, janin, dan organ lainnya.

Proses pembentukan CO berasal dari pembakaran bahan bakar fosil, yang dapat terjadi dalam beberapa reaksi kimia. Efek utama CO terhadap kesehatan disebabkan oleh kemampuannya untuk menggantikan oksigen dalam hemoglobin, membentuk karbon monoksida hemoglobin

(COHb). Akibatnya, kemampuan darah untuk membawa oksigen ke jaringan tubuh menjadi terhambat.

Pembentukan CO ini terjadi terutama pada pembakaran tidak sempurna, seperti yang sering terjadi pada mesin kendaraan bermotor yang kurang terawat atau usianya sudah tua. Konsentrasi CO dalam udara dapat mempengaruhi kualitas udara dan kesehatan manusia. Kategori indeks kualitas udara (ISPU) menunjukkan dampak CO pada kesehatan, di mana kategori baik (0-50) tidak menimbulkan dampak signifikan, sedangkan kategori sedang (51-100) bisa mempengaruhi kimia darah tanpa gejala yang terdeteksi.

Karbon monoksida yang dihasilkan dari pembakaran tidak sempurna di mesin kendaraan dan cerobong pabrik dapat menyebabkan masalah kesehatan dan merusak lingkungan. Dalam kisaran nilai ISPU yang lebih tinggi, gas CO dapat memicu masalah kardiovaskuler terutama pada individu yang rentan.

Secara keseluruhan, parameter CO adalah polutan gas berbahaya yang memiliki dampak kesehatan serius terutama pada sirkulasi oksigen dalam tubuh manusia dan dapat berkontribusi terhadap pencemaran udara.

3. NO₂

Nitrogen oksida (NO₂) adalah kumpulan gas yang terdapat dalam atmosfer, terdiri dari nitrogen oksida (NO) dan nitrogen dioksida (NO₂). Pembentukan NO dan NO₂ melibatkan reaksi antara nitrogen dan oksigen di udara, menghasilkan NO. Gas nitrogen dioksida (NO₂) merupakan zat pencemar udara utama, serta berperan dalam kualitas udara dan hujan asam bersama sulfur dioksida (SO₂). Sumber NO_x dapat berasal dari alam, termasuk aktivitas bakteri, dan juga dari aktivitas manusia, terutama melalui proses pembakaran pada suhu tinggi.

Nitrogen dioksida (NO_2) adalah gas beracun dengan warna coklat kemerahan dan bau tajam seperti asam nitrat. Gas ini terbentuk melalui proses biologis dan pembakaran. NO_2 berdampak negatif pada sistem pernafasan manusia, khususnya pada penderita asma. Gas ini lebih toksik daripada nitrogen monoksida (NO) dan merupakan salah satu bahan pencemar udara paling signifikan.

NO_2 termasuk dalam kelompok polutan NO_2 bersama NO , HNO_2 , dan HNO_3 . Gas ini larut dalam air dengan kadar rendah, tetapi mudah larut dalam alkali, karbon disulfida, dan kloroform. Paparan terhadap NO_2 berdampak pada saluran pernapasan dan dapat menyebabkan gangguan pernapasan, inflamasi, dan gejala asma. Emisi NO_x dipengaruhi oleh kepadatan penduduk dan berasal dari pembakaran bahan bakar fosil seperti arang, minyak, gas alam, dan bensin.

Paparan NO_2 memiliki efek berbahaya, termasuk asfiksi, edema paru, batuk, sesak napas, dan kerusakan pada sistem imun serta saluran pernapasan. NO_2 juga berpotensi merusak organ tubuh lain setelah masuk ke dalam peredaran darah. NO_2 berkontribusi pada pembentukan kabut fotokimia dan dapat mengganggu kesehatan manusia dan lingkungan.

Pentingnya pemahaman mengenai dampak NO_2 terhadap kesehatan dan lingkungan diakui dalam kategori indeks ISPU. Peningkatan konsentrasi NO_2 dalam udara dapat menghasilkan bau yang berbeda dan berpotensi merusak kesehatan pernapasan manusia. Gas ini berasal dari berbagai sumber seperti kendaraan bermotor, industri, dan rumah tangga, serta dapat diproduksi melalui reaksi NO terpapar sinar matahari.

Dampak lingkungan dari NO_2 meliputi hujan asam, pemanasan global (terutama dari N_2O), eutrofikasi air, dan berkurangnya jarak pandang akibat partikel nitrat dan NO_2 . Kumpulan NO_2 berkontribusi pada masalah lingkungan ini

dengan merusak kualitas air dan udara serta mempengaruhi kehidupan ekosistem air.

Secara keseluruhan, NO_2 merupakan kumpulan gas yang berpotensi merugikan manusia dan lingkungan melalui dampaknya terhadap kesehatan pernapasan, hujan asam, pemanasan global, dan kualitas air dan udara. Sumber-sumber utama emisi NO_2 melibatkan aktivitas manusia, terutama yang berkaitan dengan pembakaran bahan bakar fosil.

4. SO_2

Gas sulfur dioksida (SO_2) sebagai polutan udara yang dihasilkan dari pembakaran bahan bakar fosil yang mengandung belerang. Gas SO_2 memiliki karakteristik yang meliputi sifat tidak berwarna, tidak mudah meledak, tidak mudah terbakar, dan memiliki bau tajam bila konsentrasinya melebihi 0.5 ppm. Gas ini dapat bereaksi dengan uap air di udara untuk membentuk hujan asam, yang dapat merusak berbagai material dan tumbuhan.

Pencemaran udara oleh SO_2 terutama berasal dari pembakaran bahan bakar fosil seperti minyak, batu bara, dan gas. Dampak kesehatan dari paparan SO_2 termasuk iritasi pada sistem pernapasan manusia, dan gas ini memiliki kemampuan untuk merangsang sesak napas dan masalah pernapasan lainnya. Sumber alami SO_2 meliputi gunung berapi dan pembusukan bahan organik oleh mikroba, sementara sumber buatan melibatkan pembakaran bahan bakar fosil dengan kandungan sulfur tinggi.

Paparan gas SO_2 memiliki pengaruh berbeda tergantung pada konsentrasi dan kategori indeks kualitas udara (ISPU). Pada kategori baik (0-50), paparan SO_2 tidak menimbulkan efek yang signifikan. Pada kategori sedang (51-100), paparan SO_2 dalam jangka waktu pendek dapat menyebabkan luka pada beberapa spesies tumbuhan. Pada kategori tidak sehat (101-199), bau SO_2 mulai tercium dan ada peningkatan keracunan pada tanaman. Kategori sangat tidak

sehat (200-299) akan meningkatkan sensitivitas pasien yang menderita asma dan bronkitis. Pada kategori berbahaya (di atas 300), paparan SO_2 berbahaya bagi semua populasi.

SO_2 merupakan salah satu komponen dari sulfur oksida (SO_x) dan mudah larut dalam air. Dalam udara, SO_2 juga dapat bereaksi dengan komponen lain dan membentuk partikel sulfat. Gas SO_2 memiliki efek negatif pada pernapasan dan paru-paru manusia serta dapat berkontribusi pada pembentukan hujan asam. Pengaruhnya terutama merugikan bagi individu dengan masalah pernapasan, seperti asma.

5. O_3

O_3 memiliki sifat radikal dan kecenderungan oksidasi tinggi sebesar 2,07 volt. Waktu paruh ozon adalah 15 menit dalam larutan dan lebih dari 15 menit di udara. Saat berada pada suhu kamar, ozon tidak berwarna, tetapi akan mengembun. Pada suhu -111°C , ozon menjadi cairan biru, dan pada -192°C , berubah menjadi zat biru-hitam.

O_3 memiliki berbagai kemampuan, terutama dalam pengolahan limbah. Sifatnya sebagai oksidator memungkinkan ozon menguraikan senyawa organik dalam limbah, seperti benzena dan dioksin. Seperti oksigen, ozon dapat mempercepat pembakaran dan merupakan oksidator yang kuat, terutama untuk zat organik. Ozon lebih kuat sebagai oksidator daripada Cl_2 dan O_2 .

O_3 berwarna biru, tidak stabil, dan bersifat iritan kuat pada saluran pernapasan, dapat terdeteksi oleh penciuman pada konsentrasi rendah (0,001 ppm). Ozon dihasilkan secara alami di stratosfer dan dalam jumlah kecil di troposfer. Ozon juga merupakan komponen smog (smoke and fog). Secara buatan, ozon dihasilkan dari peralatan listrik berdaya tinggi dan proses lainnya. Karena sifatnya yang bakterisidal, ozon sering digunakan sebagai desinfektan.

Ozon adalah gas triatomik hasil rekombinasi atom-atom oksigen. Keberadaan oksidan di udara dapat

menyebabkan iritasi mata, gangguan pernapasan, dan pusing. Dalam jangka panjang, dampak kesehatan bisa lebih serius, termasuk luka paru-paru dan gangguan pernapasan. Pengaruhnya terhadap kesehatan tercermin dalam indeks ISPU, dengan konsentrasi tertentu mengakibatkan efek buruk pada tumbuhan, atlet yang berlatih keras, dan individu dengan masalah pernapasan kronis.

Ozon berperan dalam melindungi bumi dari sinar UV berlebih. Kerusakan lapisan ozon dapat mengakibatkan masalah seperti kanker kulit dan pemanasan global. Ozon juga berperan sebagai parameter kualitas udara, dengan sifatnya yang reaktif dan potensial untuk membentuk pencemar sekunder dengan sinar matahari.

Lapisan ozon berfungsi sebagai filter sinar UV di atmosfer. Pencemar sekunder yang dihasilkan oleh ozon dapat menghancurkan molekul dan membentuk kabut asap berbahaya serta mereduksi produksi tanaman.

6. Pb

Logam berat timbal (Pb) terdapat dalam berbagai barang seperti baterai, peluru, cat, dan bahan bangunan. Paparan timbal dapat merusak sistem saraf dan otak, serta dulu digunakan dalam bensin untuk meningkatkan angka oktan.

Timbal secara alami ada di udara dengan kadar rendah ($0,0001 - 0,001 \mu\text{g}/\text{m}^3$), namun aktivitas transportasi dan industri telah meningkatkan konsentrasi timbal di udara. Kendaraan bermotor merupakan sumber utama emisi timbal dari bahan bakar bensin yang mengandung senyawa timbal organik. Campuran senyawa timbal alkil digunakan dalam bensin untuk meningkatkan oktan. Proses dalam mesin mengubah timbal dalam bahan bakar dan oli menjadi partikel yang terbang bersama gas buang melalui knalpot.

Paparan timbal dapat terjadi melalui makanan, minuman, udara, atau penetrasi kulit. Timbal yang terhirup dapat masuk ke dalam darah melalui paru-paru. Ukuran

partikel timbal dan volume udara yang dihirup mempengaruhi penyerapan. Timbal yang masuk ke paru-paru diikat darah dan tersebar ke seluruh tubuh. Lebih dari 90% timbal dalam darah terikat pada sel darah merah.

Partikel timbal dari gas buang kendaraan bermotor dapat masuk ke saluran pernapasan dan menumpuk di jaringan tubuh seperti tulang, lemak, dan darah karena ukuran aerodinamisnya.

DAFTAR PUSTAKA

- Battista, G., 2017. Analysis of the Air Pollution Sources in the City of Rome (Italy). Energy Procedia (126):392-397, doi:10.1016/j.egypro.2017.08.271.
- Famoso, F., Lanzafame, R., Monforte, P., Oliveri, C., Scandura, P. F. 2015. Air Quality Data for Catania: Analysis and Investigation Case study 2012- 2013. Energy Procedia. (81):644 - 654, doi: 10.1016/j.egypro.2015.12.049
- Keputusan Kepala Badan Pengendalian Dampak Lingkungan No. 107 Tahun 1997 Tanggal 21 November 1997 Tentang : Perhitungan dan Pelaporan Serta Informasi Indeks Standar Pencemar Udara, Jakarta.
- Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No. 22 Tahun 2021 tanggal : 2 Februari 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup, Jakarta.
- [MENKLH] Menteri Negara Kependudukan dan Lingkungan Hidup. 1988. Keputusan Menteri Negara Kependudukan dan Lingkungan Hidup Nomor: Kep-02/MenKLH/I/1988 tentang Pedoman Penetapan Baku Mutu Lingkungan. Jakarta: Menteri Negara Kependudukan dan Lingkungan Hidup.
- Menteri Tenaga Kerja dan Transmigrasi. 2011. Peraturan Menteri Tenaga Kerja dan Transmigrasi Nomor Per.13/Men/X/2011 Tahun 2011 tentang Nilai Ambang Batas Faktor Fisika dan Faktor Kimia di Tempat Kerja. Jakarta: Menteri Tenaga Kerja dan Transmigrasi.
- Ruslinda, Y., Gunawan, H., Goembira, F., Wulandari, S., Lingkungan, J. T., Andalas, U., Sipil, J. T., Andalas, U., Unand, K., & Manis, L. (2016). Pengaruh Jumlah Kendaraan Berbahan Bakar Bensin Terhadap Konsentrasi Timbal (Pb) di Udara Ambien Jalan Raya Kota Padang.

- Constantya, Q. (2017). Studi Pola Konsentrasi Kualitas Udara Ambien Kota Surabaya (Parameter No, No₂, O₃). *Teknik Lingkungan*, 2, 73–77. <http://repository.its.ac.id>
- Kurniawan, A. (2018). Pengukuran Parameter Kualitas Udara (Co, No₂, So₂, O₃ Dan Pm₁₀) di Bukit Kototabang Berbasis Ispu. *Jurnal Teknosains*, 7(1), 1. <https://doi.org/10.22146/teknosains.34658>
- Kontributor, H., Karliansyah Penanggung Jawab, M. R., Penyusun, S., Riauaty Suhadi Anissa Febrina Kontributor, D. S., Setyono, P., Himawan, W., Amran, P., Mahalana, A., Zakaria, M., Krisnawati, L., Tambun, J. H., Harsono, M., Rena, T., Darajat, R., & Rumapea, R. M. (2013). Kementerian Lingkungan Hidup.
- Romansyah, M. (2019). Analisis Korelasi Karbon Monoksida (CO) dan Particulate Matter (PM) dengan Kendaraan Bermotor dan Faktor yang Berhubungan. *Jurnal Ekonomi Volume 18, Nomor 1 Maret 201*, 2(1), 41–49.
- Wicaksana, A., & Rachman, T. (2018). *Angewandte Chemie International Edition*, 6(11), 951–952., 3(1), 10–27. <https://medium.com/@arifwicaksanaa/pengertian-use-case-a7e576e1b6bf>
- Yuda, F. R., Gusdini, N., & Pratiwi, R. (2020). Pola Sebaran Gas Karbon Monoksida (Co) Polutan di Kecamatan Bogor Tengah. *Geoplanart*, 3(1), 15–29. <http://journal.unwim.ac.id/index.php/geoplanart/article/view/222>
- Febriana, R. (2013). Analisis Kualitas Udara Ambien di Kawasan Industri Bandar Lampung. Program Keahlian Analisis Kimia Program Diploma Institut Pertanian Bogor, 1–8.
- Putrakoranto, L. (2021). Analisis Sulfur Dioksida (SO₂) pada Udara Ambien dan Risiko Terhadap Kesehatan Masyarakat di Kabupaten Sleman, Daerah Istimewa Yogyakarta. *Jurnal Ekonomi Volume 18, Nomor 1 Maret 201*, 2(1), 41–49.

BAB 7

METODE DAN TEKNIK SAMPLING PARAMETER KUALITAS UDARA

Siti Rabbani Karimuna, S.KM., M.P.H

A. Pendahuluan

Udara merupakan campuran beberapa macam gas yang perbandingannya tidak tetap, tergantung pada keadaan suhu udara/tekanan udara dan lingkungan sekitarnya. Udara adalah atmosfer yang berada di sekeliling bumi yang berfungsi sangat penting bagi kehidupan di dunia ini (Chandra, 2005).

Dalam udara terdapat oksigen (O_2) untuk bernapas, karbondioksida (CO_2) untuk proses fotosintesis oleh klorofil daun dan ozon (O_3) untuk menahan sinar ultraviolet. Gas gas lain yang terdapat dalam udara antara lain gas gas mulia, natrium oksida, hidrogen metana, belerang dioksida, amoniak dan lain lain. Apabila susunan udara mengalami perubahan dari susunan keadaan normal maka akan mengganggu kehidupan manusia, hewan dan binatang maka udara telah tercemar. Teknik pengukuran udara di lingkungan bertujuan untuk mengetahui konsentrasi zat pencemar yang ada di udara (Fitriyah and Indriyani, 2022).

Data hasil pengukuran tersebut sangat diperlukan untuk berbagai kepentingan, diantaranya untuk mengetahui tingkat pencemaran udara di lingkungan atau untuk menilai keberhasilan program pengendalian pencemaran udara yang sedang dijalankan. Untuk mendapatkan hasil pengukuran yang valid (yang representatif), maka dari mulai pengambilan contoh udara (sampling) sampai dengan analisis di laboratorium harus menggunakan peralatan, prosedur dan operator (teknisi,

laboran, manalis dan chemist) yang dapat dipertanggung jawabkan. Dalam pelaksanaan pengukuran kualitas udara dapat dilakukan secara kontinyu menggunakan peralatan otomatis yang dapat mengukur zat pencemar secara langsung dan dengan cepat, sehingga fluktuasi konsentrasi zat pencemar di udara ambien dapat dipantau (Syaputri et al., 2023).

Untuk melaksanakan pengukuran kualitas udara, maka terlebih dahulu diambil sampel dan sampel diambil dengan cara teknik sampling. Maka dari itu dibuat makalah ini sehingga dapat diketahui lebih mendalam mengenai teknik sampling di udara yang akan diteliti (Machdar, 2018).

B. Kualitas Udara

Kualitas udara merupakan parameter untuk mengukur keadaan pada udara yang layak pada sebuah wilayah. Penurunan kualitas udara diakibatkan oleh polutan seperti beberapa jenis gas, asap kendaraan, asap industri dan limbah udara dari rumah tangga. Kualitas udara berarti keadaan udara di sekitar kita yang mengacu pada udara yang bersih atau tercemar. Kualitas udara yang baik tidak hanya sangat penting untuk manusia, tetapi juga penting untuk hewan, tumbuhan, air dan tanah. Ada beberapa istilah yang digunakan dalam kualitas udara (Mukono, 2011) yaitu:

1. Polutan, yaitu zat-zat, terdiri dari gas atau partikel berlebihan yang mencemari udara. Kualitas udara dapat diukur dari banyaknya jumlah dan jenis polutan di udara. Kandungan polutan dinyatakan dengan istilah emisi dan konsentrasi.
2. Emisi, yaitu gas buang yang merupakan polutan, diukur per satuan luas (massa/luas/waktu)
3. Konsentrasi merupakan banyaknya polutan, dihitung per satuan volume/media. Satuan yang digunakan yaitu ppm (part per million).

Kualitas udara dipengaruhi oleh berbagai faktor, diantaranya lokasi, sumber pencemar dari berbagai kegiatan, polutan, serta meteorologi dan topografi yang mempengaruhi penyebaran polutan di udara (Leonard, 2023).

C. Pencemaran Udara

Berdasarkan proses pembentukannya, zat pencemar di udara dapat dibedakan di zat pencemar primer dan zat pencemar sekunder. Zat pencemar primer dapat didefinisikan sebagai zat pencemar yang terbentuk di sumber emisinya (SO_2 , NO_x), sedangkan zat pencemar sekunder merupakan zat pencemar yang terbentuk di atmosfer, yang merupakan produk dari reaksi kimia beberapa zat pencemar (seperti senyawa oksidan dan ozon). Sedangkan berdasarkan fasanya, zat pencemar di udara dibedakan atas zat pencemar berupa aerosol, atau partikulat (debu) dan zat pencemar berupa gas-gas mulia, nitrogen oksida, hidrogen, methana, belerang dioksida, amonia, ozon, dan lain-lain (Fitriyah and Indriyani, 2022).

Apabila susunan udara mengalami perubahan dari susunan keadaan normal seperti tersebut diatas dan kemudian mengganggu kehidupan manusia, hewan dan binatang, maka udara telah tercemar.

Menurut asalnya, pencemaran udara dapat dibagi menjadi dua macam, yakni:

1. Pencemaran Udara Alami Masuknya zat pencemar ke dalam udara/atmosfer, akibat proses-proses alam seperti asap kebakaran hutan, debu gunung berapi, pancaran garam dari laut, debu meteoroid dan sebagainya.
2. Pencemaran Udara Non Alami Masuknya zat pencemar oleh aktivitas manusia, yang pada umumnya tanpa disadari dan merupakan produk samping, berupa gas-gas beracun, asap, **partikel-partikel halus, senyawa belerang, senyawa kimia, buangan panas dan buangan nuklir.**

Proses penurunan kualitas lingkungan udara pada umumnya disebabkan oleh masuknya zat pencemar ke dalam lingkungan udara tersebut, baik alami (seperti: kebakaran hutan oleh teriknya matahari, debu vulkanik, debu meteorit, pancaran garam dari laut dan sebagainya) maupun akibat aktivitas manusia yang justru sering menimbulkan masalah (seperti pancaran gas beracun dari pemupukan, pembasmian hama, asap

rumah tangga, transportasi, produk sampingan dari industri dan sebagainya) (Chandra, 2005).

Dalam melakukan sampling udara, kita dapat membagi daerah monitoring (pemantauan) atas tiga daerah dengan keperluan dan cara sampling yang berbeda-beda satu sama lainnya, yaitu:

1. Daerah Ambient

Daerah ambient merupakan daerah tempat tinggal penduduk (pemukiman) dimana diperkirakan seseorang mengalami keterpaan terhadap zat pencemar yang berlangsung selama 24 jam. Sehingga, konsentrasi zat pencemar udara harus sekecil mungkin dan memenuhi baku mutu udara yang dipersyaratkan.

2. Daerah Tempat Kerja

Daerah tempat kerja (work place) merupakan daerah dimana seseorang bekerja selama periode waktu tertentu. Biasanya seseorang bekerja di industri/pabrik selama 8 jam per hari, sehingga keterpaparan zat pencemar terhadap seseorang yang bekerja diharapkan tidak mengganggu kesehatannya

3. Daerah/Sumber Pencemar Udara

Daerah/sumber pencemar udara, yang berasal dari cerobong asap pabrik perlu dilakukan monitoring terhadap jenis dan konsentrasi zat pencemar, minimal setiap penggantian teknologi proses dan penggunaan bahan baku yang berbeda

Dalam melakukan sampling udara ini, ada beberapa faktor yang menentukan hasil analisisnya, diantaranya: a) Arah angin Kecepatan angin (m/s); b) Waktu dan lama pengambilan contoh (jam); c) Tekanan udara (mmhg); d) Temperatur udara ($^{\circ}\text{C}$); e) Kelembaban udara (%) dan f) Pola terdifusinya zat pencemar (Syaputri et al., 2023).

D. Parameter Kualitas Udara

1. Karbon Monoksida (CO)

Karbon monoksida merupakan pencemar udara yang paling besar dan umum dijumpai. Sebagai besar CO terbentuk akibat proses pembakaran bahan-bahan karbon yang digunakan sebagai bahan bakar, secara tidak sempurna, misalnya dari pembakaran bahan bakar minyak, pemanas, proses-proses industri dan pembakaran sampah.

Bahwa konsentrasi CO di udara per waktu dalam satu hari dipengaruhi oleh kesibukan atau aktivitas kendaraan bermotor. Semakin ramai kendaraan bermotor yang ada, semakin tinggi tingkat polusi CO di udara. Paparan yang berlebihan pada manusia akan mengakibatkan pengrusakan penglihatan dan kesadaran, fungsi sistem kontrol syaraf turun serta fungsi jantung dan paru-paru menurun bahkan dalam kondisi yang berlebihan dapat menyebabkan kematian. Pada dasarnya karbon monoksida (CO) adalah gas yang tidak berbau, tidak terasa dan juga tidak berwarna. Oleh karena itu lingkungan yang tercemar oleh gas CO tidak dapat dilihat oleh mata. Di Daerah perkotaan dengan lalu lintas yang padat konsentrasi gas CO berkisar antara 10 - 15 ppm (Murtopo Simbolon, 2020).

2. Karbon Dioksida (CO₂)

Kandungan karbon dioksida di udara segar bervariasi antara 0,03% (300 ppm) sampai dengan 0,06% (600 ppm) bergantung pada lokasi. Paparan berkepanjangan terhadap konsentrasi karbon dioksida yang sedang dapat menyebabkan efek-efek merugikan pada metabolisme kalsium fosforus yang menyebabkan peningkatan endapan kalsium pada jaringan lunak.

Dalam ruangan tertutup yang dipenuhi orang, konsentrasi karbondioksida akan mencapai tingkat yang lebih tinggi daripada konsentrasi di udara bebas. Konsentrasi yang lebih besar dari 1.000 ppm akan menyebabkan ketidaknyamanan terhadap 20% penghuni dan ketidaknyamanan ini akan meningkat seiring dengan

meningkatnya konsentrasi CO₂. Ketidaknyamanan ini diakibatkan oleh gas-gas yang dikeluarkan sewaktu pernapasan dan keringat manusia (Sulistiyono and Davi, 2022).

3. Hidrokarbon (HC)

Hidrokarbon (HC) terdiri dari elemen hidrogen dan karbon dan sifat fisik HC dipengaruhi oleh jumlah atom karbon yang menyusun molekul HC. HC adalah bahan pencemar udara yang dapat berbentuk gas, cairan maupun padatan. Semakin tinggi jumlah atom karbon, unsur ini akan cenderung berbentuk padatan. Hidrokarbon dengan kandungan unsur C antara 1 - 4 atom karbon akan berbentuk gas pada suhu kamar, sedangkan kandungan karbon diatas 5 akan berbentuk cairan dan padatan. HC yang berupa gas akan bercampur dengan gas-gas hasil buangan lainnya. Sedangkan bila berupa cair maka HC akan membentuk semacam kabut minyak, bila berbentuk padatan akan membentuk asap yang pekat dan akhirnya menggumpal menjadi debu (Maika Saputra et al., 2023).

4. Debu Partikulat

Partikulat debu melayang (Suspended Particulate Matter/SPM) merupakan campuran yang sangat rumit dari berbagai senyawa organik dan anorganik yang terbesar di udara dengan diameter yang sangat kecil, mulai dari < 1 mikron sampai dengan maksimal 500 mikron. Partikulat debu tersebut akan berada di udara dalam waktu yang relatif lama dalam keadaan melayang layang di udara dan masuk kedalam tubuh manusia melalui saluran pernafasan. Selain dapat berpengaruh negatif terhadap kesehatan, partikel debu juga dapat mengganggu daya tembus pandang mata dan juga mengadakan berbagai reaksi kimia di udara (Maika Saputra et al., 2023).

E. Metode Sampling Kualitas Udara

Metode sampling kualitas udara dilihat lokasi pemantauannya terbagi dalam dua kategori yaitu (Maika Saputra et al., 2023):

1. Metode Sampling Kualitas Udara Ambien

Adalah sampling kualitas udara pada media penerima polutan udara/emisi udara. Untuk sampling kualitas udara ambien, teknik pengambilan sampel kualitas udara ambien saat ini terbagi dalam dua kelompok besar yaitu pemantauan kualitas udara secara aktif (konvensional) dan secara pasif. Dari sisi parameter yang akan diukur, pemantauan kualitas udara terdiri dari pemantauan gas dan partikulat. Berikut penjelasannya yaitu: Parameter Gas Teknik pengumpulan gas yang umum digunakan untuk menangkap gas pencemar di udara adalah dengan teknik adsorpsi, desorpsi, pendinginan dan pengumpulan pada kantong udara (bag sampler atau tube sampler).

2. Metode Adsorpsi

Teknik adsorpsi adalah teknik pengumpulan gas berdasarkan kemampuan gas pencemar teradsorpsi/bereaksi dengan larutan pereaksi spesifik (larutan absorben). Pereaksi kimia yang digunakan harus spesifik artinya hanya dapat bereaksi dengan gas pencemar tertentu yang akan di analisis.

Untuk menangkap kadar gas-gas berbahaya secara konvensional, menggunakan sampling udara dengan impinger yang langkah langkah kerjanya yaitu:

1. Menarik udara dengan pompa hisap ke dalam tabung impinger yang berisi larutan penangkap.
2. Mengukur kontaminan yang tertangkap atau bereaksi dengan larutan penangkap baik dengan metoda konvensional maupun instrumental.
3. Menghitung kadar kontaminan dalam udara berdasarkan jumlah udara yang dipompa dan hasil pengukuran Peralatan Impinger Teknik Desorpsi Teknik adsorpsi berdasarkan kemampuan gas pencemar teradsorpsi pada permukaan padat adsorbent.

Jenis adsorben yang umum digunakan adalah karbon aktif, TENAX-GC atau Amberlite XAD). Teknik ini digunakan untuk pengumpulan gas-gas organik seperti senyawa hidrokarbon, benzene, toluene dan berbagai jenis senyawa organik yang mampu terserap pada permukaan adsorben yang digunakan. Efisiensi pengumpulan gas analit/gas pencemar pada adsorbent tergantung pada:

1. Konsentrasi gas pencemar di sekitar permukaan adsorben. Semakin tinggi konsentrasi gas pencemar semakin tinggi efisiensi pengumpulan.
2. Luas permukaan adsorben, semakin kecil diameter adsorben semakin luas permukaannya, semakin banyak gas analit yang teradsorpsi.
3. Temperatur. Semakin tinggi temperatur semakin rendah efisiensi pengumpulan gas analit, oleh sebab itu teknik ini jarang digunakan untuk pengumpulan gas pencemar dari sumber emisi (cerobong) dengan temperatur gas yang tinggi.
4. Kompetisi dari gas organik lain. Senyawa organik yang lain akan ikut terdesorpsi pada permukaan padat sehingga efisiensi pengumpulan semakin berkurang.
5. Sifat/karakteristik dari adsorben yang digunakan.

F. Metode Pengukuran Zat Pencemar di Udara

Berikut metode yang digunakan untuk mengukur kualitas udara berdasarkan zat yang tercemar:

1. Sulfur dioksida (SO₂)

Metode yang digunakan untuk pengujian kadar SO₂ di udara memakai metode pararosaniline-spektrofotometri. Prinsip Dasar SO₂ di udara diserap/diabsorpsi oleh larutan kalium tetra kloro mercurate (absorbent) dengan laju flow rate 1 liter/menit. SO₂ bereaksi dengan kalium tetra kloro mercurate membentuk kompleks diklorosulfitomercurate. Dengan penambahan pararosanilin dan formaldehid akan membentuk senyawa pararosanilin metil sulfonat yang berwarna ungu kemerahan. Intensitas warna diukur dengan spektrofotometer pada panjang gelombang 560 nm.

Dasar Pengukuran gas SO_2 dengan spektrofotometer Uv-Vis Prinsip dasar pengukuran gas SO_2 dengan sinar ultra violet adalah berdasarkan kemampuan molekul SO_2 berinteraksi dengan cahaya pada panjang gelombang 190-230 nm, menyebabkan elektron terluar dari molekul gas SO_2 akan tereksitasi pada tingkat energi yang lebih tinggi (excited state). Elektron pada posisi tereksitasi akan kembali ke posisi ground state dengan melepaskan energi dalam bentuk panjang gelombang tertentu. Dengan mengukur intensitas cahaya tersebut maka dapat ditentukan konsentrasi gas SO_2 . Metode ini praktis mudah dioperasikan, stabil dan akurat, metode ini metode yang dipakai untuk alat pemantauan kualitas udara secara otomatis dan kontinyu. Perlu diketahui bahwa ketelitian dan keakuratan metode ini, sangat dipengaruhi oleh sistem kalibrasi alat tersebut (Sinaga, Fathoni and Prabowo, 2022).

2. Oksida Nitrogen

Metode Griess-Saltzman-Spektrofotometri, NO_2 di udara direaksikan dengan pereaksi Griess Saltman (absorbent) membentuk senyawa yang berwarna ungu. Intensitas warna yang terjadi diukur dengan spektrofotometer pada panjang gelombang 520 nm. Prinsip Dasar Absorber untuk penangkapan NO_2 adalah absorber dengan desain khusus dan porositas frittednya berukuran 60 μm . Untuk pengukuran NO , sample gas harus dilewatkan ke dalam oksidator terlebih dahulu (seperti $\text{KmnO}_4/\text{Cr}_2\text{O}_3$). Dasar Pengukuran gas Gas NO di udara direaksikan dengan gas ozon membentuk nitrogen dioksida tereksitasi. NO_2 yang tereksitasi akan kembali pada posisi ground state dengan melepaskan energi berupa cahaya pada panjang gelombang 600-875 nm. Intensitas cahaya yang diemisikan diukur dengan photomultifier, Intensitas yang dihasilkan sebanding dengan konsentrasi NO di udara. Sedangkan gas NO_2 sebelum direaksikan dengan gas ozon terlebih dahulu

direduksi dengan katalitik konverter. Skema Chemiluminescent NO_x Analyzer (Machdar, 2018).

3. Karbon Monoksida

Metode Pengukuran ini berdasarkan kemampuan gas CO menyerap sinar infra merah pada panjang 4,6 μm . Banyaknya intensitas sinar yang diserap sebanding dengan konsentrasi CO di udara. Analyzer ini terdiri dari sumber cahaya inframerah, tabung sampel dan reference, detektor dan rekorder. Metode lain yang juga digunakan adalah metode oksidasi CO dengan campuran CuO-MnO₂ dalam suasana panas membentuk gas CO₂. Selanjutnya CO₂ tersebut diabsorpsi dengan larutan Ba(OH)₂ berlebih. Kelebihan Ba(OH)₂ dititrasi asam oksalat menggunakan indikator phenolphthalein (Mukono, 2011).

4. Ozon/Oksidan

Metode Neutral Buffer Potassium Iodine (NBKI) spektrofotometri. Gas /udara yang mengandung ozon dilewatkan dalam pereaksi kalium iodida pada buffer ph netral (ph 6,8), membebaskan Iodium. Selanjutnya Iodium yang dibebaskan diukur intensitasnya pada panjang gelombang 350 nm. Gas ozon direaksikan dengan gas asetilen membentuk aldehid yang tidak stabil, yang selanjutnya akan melepaskan energi dalam bentuk cahaya. Intensitas cahaya yang diemisikan diukur dengan fotomultiplier, yang berbanding lurus dengan konsentrasi ozon. Panjang gelombang cahaya yang diemisikan pada panjang gelombang 300 600 nm (Mukono, 2011).

5. Hidrokarbon

Metode Pengukuran secara langsung dengan Gas Chromatograf Hidrokarbon diukur sebagai total hidrokarbon (THC) dan Non Methanic Hydrocarbon (NMHC). Metode yang digunakan adalah kromatografi gas dengan detektor Flame Ionisasi (FID). Hidrokarbon dari udara dibakar pada

flame yang berasal dari gas hidrogen membentuk ion-ion. Ion yang terbentuk pada flame akan ditangkap oleh elektrode negatif. Banyaknya arus ion yang terbentuk menunjukkan konsentrasi hidrokarbon. Metode adsorpsi dengan adsorben karbon aktif. Contoh gas dilewatkan ke dalam tube karbon aktif dengan laju alir gas tertentu ($\pm 0,3$ liter/menit). Waktu sampling tergantung kepada konsentrasi hidrokarbon dan banyak-nya adsorben karbon aktif yang digunakan. Untuk melepaskan hidrokarbon, karbon aktif dilarutkan dalam pelarut tertentu (seperti CS_2), kemudian disuntikan ke dalam GC. Atau karbon aktif seperti N_2 , atau He, kemudian dialirkan / disuntikan ke dalam GC.

Berikut metode analisa yang dapat digunakan untuk pengukuran partikulat di atmosfer dengan kisaran diameter partikulat tertentu, yaitu :

a. HVS (*High Volume Sampler*)

Metode High Volume Sampling Metode ini digunakan untuk pengukuran total suspended partikulat matter (TSP, SPM), yaitu partikulat $\geq 10 \mu m$, dengan prinsip dasar udara dihisap dengan flowrate 40-60 cfm, maka suspended particulate matter (debu) dengan ukuran $< 100 \mu m$ akan terhisap dan tertahan pada permukaan filter microfiber dengan porositas $< 0,3 \mu m$. Partikulat yang tertahan di permukaan filter ditimbang secara gravimetri, sedangkan volume udara dihitung berdasarkan waktu sampling dan flowrate. Pengukuran berdasarkan metoda ini untuk penentuan sebagai TSP (Total Suspended Partikulate). Alat ini dapat digunakan selama 24 jam setiap pengambilan contoh udara ambien (Amalia, 2022).

b. Pengukuran PM 10 dan PM 2.5.

Pengertian PM10 dan PM 2.5 adalah partikulat mikron dan 2.5 mikron. Untuk pengukuran partikulat $\geq 10 \mu m$ diperlukan teknik pengumpulan impaksi, dengan metode tersebut dimungkinkan untuk memisahkan debu berdasarkan diameternya. Diameter yang lebih besar akan tertahan pada stage paling atas, semakin ke bawah, maka

semakin kecil diameter yang dapat terkumpulkan permukaan stage. Prinsip pengukuran Kertas saring yang telah ditimbang, disimpan di masing-masing stage (plate) yang terdapat pada alat Cascade Impactor. Selanjutnya udara dilewatkan ke dalam Cascade Impactor flow rate tertentu dan dibiarkan selama 24 jam atau lebih tergantung kepada konsentrasi debu di udara ambien. Setelah sampling selesai, debu-debu yang terkumpul pada masing-masing stage ditimbang, menggunakan neraca analitik (Amalia, 2022).

c. MVS (*Middle Volume Sampler*)

Cara ini menggunakan filter berbentuk lingkaran (Bulat) dengan porositas 0,3-0,45 μm , kecepatan pompa yang dipakai untuk penangkapan suspensi Particulate Matter ini adalah 50 500 lpm. Operasional alat ini sama dengan High Volume Sampler, hanya yang membedakan dari ukuran filter membrannya. HVS ukuran A 4 persegi panjang, sedang MVS ukuran bulat diameter 12 cm (Amalia, 2022).

d. LVS (*Low Volume Sampler*)

Cara ini menggunakan filter berbentuk lingkaran (Bulat) dengan porositas 0,3-0,45 μm , kecepatan pompa yang dipakai untuk penangkapan Suspensi Partikulat Matter ini adalah 10 30 lpm.

Satuan Konsentrasi Zat Pencemar Udara Untuk menyatakan konsentrasi zat pencemar gas atau debu di udara ambien, dapat digunakan satuan yang berdasarkan :

1. Satuan berdasarkan berat / volume (w/v), yaitu satuan yang menyatakan berat zat pencemar per volume udara ambien. Contohnya satuan mg/m³.
2. Satuan berdasarkan volume/volume (v/v), yaitu satuan yang menyatakan volume zat pencemar per volume gas. Contohnya satuan % volume, ppm. (part per million), ppb (part per billion).

3. Pengertian satuan ppm adalah menunjukkan perbandingan volume antara volume zat pencemar dengan volume udara ambien, yaitu bagian volume zat pencemar per satu juta volume gas. Contohnya : Konsentrasi CO sebesar 1 ppm, artinya dalam satu juta bagian volum gas buang mengandung 1 bagian volume gas CO, atau Dalam 1 m³ (1 × 10⁶ ml) volume gas emisi mengandung 1 ml gas CO. Untuk konversi satuan dari satuan ppm ke satuan mg/m³ atau sebaliknya digunakan rumus : $\text{mg/m}^3 = (\text{ppm} / 24,45) \times \text{BM} \times 10^{-3}$ 4) Perlu diketahui bahwa gas merupakan zat yang volumenya berubah dengan perubahan temperatur dan tekanan (Amalia, 2022).

DAFTAR PUSTAKA

- Amalia, S. (2022) 'Analisis Sulfur Dioksida (SO₂) Udara Ambien Menggunakan Metode Pararosanilin dengan Spektrofotometer UV-Visible Kabupaten Bandung , Jawa Barat', *Gunung Djati Conference Series*, 15(2774–6585), pp. 11–15.
- Chandra, B. (2005) *Pengantar Kesehatan Lingkungan*. Jakarta: EGC.
- Fitriyah, F. and Indriyani, Y.S. (2022) 'Tingkat Pencemaran Udara Ambien Berdasarkan Parameter Total Suspended Particulate (Tsp) Dan Particulate Matter 10 (Pm₁₀) Di Kecamatan Ciruas Kabupaten Serang Pada Tahun 2020', *Jurnal Lingkungan dan Sumberdaya Alam (JURNALIS)*, 5(2), pp. 159–167. Available at: <https://doi.org/10.47080/jls.v5i2.2114>.
- Leonard, F. (2023) 'Pengukuran parameter udara (SO₂, CO, NO₂, TSP) berbasis baku mutu di area kantor Gubernur Papua', 17(2), pp. 236–241.
- Machdar, I. (2018) *Pengantar Pengendalian Pencemaran : Pencemaran Air, Pencemaran Udara dan Kebisingan*. Yogyakarta: Deepublish.
- Maika Saputra, H. et al. (2023) *Analisis Kualitas Lingkungan*. Padang: Get Press Indonesia.
- Mukono, H. (2011) *Aspek Kesehatan Pencemaran Udara*. Surabaya: Pusat Penerbitan dan Percetakan Unair (AUP).
- Murtopo Simbolon, Al. (2020) *Sustainable Industry: Teknologi Pencegahan Pencemaran Industri*. Yogyakarta: CV. Andi Offset.
- Sinaga, L.P., Fathoni, M.Y. and Prabowo, D.A. (2022) 'Peramalan Tingkat Pencemaran Udara Akibat Kendaraan Bermotor Dengan Metode Time Series Cheng', *JURIKOM (Jurnal Riset Komputer)*, 9(4), p. 912. Available at: <https://doi.org/10.30865/jurikom.v9i4.4587>.
- Sulistiyono, A. and Davi, R.S. (2022) 'Uji Spesifikasi Pengukuran PM₁₀ Dengan EPAM 5000 dan BAM 1020 Terhadap

Kelembaban Udara', *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 20(2), pp. 242-251. Available at: <https://doi.org/10.14710/jil.20.2.242-251>.

Syaputri, D. *et al.* (2023) *Penyehatan Udara*. Padang: PT. Global Eksekutif Teknologi.

BAB

8

METODE ANALISIS LAPANGAN DAN LABORATORIUM KUALITAS UDARA

Drs. Edy Haryanto, M.Kes

Kualitas udara di kota-kota besar terus memburuk yang disebabkan oleh kualitas emisi, tentu ini berbahaya bagi kehidupan manusia. Kali ini kita coba akan membahas mengenai pengertian kualitas udara, jenis, efek dan solusi. Sehingga akan mampu membantu memahami pencemaran kualitas udara hingga menemukan solusi tepat untuk mengurangnya. (Darmono, 2010)

Kualitas udara yang baik merupakan sesuatu yang diharapkan oleh seluruh umat manusia. Semakin baik kualitas udara, tidak akan membahayakan kesehatan tubuh. Udara yang buruk akan mengancam kesehatan manusia dan berkontribusi pada pencemaran iklim, hilangnya keanekaragaman hayati, serta polusi dan limbah.

Pemahaman terhadap metode dan teknik pengumpulan sampel merupakan hal yang mesti dimiliki oleh seorang PPC udara. Hal ini sejalan dengan standar kompetensi yang disebutkan dalam Keputusan Menakertrans nomor 182 tahun 2009 tentang SKKNI petugas pengambil contoh udara.

Pada dokumen tersebut, disebutkan bahwa mengambil contoh udara merupakan kompetensi inti yang wajib dimiliki seorang petugas terkait. Oleh karena itu, petugas pengambil contoh udara perlu mengenal metode dan teknik pengambilan sampel yang umum digunakan (Anastasia, 2013).

A. Metode Pengambilan Sampel Udara

Mengenal asal mula dari adanya orang-orang tertarik untuk Pengamatan terhadap kualitas udara memerlukan sampel dari lokasi-lokasi representatif yang telah ditentukan. Untuk mengambil sampel udara, seorang PPC Udara dapat memilih salah satu dari metode sampling berikut:

1. Berdasarkan periode waktunya, terdapat empat metode sampling udara:
 - a. Grab sampling, yaitu sampling yang dilakukan dalam satu waktu sesaat. Metode ini merupakan metode yang lumayan sering digunakan, terlebih pada saat survei awal lokasi pemantauan.
 - b. Long-term sampling, yaitu sampling yang dilakukan dalam jangka waktu 8 jam kerja.
 - c. Continuous sampling, yaitu sampling yang dilakukan dalam jangka waktu 8 jam kerja atau lebih.
 - d. Short-term sampling, yaitu sampling yang dilakukan untuk jangka waktu yang pendek, misalnya 15 menit.

Pengambilan sampel udara secara grab sampling juga dapat dikategorikan sebagai instantaneous sampling, sedangkan tiga metode lain dapat dikategorikan dalam integrated sampling. (Arikunto, 2013)

2. Berdasarkan keberadaan aliran udara menuju media sampling, metode sampling dibagi menjadi:
 - a. Active sampling, yaitu metode pengambilan sampel mekanik. Pada umumnya, metode ini menggunakan elemen penting, yaitu:
 - b. Calibrator yang berfungsi untuk mengetahui volume udara yang terhisap atau terdorong;
 - c. Sampling media, yaitu media pengumpul kontaminan pada udara; dan
 - d. Sampling pump, yaitu alat berbentuk pompa yang digunakan untuk menghisap dan mendorong sampel udara

- e. Passive sampling, yaitu metode sampling udara yang dilakukan tanpa bantuan alat apa pun. Metode sampling ini mengacu pada perpindahan udara secara alami melalui proses difusi atau permeasi melewati membran.(Arikunto, 2013)

Selanjutnya, udara akan dikumpulkan dalam lapisan udara statis (jika menggunakan proses difusi) atau dalam media sampling tertentu (jika menggunakan proses permeasi melewati membran). (Damri, 2016)

Untuk membantu petugas pengumpul contoh udara dalam melaksanakan tugasnya, terdapat dua panduan yang dapat digunakan, yaitu:

1. SNI terkait pengukuran pajanan udara di lokasi kerja; dan
2. NIOSH Manual of Analytical Methods (Dimas, 2016).

B. Teknik Pengambilan Sampel Udara yang Digunakan oleh PPC Udara

Pada umumnya, petugas sampling menggunakan salah satu teknik berikut untuk mengambil sampel udara:

1. Teknik Adsorpsi

Teknik ini merupakan teknik yang paling umum digunakan, terutama dalam sampling gas atau uap organik. Sampel udara diisap melalui tabung yang memiliki dua bagian di dalamnya, yaitu lapisan penyerap (sorben) dan bagian “backup section”. Backup section merupakan bagian untuk menampung kontaminan berlebih yang tidak tertampung di bagian sorben awal.(Djafri, 2014)

2. Teknik Absorpsi

Teknik ini lebih menekankan pada penggunaan sorben cair dalam mengumpulkan kontaminan pada udara. Sampel udara akan melalui proses pembentukan gelembung (bubbling) ke dalam sebuah cairan tertentu. Kemudian, cairan hasil proses bubbling ini akan dianalisis di laboratorium.(Arismunandar, 2002)

C. Laboratorium Kualitas Udara

Pengukuran udara untuk berbagai lingkup dan acuan peraturan mengikuti peraturan di bawah ini :

Tabel 8.1. Tabel Acuan Pengukuran Udara Untuk Berbagai Lingkup

No	Ruang Lingkup	Acuan Regulasi BM/NAB	Sektor
1	Kualitas udara ambien	PP NO 22 TAHUN 2021	KLHK
2	Udara indoor (dalam ruang)	PERMENKES NO. 1077 TAHUN 2011	MENKES
3	Udara lingkungan kerja	PERMENAKERTRANS NO 13 TAHUN 2011 PERMENKES NO 70 TAHUN 2016	MENAKERTRANS
4	Udara emisi sumber tidak bergerak	KEPMEN LH NO 13 TAHUN 1995 DAN PENGGANTINYA PERMEN LHK NO 11 TAHUN 2021, DLL**	KLHK
5	Udara emisi sumber bergerak	PERMEN LH NO.05 TH 2006 EMISI KENDARAAN LAMA PERMEN LHK NOMOR 56 TAHUN 2019	KLHK

*Catatan: BM=Baku Mutu, NAB=Nilai Ambang Batas

**Baku mutu Udara Emisi Sumber Tidak Bergerak Sangat Beragam Sesuai Jenis Sumber Pencemarnya

Tahapan Pengukuran udara adalah perencanaan sampling, persiapan sampling, pelaksanaan sampling pelaporan dan evaluasi, dan prinsip pengukuran dapat dilihat pada skema dibawah ini :



Gambar 8.1. Prinsip Pengukuran Udara

Pencemaran udara bersumber dari aktivitas alam dan juga kebanyakan dari aktivitas manusia. Pencemaran udara tersebut dapat mempengaruhi keseimbangan kualitas udara normal dan mengakibatkan gangguan terhadap kelangsungan hidup makhluk hidup yang ada di muka bumi (Ismiyati et al., 2014). Pencemaran udara semakin memburuk seiring dengan kemajuan teknologi, dimana dengan kemajuan teknologi sehingga sumber penghasil polusi udara semakin meningkat. Polusi udara memberikan kontribusi, untuk sebagian besar kontaminasi pada makanan dan air, yang dikonsumsi dalam beberapa kasus rute utama asupan polutan (Msy, 2016). Baku mutu udara ambien merupakan suatu ukuran pada batas atau kadar zat, energi, dan unsur pencemar yang ditenggang keberadaannya dalam udara ambien (Kurniawati, Nurullita, 2017). Sumber bahan pencemar udara menentukan jenis bahan pencemarnya. Adapun jenis parameter pencemaran udara, yang mana meliputi (Sugiarti, 2015):

1. Nitrogen Dioksida (NO_2), adalah gas yang bersifat racun yang dapat menimbulkan gangguan pada sistem pernapasan manusia.

2. Sulfur Dioksida (SO_2) yang ada di udara dapat menyebabkan iritasi saluran pernapasan dan kenaikan sekresi mukosa.
3. Karbon Monoksida (CO) menyebabkan keracunan dapat ditandai dari keadaan ringan berupa pusing, sakit kepala, dan mual.
4. Partikulat Matter (PM_{10}), yaitu partikel udara dalam wujud padat yang berdiameter kurang dari $10\ \mu\text{m}$ yang biasanya disebut dengan PM_{10} atau dikenal dengan partikel debu.
5. Ozon (O_3), yaitu salah satu pencemar udara yang terus meningkat konsentrasinya. Ozon pada konsentrasi $0,3\ \text{ppm}$ dapat menyebabkan iritasi terhadap hidung dan tenggorokan.

D. Daftar Perlengkapan yang Digunakan untuk Analisis Laboratorium Kualitas Udara

1. High Volume Sampler Model TE-5000
2. Low Volume Sampler Model SL-15P Code 8012-154
3. Tabung Impinger Standard
4. Tabung Impinger dengan Fritted Bubbler
5. Air Sampling Pump Model Allegro T100M
6. Adjustable Stand
7. Flowmeter with Valve (max. 1 LPM)
8. Flowmeter with Valve (max. 5 LPM)
9. Compact wind meter
10. Digital weather meter
11. Pocket Sling Psychrometer
12. Deluxe Weather Station, wireless
13. Repeater for Deluxe Weather Station
14. Software for Deluxe Weather Station
15. Mounting Tripod for Deluxe Weather Station
16. Portable Display Unit for Deluxe Weather Station
17. Mini Sound Meter (Department of health and human services, 2004)

E. Kualitas Udara ISPU

Kualitas Udara ISPU Kualitas Udara Indeks standar pencemar udara (ISPU) adalah laporan kualitas udara kepada masyarakat untuk memberikan gambaran kepada masyarakat tentang kondisi udara atau bagaimana prediksi pencemaran yang akan terjadi. ISPU juga digunakan sebagai bahan pertimbangan pemerintah pusat dan pemerintah daerah dalam melaksanakan pengelolaan dan pengendalian pencemaran udara yang terjadi (Aini et al., 2019). ISPU terbagi menjadi lima kategori, yaitu baik, sedang, tidak sehat, sangat tidak sehat, dan berbahaya (Aljuaid & Alwabel, 2019).

Perhitungan nilai serta penomoran ISPU itu sendiri menggunakan metode perhitungan yang telah ditetapkan melalui Keputusan Kepala Badan Pengendalian Dampak Lingkungan No. KEP-107/KABAPEDAL/11/1997 (Sianipar, 2017), yaitu:

$$I = \frac{Ia - Ib}{Xa - Xb} (Xx - Xb) + Ib$$

Dimana:

I = ISPU

Ia = ISPU batas atas

Ib = ISPU batas bawah

Xa = Ambien batas atas

Xb = Ambien batas bawah

Xx = Ambien hasil pengukuran

Untuk nilai batas atas dan batas bawah nilai ISPU dapat dilihat pada Tabel 8.2. nilai ISPU dihitung untuk semua parameter yang terukur, sehingga diperoleh nilai ISPU untuk masing-masing parameter kualitas udara. Nilai yang diambil sebagai nilai akhir ISPU untuk pengukuran kualitas udara yang terjadi adalah salah satu nilai ISPU yang tertinggi dari hasil perhitungan terhadap semua parameter kualitas udara. Semakin tinggi nilai ISPU mengindikasikan kualitas udara yang buruk dan berdampak buruk bagi kesehatan (Kurniawan, 2018).

Dampak buruk dari hal tersebut dapat mengenai populasi orang sehat (Hermawan et al., 2016).

Tabel 8.2. Kualitas Udara ISPU

Nilai ISPU	Level Kesehatan	Keterangan
0 – 50	Baik	Tingkat kualitas udara yang tidak memberikan efek bagi kesehatan manusia atau hewan dan tidak berpengaruh pada tumbuhan, bangunan atau nilai estetika.
51 – 100	Sedang	Tingkat kualitas udara yang tidak berpengaruh pada kesehatan manusia ataupun hewan tetapi berpengaruh pada tumbuhan yang sensitif dan nilai estetika.
101 - 199	Tidak Sehat	Tingkat kualitas udara yang bersifat merugikan pada manusia ataupun kelompok hewan yang sensitif atau bisa menimbulkan kerusakan pada tumbuhan ataupun nilai estetika.
200 – 299	Sangat Tidak Sehat	Tingkat kualitas udara yang dapat merugikan kesehatan pada sejumlah segmen populasi yang terpapar.
300 - 500	Berbahaya	Tingkat kualitas udara berbahaya yang secara umum dapat merugikan kesehatan yang serius pada populasi.

Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (KLHK) berkomitmen untuk memberikan informasi mutu udara yang tepat dan akurat kepada masyarakat dalam rangka upaya pengendalian pencemaran udara. Hal ini dibuktikan dengan terus meningkatnya jumlah stasiun pemantauan otomatis kontinu yang dimiliki KLHK yaitu ditargetkan mencapai 38

stasiun pada tahun 2020. Agar informasi tentang mutu udara mudah dipahami oleh masyarakat, hasil pemantauan mutu udara dari stasiun pemantauan otomatis kontinu disampaikan dalam bentuk Indeks Standar Pencemar Udara (ISPU)(Kementerian Lingkungan hidup dan kehutanan, 2020).

ISPU merupakan angka tanpa satuan, digunakan untuk menggambarkan kondisi mutu udara ambien di lokasi tertentu dan didasarkan kepada dampak terhadap kesehatan manusia, nilai estetika dan makhluk hidup lainnya. Khusus untuk daerah rawan terdampak kebakaran hutan dan lahan, informasi ini dapat digunakan sebagai early warning system atau sistem peringatan dini bagi masyarakat sekitar. Tujuan disusunnya ISPU agar memberikan kemudahan dari keseragaman informasi mutu udara ambien kepada masyarakat di lokasi dan waktu tertentu serta sebagai bahan pertimbangan dalam melakukan upaya-upaya pengendalian pencemaran udara baik bagi pemerintah pusat maupun pemerintah daerah.

Pada tahun 2020, KLHK telah mengeluarkan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan nomor 14 tahun 2020 tentang Indeks Standar Pencemar Udara yang merupakan pengganti dari Keputusan Menteri Lingkungan Hidup No. 45 tahun 1997 tentang Perhitungan dan Pelaporan serta Informasi Indeks Standar Pencemar Udara. Pada peraturan pengganti ini, tercantum bahwa perhitungan ISPU dilakukan pada 7 (tujuh) parameter yakni PM_{10} , $PM_{2.5}$, NO_2 , SO_2 , CO , O_3 , dan HC. Terdapat penambahan 2 (dua) parameter yakni HC dan $PM_{2.5}$ dari peraturan sebelumnya. Penambahan parameter tersebut didasari pada besarnya resiko HC dan $PM_{2.5}$ terhadap kesehatan manusia. Selain penambahan parameter, terdapat peningkatan frekuensi penyampaian informasi ISPU kepada publik. Hasil perhitungan ISPU parameter $PM_{2.5}$ disampaikan kepada publik tiap jam selama 24 jam. Sedangkan hasil perhitungan ISPU parameter PM_{10} , NO_2 , SO_2 , CO , O_3 , dan HC disampaikan kepada publik paling sedikit 2 (dua) kali dalam 1 (satu) hari pada pukul 09.00 dan 15.00. (Kementerian Lingkungan hidup dan kehutanan, 2020)

DAFTAR PUSTAKA

- Anastasia, a (2013) 'Tingkat risiko kesehatan oleh pajanan debu, so₂ dan no₂ di sepanjang jalan chairil anwar hingga perempatan bulak kapal bekasi ', Fakultas kesehatan masyarakat universitas indonesia. [Preprint].
- Arikunto, s. (2013) Prosedur penelitian suatu pendekatan praktik.
- Arismunandar, w. (2002) 'Penggerak mula motor bakar torak. Bandung: institut teknologi bandung. Badan pengelolaan lingkungan hidup daerah jakarta.', Badan pengelolaan lingkungan hidup daerah jakarta [Preprint].
- Damri, I.M. dan A.D. (2016) Analisis Paparan CO dan SO₂ Pada Petugas Parkir di Basement Mall SKA di Kota Pekanbaru. Universitas Riau: Fakultas Kedokteran. Jurnal Dinamika Lingkungan Hidup.
- Darmono (2010) Lingkungan Hidup Dan Pencemaran: Hubungannya Dengan Toksikologi Senyawa Logam. . Penerbit Universitas Indonesia (UI-Press).
- Department of health and human services, public health service: georgia. (2004) Toxicological profile for ammonia. georgia.
- Dimas, T.N.N. dan H.L.D. (2016) 'Analisis Risiko Kesehatan Akibat Paparan Benzene Melalui Inhalasi Pada Petugas Stasiun Pengisian Bahan Bakar Umum (SPBU) Di Sekitar Kawasan Universitas Diponegoro Semarang', Jurnal Kesehatan Masyarakat, 4(4).
- Djafri, D. (2014) 'Prinsip dan Metode Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan. Jurnal Kesehatan Masyarakat Andalas', Jurnal Kesehatan Masyarakat Andalas, 8(2), pp. 99-103.
- Kementerian Lingkungan hidup dan kehutanan (2020) Kementerian Lingkungan hidup dan kehutanan (2020) <https://ditppu.menlhk.go.id/portal/read/indeks-standar-pencemar-udara-ispu-sebagai-informasi-mutu-udara-ambien-di-indonesia>. Indonesia:

<https://ditppu.menlhk.go.id/portal/read/indeks-standar-pencemar-udara-ispu-sebagai-informasi-mutu-udara-ambien-di-indonesia>.

BAB 9

STANDAR KUALITAS BISING

Ariana Sumekar, S.KM. M.Sc

A. Pendahuluan

Bunyi merupakan gelombang zat yang sampai ke telinga manusia. Bunyi dapat timbul oleh sumber suara yang bergetar misal getaran objek padat, ekspansi gas yang meledak. Sehingga bunyi dapat sampai ke reseptor melalui rambatan gelombang energi mekanis dalam suatu medium. Namun bunyi bisa tidak dikehendaki sebab tidak sesuai dengan ruang dan waktu sehingga menimbulkan gangguan kenyamanan dan kesehatan manusia. Bising merupakan bunyi yang tidak dikehendaki karena dapat mengganggu kenyamanan. Kebisingan dan getaran dapat kita temui di mana-mana, area permukiman, area industri dan lingkungan perkantoran. Permasalahan kebisingan dan getaran di negara berkembang cenderung diabaikan, terutama orang dengan pendidikan dan ekonomi masyarakat rendah. Bertambahnya urbanisasi berhubungan dengan penambahan transportasi yang pesat dan penambahan penggunaan mesin-mesin baru, bising menjadi hasil sampingan yang tidak dapat diabaikan (Sari et al., 2020).

Pembangunan perumahan di perkotaan semakin tahun semakin meningkat sejalan dengan pertumbuhan penduduk. Pembangunan perumahan dengan efektivitas penggunaan lahan seperti bangunan perumahan bertingkat dapat menimbulkan getaran. Pembangunan perumahan dengan infrastruktur prasarana jalan disatu sisi memberikan kemudahan terhadap masyarakat dalam pemenuhan kebutuhan

transportasi, namun disisi lain membawa dampak kebisingan bagi penghuni. Keberadaan kendaraan di jalan, lalu lintas yang padat, kecepatan kendaraan dan ketidakdisiplinan pengguna jalan, modifikasi knalpot kendaraan dapat memperparah kondisi kebisingan. Dalam lingkungan industri kerja kebisingan dianggap salah satu polutan yang selalu di protes karena merupakan sumber stress yang memiliki efek berbeda terhadap kinerja. Area permukiman disepanjang rel kereta api memberikan dampak buruk pada kesehatan masyarakat karena terpapar kebisingan dan getaran kereta api dengan frekuensi cukup tinggi (Sari et al., 2020).

Kebisingan juga banyak di temui terutama di banyak industri yang menggunakan peralatan permesinan. Dalam proses kerjanya di Industri, secara otomatis akan menggunakan mesin-mesin khusus. Kebisingan yang berlebihan apabila tidak di kontrol dengan baik akan mengakibatkan kehilangan pendengaran. Penggunaan mesin-mesin baik sebagai alat produksi atau sebagai sarana pendukung untuk memperlancar aktifitas, akan berdampak terhadap pekerja yang diakibatkan dari bising yang timbul karena proses kerja mesin-mesin tersebut. Kasus kehilangan pendengaran yang diakibatkan oleh kebisingan ini dapat menyebabkan pekerja tidak efektif terutama pada saat bekerja. Untuk itu diperlukan suatu usaha pencegahan untuk mengurangi/menghindari akibat-akibat yang negatif terhadap kesehatan pekerja yang terpapar dari bising yang ada di tempat kerja.

Keterpaparan terhadap kebisingan dan getaran yang melebihi nilai ambang batas pada kurun waktu yang cukup lama akan membuat ketidaknyamanan dan berakibat pada gangguan pendengaran ringan dan jika terus menerus akan menyebabkan ketulian permanen. Getaran dapat menimbulkan efek vaskuler dan efek nurologik, meskipun belum ada penelitian atau pengujian yang cukup signifikan getaran diduga dapat menyebabkan perubahan atau peningkatan tekanan darah pada tingkat tertentu dapat mengakibatkan hipertensi.

B. Pengertian Kebisingan

Menurut World Health Organization (WHO), kebisingan juga bisa diartikan sebagai suara apa saja yang sudah tidak diperlukan dan memiliki efek yang buruk untuk kualitas kehidupan, kesehatan, dan kesejahteraan (Sari et al., 2020).

Pengertian kebisingan adalah bunyi yang tidak dikehendaki karena tidak sesuai dengan ruang dan waktu sehingga menimbulkan kenyamanan dan kesehatan manusia” (Sari et al., 2020). Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor Kep-48/MENLH/11/1996, yang menjelaskan bahwa kebisingan tersebut mengganggu, tidak kita inginkan, karena dapat membuat kita tidak nyaman dalam melakukan aktivitas.

Ada faktor-faktor yang memengaruhi seperti pola intensitas, frekuensi dan pembangkitan (kontinu versus acak). Sehingga dapat kita sebut kalau suaranya tersusun kita sebut sebagai musik dan yang paling tidak tersusun kita sebut bising.

Berikut definisi dan pengertian kebisingan dari beberapa sumber buku dan referensi:

- Kebisingan adalah segala bunyi yang tidak dikehendaki keberadaannya yang dapat memberi pengaruh negatif terhadap kesehatan dan kesejahteraan seseorang atau bahkan populasi (Sugiharto, 2017).
- Kebisingan adalah semua bunyi atau suara yang tidak dikehendaki yang dapat mengganggu kesehatan dan keselamatan. (Anizar, 2009)
- Kebisingan adalah suara yang tidak diinginkan yang dapat menimbulkan ketidaknyamanan bagi pendengarnya. Bising dapat diartikan sebagai bunyi yang tidak dikehendaki yang bersumber dari aktivitas alam seperti bicara dan aktivitas buatan manusia seperti penggunaan mesin (Marisdayana, 2016).
- Kebisingan merupakan bunyi yang tidak dikehendaki. Pada suatu kegiatan industri bunyi dan suara yang tidak dikehendaki tersebut dapat berasal dari getaran alat-alat yang digunakan pada proses produksi (Aperti, A. (2018).

Berdasarkan dari beberapa pengertian yang sudah dijelaskan diatas, maka dapat disimpulkan bahwa kebisingan adalah bunyi atau suara yang tidak diinginkan yang bersumber dari usaha atau kegiatan manusia yang dapat menimbulkan gangguan pada kesehatan manusia dan kenyamanan lingkungan.

C. Sumber Kebisingan

Sumber kebisingan menurut letak lokasi dalam ruangan, dibagi menjadi dua jenis, yaitu : (1) Bising interior, berasal dari manusia, alat-alat rumah tangga atau mesin-mesin gedung, dinding pemisah, lantai, pintu dan jendela. (2) Bising luar (outdoor), berasal dari lalu lintas, transportasi, industri, alat-alat mekanis yang terlihat dalam gedung, tempat pembangunan gedung-gedung, perbaikan jalan, kegiatan olahraga dan lain-lain diluar gedung dan iklan. Bising interior merupakan sumber bising yang paling sering dibuat oleh manusia disebabkan oleh radio, televisi, alat musik, bantingan pintu, pembicaraan yang keras dan lalu lintas di tangga. Selain itu bunyi orang-orang yang pindah, anak-anak yang bermain, tangis bayi dan sebagainya (Suroto, 2010). Bising bangunan dihasilkan oleh alat rumah tangga seperti kipas, motor, kompresor, pencuci piring, mesin cuci, pembersih vakum, pengering rambut dan sebagainya. Bising luar yang paling mengganggu adalah bising yang dihasilkan oleh kendaraan, transportasi rel, transportasi air dan transportasi udara, termasuk truk, bus, mobil balap, sepeda motor, kapal motor, kapal penyeret. Sumber bising luar lainnya ditemukan pada alat mekanis (kompresor, pengkondisi ruangan) dan alat-alat yang bergerak di darat. Sumber kebisingan kendaraan bermotor berasal dari mesin, transmisi rem, klakson, knalpot dan gesekan ban dengan jalan (Suroto, 2010).

Sumber kebisingan dapat diklasifikasikan menjadi : (Suroto, 2010)

1. Lalu lintas jalan Salah satu sumber kebisingan adalah suara lalu lintas jalan raya. Kebisingan lalu lintas di jalan raya

ditimbulkan oleh suara dari kendaraan bermotor dimana suara tersebut bersumber dari mesin kendaraan, bunyi pembuangan kendaraan, serta bunyi dari interaksi antara roda dengan jalan. Dari beberapa sumber kebisingan yang berasal dari aktivitas lalu lintas alat transportasi, kebisingan yang bersumber dari lalu lintas jalan raya ini memberikan proposi frekuensi kebisingan yang paling mengganggu.

2. Industri Kebisingan industri bersumber dari suara mesin yang digunakan dalam proses produksi. Intensitas kebisingan ini akan meningkat sejalan dengan kekuatan mesin dan jumlah produksi dari industri.
3. Pesawat Terbang Kebisingan yang bersumber dari pesawat terbang terjadi saat pesawat akan lepas landas ataupun mendarat di bandara. Kebisingan akibat pesawat pada umumnya berpengaruh pada awak pesawat, penumpang, petugas lapangan, dan masyarakat yang bekerja atau tinggal di sekitar bandara.
4. Kereta Api Pada umumnya sumber kebisingan pada kereta api berasal dari aktivitas pengoperasian kereta api, lokomotif, bunyi sinyal di pelintasan kereta api, stasiun, dan penjagaan serta pemeliharaan konstruksi rel. Namun, sumber utama kebisingan kereta api sebenarnya berasal dari gesekan antara roda dan rel serta proses pembakaran pada kereta api tersebut. Kebisingan yang ditimbulkan oleh kereta api ini berdampak pada masinis, awak kereta api, penumpang, dan juga masyarakat yang tinggal di sekitar pinggiran rel kereta api.
5. Kebisingan konstruksi bangunan Berbagai suara timbul dari kegiatan konstruksi bangunan mulai dari peralatan dan pengoperasian alat, seperti memalu, penggilingan semen, dan sebagainya.
6. Kebisingan dalam ruangan Kebisingan dalam ruangan bersumber dari berbagai sumber seperti Air Condition (AC), tungku, unit pembuangan limbah, dan sebagainya. Suara bising yang berasal dari luar ruangan juga dapat menembus

ke dalam ruangan sehingga menjadi sumber kebisingan di dalam ruangan.

D. Macam-Macam Kebisingan

Berdasarkan tingkat bunyi sebagai waktu maka kebisingan dapat dibagi menjadi : (Tambunan, 2005).

1. Kebisingan Kontinyu Kebisingan yang fluktuasi intensitas kebisingan tidak lebih dari 6 dB dengan spektrum frekuensi yang luas. Contohnya misalnya seperti suara mesin gergaji.
2. Kebisingan terputus-putus Kebisingan yang dimana bunyi mengeras dan melemah secara perlahan. Contohnya misalnya seperti jalan raya dan bunyi yang dihasilkan dari kereta api.
3. Kebisingan impulsif berulang Kebisingan dimana waktu yang dibutuhkan untuk mencapai puncaknya tidak lebih dari 65 ms dan waktu yang dibutuhkan untuk penuruna intensitasnya sampai 20 dBA dibawah puncaknya tidak lebih dari 500 ms. Contohnya seperti suara mesin tempa di pabrik.
4. *Steady-state noise* Kebisingan dengan tingkat tekana bunyi stabil terhadap perubahan waktu dan tak mengalami kebisingan yang stabil. Contohnya seperti kebisingan sekitar air terjun dan kebisingan pada interior pesawat terbang saat sedang diudara.
5. *Fluctuating noise* Kebisingan yang kontinyu namun berubah-ubah tingkat tekanan bunyinya.

Berdasarkan frekuensi tingkat tekanan bunyi, kebisingan dapat dibagi menjadi tiga jenis, yaitu: (Sucipto, 2014)

1. ***Occupational noise* (bising yang berhubungan dengan pekerjaan)**, yaitu bising yang ditimbulkan oleh bunyi mesin di tempat kerja, misalnya bising dari mesin ketik, bunyi genset, bunyi mesin gergaji, dll.
2. ***Audible noise* (bising pendengaran)**, yaitu bising yang disebabkan oleh adanya frekuensi bunyi antara 31,5 sd 8.000 Hz.
3. ***Impuls noise* (bising impulsif)**, yaitu bising yang disebabkan oleh adanya bunyi yang menyentak, misalnya ledakan meriam, pukulan palu, tembakan bedil, dll

Berdasarkan pengaruhnya terhadap manusia, kebisingan dibagi menjadi tiga jenis, yaitu : (Hutagalung, 2017)

1. **Bising yang mengganggu (*irritating noise*)**. Intensitas tidak terlalu keras, misalnya mendengkur.
2. **Bising yang menutupi (*masking noise*)**. Merupakan bunyi yang menutupi pendengaran yang jelas. Secara tidak langsung bunyi ini akan mempengaruhi kesehatan dan keselamatan pekerja, karena teriakan isyarat atau tanda bahaya tenggelam dari bising dari sumber lain.
3. **Bising yang merusak (*damaging/injurious noise*)**, adalah bunyi yang melampaui NAB. Bunyi jenis ini akan merusak/menurunkan fungsi pendengaran.

E. Standar Kualitas Kebisingan

1. Kualitas Kebisingan di Lingkungan

Kebisingan dinyatakan dalam satuan logaritma yaitu desibel (dB). Menurut Keputusan Menteri Lingkungan Hidup Tahun 1996, baku tingkat kebisingan merupakan batas maksimal tingkat kebisingan yang diperbolehkan dibuang ke lingkungan dari usaha atau kegiatan sehingga tidak menimbulkan gangguan kesehatan manusia dan kenyamanan lingkungan. Baku tingkat kebisingan bertujuan mengendalikan aktivitas kegiatan manusia sesuai batas yang ditetapkan. Batasan baku tingkat kebisingan pada beberapa kawasan atau lingkungan dapat dilihat pada tabel berikut (Kementerian Lingkungan Hidup, 1996) :

Tabel 9.1.
Baku Mutu Tingkat Kebisingan Lingkungan
(berdasarkan Kepmenneq LH No. 48 Tahun 1996)

Peruntukan Kawasan/ Lingkungan Kesehatan	Tingkat kebisingan db(A)
a. Peruntukan Kawasan.	
1. Perumahan dan Pemukiman	55
2. Perdagangan dan Jasa	70
3. Perkantoran dan Perdagangan	65
4. Ruang Terbuka Hijau	50
5. Industri	70
6. Pemerintahan dan Fasilitas Umum	60
7. Rekreasi	70
8. Khusus :	
- Bandar Udara	
- Stasiun Kereta Api	60
- Pelabuhan Laut	70
- Cagar Budaya	
b. Lingkungan Kegiatan	
1. Rumah Sakit atau sejenisnya	55
2. Sekolah atau sejenisnya	55
3. Tempat ibadah atau sejenisnya	55

Kebisingan lingkungan diklasifikasikan dalam beberapa kelompok sesuai dengan tingkat kebisingan yang dihasilkan seperti dibawah ini :

Zona A : Intensitas 35 – 45 dB. Zona yang diperuntukkan bagi tempat penelitian, Rumah Sakit, tempat perawatan kesehatan/ sosial & sejenisnya.

Zona B : Intensitas 45 – 55 dB. Zona yang diperuntukkan bagi perumahan, tempat Pendidikan dan rekreasi.

Zona C : Intensitas 50 – 60 dB. Zona yang diperuntukkan bagi perkantoran, Perdagangan dan pasar.

Zona D : Intensitas 60 – 70 dB. Zona yang diperuntukkan bagi industri, pabrik, stasiun KA, terminal bis dan sejenisnya.

2. Kualitas Kebisingan di Tempat Kerja

Menurut Peraturan Menteri Tenaga Kerja dan Transmigrasi No.Per.13/Men/X/2011 Tentang Nilai Ambang Batas Faktor Fisika dan Faktor Kimia di Tempat Kerja, menyebutkan bahwa NAB kebisingan adalah sebesar

85 dB dengan waktu pemajanan selama 8 jam/hari. Sasaran dari peraturan ini adalah para pekerja yang pada umumnya bekerja selama 8 jam/hari dan berlaku di tempat kerja (Menteri Tenaga Kerja dan Transmigrasi Republik, 2011)

Tabel 9.2.

Nilai Ambang Batas (NAB) Kebisingan
(Berdasarkan Permenaker No. 13 Tahun 2011)

Waktu pemaparan per hari		Intensitas kebisingan dalam dBA
8	Jam	85
4		88
2		91
1		94
30	Menit	97
15		100
7,5		103
3,75		106
1,88		109
0,94		112
28,12	Detik	115
14,06		118
7,03		121
3,52		124
1,76		127
0,88		130
0,44		133
0,22		136
0,11		139

Catatan : Tidak boleh terpajan lebih dari 140 dBA, walaupun sesaat

F. Pengukuran Kebisingan

Pengukuran kebisingan merupakan bagian pokok dalam pengujian kebisingan, dimana pengujian kebisingan merupakan salah satu Teknik pengendalian terhadap bahaya kebisingan terhadap tenaga kerja/manusia. Pengukuran kebisingan disini meliputi :

1. Kebisingan di tempat kerja, yng terdiri dari : a) kebisingan tempat kerja, b) kebisingan pada sumbernya, dan c) kebisingan yang memapari tenaga kerja
2. Kebisingan lingkungan

Pengukuran kebisingan di tempat kerja meliputi :

1. Pengukuran untuk Mendapatkan Data Kebisingan Lingkungan Kerja.

Alat yang digunakan adalah *Sound Level Meter Standar* (SLM) yang dapat mengukur Leq. Apabila tidak dapat mengukur Leq, maka Leq diukur dengan menggunakan rumus. Dilakukan di tempat kerja yang ada bising dengan titik pengukuran dimana ada tenaga kerja yang paling dekat dengan sumber bising paling dominan di tempat kerja. Diukur dalam 1 shift (8 jam kerja) atau pada setiap jam jadi 8 kali pengukuran. Setiap pengukuran dilakukan selama kurang lebih 10 menit dan dicatat Leq dan Lmax. Dihitung rata-rata dan dibuat grafik sehingga dapat diketahui seat peak.

2. Pengukuran untuk Evaluasi Sumber Bising di Lingkungan Kerja

Dilakukan pada sumber bising, jika sumber bisingnya besar, titik pengukuran dipilih pada sisi mesin dimana terdapat bising paling tinggi. Pengukuran dilakukan dengan Analisa frekuensi, alat yang digunakan SLM yang dilengkapi dengan *Octave Band Analyzer* (*frekuensi analyzer*)

3. Pengukuran untuk Mengetahui Tingkat Paparan Bising Terhadap Tenaga Kerja Selama 8 Jam Kerja (1 shift) Secara Akumulatif.

Alat yang digunakan adalah *Noise Dosimeter* yang terpasang pada baju tenaga kerja yang akan diperiksa. Setiap tenaga kerja pindah lokasi diganti event baru. Hasil pengukuran dicatat tingkat paparan bising akumulatif selama 1 shift (8 jam kerja).

Pengukuran Kebisingan di Lingkungan.

Pengukuran kebisingan lingkungan digunakan untuk mengukur tingkat paparan kebisingan yang ada di Kawasan/pemukiman. Alat ukur yang digunakan adalah *integrating Sound Level Meter* yang dapat mengukur Leq selama 10 menit setiap pengukuran. Leq (*Equivalent Continuous Noise*

Level) atau tingkat kebisingan dari kebisingan yang berubah-ubah (*fluktuatif*) selama waktu tertentu setara dengan tingkat kebisingan konstan (*steady*) selama waktu yang sama. Pengukuran dilakukan selama 24 jam siang dan malam. (Sasmita et al., 2021)

Macam-macam metode pengukuran kebisingan :

1. Pengukuran Standar Batas Tingkat Kebisingan dengan Metode Titik Sampling

- a. Pengukuran ini dilakukan jika tingkat kebisingan yang diduga melebihi ambang batas hanya pada satu atau beberapa titik lokasi saja. Pengukuran ini juga dapat dilakukan dalam rangka mengevaluasi kebisingan yang disebabkan oleh suatu peralatan sederhana seperti Kompresor/generator.
- b. Pada pengukuran dengan metode ini, jarak pengukuran dari titik sumber suara harus dicantumkan, misalnya 3 meter dari ketinggian 1 meter. Selain itu juga harus diperhatikan arah mikrofon pada alat pengukur yang digunakan.

2. Pengukuran Standar Batas Tingkat Kebisingan dengan Metode Contour Map

- a. Pengukuran dengan membuat Contour Map / peta kontur sangat bermanfaat dalam mengukur tingkat kebisingan, karena peta tersebut dapat menentukan gambar tentang kondisi kebisingan dalam cakupan area. Pengujian ini dilakukan dengan membuat gambar isopleth pada kertas berskala yang sesuai dengan pengukuran yang dibuat.
- b. Biasanya dibuat kode pewarnaan untuk menggambarkan tingkat kebisingan, warna hijau untuk menggambarkan tingkat kebisingan dengan intensitas dibawah 85 dBA warna orange untuk menggambarkan tingkat kebisingan yang tinggi diatas 90 dBA, warna kuning untuk kebisingan dengan intensitas antara 85 – 90 dBA.

3. Pengukuran Standar Batas Tingkat Kebisingan dengan Grid

- a. Metode pengukuran dengan *Grid* adalah pengukuran tingkat kebisingan dengan cara membuat contoh data kebisingan pada lokasi yang di inginkan. Titik-titik sampling harus dibuat dengan jarak interval yang sama disemua lokasi.
- b. Jadi dalam pengetesan lokasi dibagi menjadi beberapa kotak dengan ukuran dan jarak yang sama, misalnya : 10 x 10 m. kotak tersebut ditandai dengan baris dan kolom untuk memudahkan penandaan.

4. Nilai Ambang Batas Tingkat Kebisingan

Nilai ambang Batas Kebisingan adalah dalam level 85 dB yang dianggap aman untuk sebagian besar tenaga kerja bila bekerja 8 jam/hari atau 40 jam/minggu. Nilai Ambang Batas untuk kebisingan di tempat kerja adalah intensitas tertinggi dan merupakan rata-rata yang masih dapat diterima tenaga kerja tanpa mengakibatkan hilangnya daya dengar yang tetap untuk waktu terus-menerus tidak lebih dari 8 jam sehari atau 40 jam seminggunya.

G. Gangguang Kebisingan Terhadap Kesehatan

Meskipun pengaruh suara banyak kaitannya dengan faktor-faktor psikologis dan emosional, ada kasus-kasus dimana akibat-akibat serius seperti kehilangan pendengaran terjadi karena tingginya tingkat kenyaringan suara pada tingkat tekanan suara berbobot A dan karena lamanya telinga terpajan terhadap kebisingan itu. Berikut jenis dari akibat kebisingan

Di dalam dunia pendidikan, menurut Shield dan Dockrell (2003), efek kebisingan yang ada di dalam kelas bisa membuat gangguan pada pendengaran, komunikasi, dan kecerdasan pada siswa. Kebisingan juga memberikan dampak dimana tingkat kebisingan pada sekolah berdasarkan peraturan yang telah ditetapkan bahwa tidak boleh melebihi dari 55 dB karena hal tersebut dapat mempengaruhi proses belajar.

Dampak kebisingan intensitas tinggi :

1. Umumnya menyebabkan terjadinya kerusakan pada indera pendengaran yang dapat menyebabkan penurunan daya dengar baik yang bersifat sementara maupun bersifat permanen atau ketulian.
2. Secara fisiologi, kebisingan dengan intensitas tinggi dapat menyebabkan gangguan kesehatan seperti : meningkatnya tekanan darah dan tekanan jantung, resiko serangan jantung meningkat, dan gangguan pencernaan.
3. Reaksi emosional masyarakat, apabila kebisingan dari suatu proses produksi demikian hebatnya sehingga masyarakat sekitarnya menuntut agar kegiatan tersebut dihentikan.

Dampak kebisingan intensitas rendah :

1. Tingkat intensitas kebisingan rendah banyak ditemukan di lingkungan kerja seperti perkantoran, ruang administrasi perusahaan, dan lain-lain. Kebisingan intensitas rendah secara fisiologi tidak menyebabkan kerusakan pendengaran. Namun kehadirannya sering dapat menyebabkan :
2. Penurunan performansi kerja, yang dapat menimbulkan kehilangan efisiensi dan produktivitas kerja.
3. Sebagai salah satu penyebab stres dan gangguan kesehatan lainnya. Stres yang disebabkan karena kebisingan dapat menyebabkan kelelahan dini, kegelisahan dan depresi. Dapat pula menimbulkan keadaan cepat marah, sakit kepala, dan gangguan tidur.
4. Gangguan reaksi psikomotorik dan kehilangan konsentrasi.
5. Tinnitus yaitu bunyi denging di telinga yang sering muncul tiba-tiba. Meskipun denging itu akan hilang dalam beberapa jam, namun bisa dijadikan sebagai indikator rusaknya pendengaran

Gangguan pendengaran akibat bising atau *Noise Induce Hearing Loss* merupakan gangguan pendengaran yang timbul akibat paparan berulang dan lama bisa menahun yaitu setelah bekerja lebih dari 10- 15 tahun (Addina, 2014). Pendengaran merupakan salah satu dari sistem indera manusia, jika

mengalami gangguan pendengaran maka proses komunikasi akan sulit dilakukan. Saat berinteraksi dengan orang yang mengalami gangguan pendengaran akan menyebabkan perasaan frustrasi, tidak sabar, marah atau rasa iba terhadap orang tersebut (Buchari, 2007). Berdasarkan data dari WHO (2004), diketahui bahwa gangguan pendengaran akibat bising merupakan kecelakaan akibat kerja terbanyak kedua yang diderita seumur hidup.

Kebisingan bisa mengganggu percakapan sehingga memengaruhi komunikasi yang sedang berlangsung, selain itu dapat menimbulkan gangguan psikologis seperti kejengkelan, kecemasan, serta ketakutan (Sasongko, 2000). Gangguan psikologis akibat kebisingan tergantung pada intensitas, frekuensi, periode, saat dan lama kejadian kompleksitas spektrum atau kegaduhan dan tidak teraturnya suara kebisingan. Gangguan kesehatan yang timbul akibat adanya kebisingan yaitu gangguan pendengaran, pencernaan, stress, sakit kepala, peningkatan tekanan darah dan penurunan prestasi kerja (Gunawan, 2001). Menurut Listaningrum (2011), menyatakan bahwa kebisingan juga memberikan dampak berupa penurunan fungsi pendengaran yang dapat menyebabkan ketulian progresif.

H. Pengendalian Kebisingan

1. Kontrol – Engineering

- a. Mengganti mesin bising tinggi ke yang bisingnya kurang.
- b. Mengurangi vibrasi atau getaran dengan cara mengurangi tenaga mesin, kecepatan putaran atau isolasi.
- c. Mengubah proses kerja misal kompresi diganti dengan pukulan.
- d. Mengurangi transmisi bising yang dihasilkan benda padat dengan menggunakan lantai berpegas, menyerap suara pada dinding dan langit-langit kerja.
- e. Mengurangi turbulensi udara dan mengurangi tekanan udara.

- f. Melakukan isolasi operator dalam ruang yang relatif kedap suara.
- 2. Pengendalian administratif dilakukan dengan cara :
 - a. Mengatur jadwal produksi
 - b. Rotasi tenaga kerja
 - c. Penjadwalan pengoperasian mesin
 - d. Transfer pekerja dengan keluhan pendengaran
 - e. Mengikuti peraturan

3. Penggunaan APD

Jenis-jenis alat pelindung telinga yang digunakan yaitu: a) Sumbat telinga (*earplugs/insert device/aural insert protector*) yang dimasukkan ke dalam liang telinga sampai menutup rapat sehingga suara tidak mencapai membran timpani. Sumbat telinga bisa mengurangi bising s/d 30 dB lebih. b) Tutup telinga (*earmuff/protective caps/circumaural protectors*)

Menutupi seluruh telinga eksternal dan dipergunakan untuk mengurangi bising s/d 40- 50 dB frekuensi 100-8000 Hz. APD sudah sesuai dengan standard yang berlaku. Yang perlu diperhatikan dalam pemilihan alat pelindung telinga adalah: 1) *Earplug* digunakan bila bising antara 85 ~ 200 dBA, 2) *Earmuff* digunakan bila di atas 100 dBA, 3) Kemudahan pemakaian, biaya, kemudahan membersihkan dan kenyamanan.

4. Pendidikan dan Motivasi.

Program pendidikan dan motivasi menekankan bahwa program konservasi pendengaran sangat bermanfaat untuk melindungi pendengaran tenaga kerja, dan mendeteksi perubahan ambang pendengaran akibat paparan bising. Tujuan pendidikan adalah untuk menekankan keuntungan tenaga kerja jika mereka memelihara pendengaran dan kualitas hidupnya. Lebih lanjut penyuluhan tentang hasil audiogram mereka, sehingga tenaga kerja termotivasi untuk berpartisipasi melindungi pendengarannya sendiri. Juga melalui penyuluhan

diharapkan tenaga kerja mengetahui alasan melindungi telinga serta cara penggunaan alat pelindung telinga.

DAFTAR PUSTAKA

- Anizar. (2009). *Teknik Keselamatan dan Kesehatan Kerja Di Industri*. Yogyakarta: Graha Ilmu. (n.d.).
- Aperti, A. (2018). *Perancangan Enclosure Untuk Mereduksi Kebisingan Di Unit Steam Turbine Blok I-Pltgu PT. X*. Jurnal Teknologi, 1(1), 27-36. (n.d.).
- Buchari. (2007). *Kebisingan Industry dan Hearing Conservation Program*. USU Repository.
- Gunawan, L. (2001). *Hipertensi: Tekanan Darah Tinggi*. Yogyakarta: Percetakan Kanisius.
- Hutagalung, R. (2017). *Pengaruh Kebisingan Terhadap Aktivitas Masyarakat Di Terminal Mardika Ambon*. Arika, 11 (1), 83-88. <https://doi.org/10.30598/arika.2017.11.1.83>
- Kementerian Lingkungan Hidup. (1996). *Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 48 Tahun 1996 tentang Bbaku. Development*, 134(4), 635-646.
- Lendo, C., Maddusa, S., & Sekeon, S. (2022). *Hubungan antara Intensitas Kebisingan dengan Tekanan Darah dan Denyut Nadi pada Pekerja Industri Mebel di Desa Touliang Oki*. Jurnal KESMAS, 11(2), 105-114.
- Listaningrum, A.W. (2011). *Pengaruh Intensitas Kebisingan Terhadap Ambang Dengar pada Tenaga Kerja di PT Sekar Bengawan Kabupaten Karanganyar*. Skripsi. Surakarta: Universitas Sebelas Maret.
- Marisdayana, Rara. (2016). *Hubungan Intensitas Paparan Bising Dan Masa Kerja Dengan Gangguan Pendengaran Pada Karyawan PT. X*. Bandung : Universitas Dipenegoro. JKLI 15 (1), April 2016, 22-27.
- Mediastika, Christina E. (2005). *Akustika Bangunan: Prinsip-prinsip dan Penerapannya di Indonesia*. Erlangga: Jakarta.

- Menteri Tenaga Kerja dan Transmigrasi Republik. (2011). *Permenaker Nomor PER.13/MEN/X/2011 Tentang Nilai Ambang Batas Faktor Fisika dan Kimia di Tempat Kerja*.
- Sari dkk. (2020). *Kesehatan Lingkungan Perumahan*. http://repositori.uin-alauddin.ac.id/19812/1/2020_Book_Chapter_Kesehatan_Lingkungan_Perumahan.pdf
- Sasmita, A., Reza, M., & Rodesia Mustika Rozi. (2021). *Pemetaan Dan Perhitungan Pemaparan Tingkat Kebisingan Pada Industri Pengolahan Kayu Di Kecamatan Siak, Provinsi Riau*. Al-Ard: Jurnal Teknik Lingkungan, 6(2), 68–76. <https://doi.org/10.29080/alard.v6i2.1185>
- Sasongko, H. A. (2000). *Kebisingan Lingkungan*. Semarang: Universitas Diponegoro.
- Sucipto, C. (2014). *Keselamatan dan Kesehatan Kerja Yogyakarta*; Gosyen Publishing
- Sugiharto, D. &. (2017). *Kebisingan Dan Gangguan Psikologis Pekerja Weaving Loom Dan Inspection Pt. Primatexco Indonesia*. JHE (*Journal of Health Education*), 2(2), 130–137.
- Suroto, W. (2010). *Terhadap Permukiman Kota (Kasus Kota Surakarta)*. *Journal of Rural and Development*, 1 no.1(Februari), 55–62.
- Tambunan, S. (2005). *Kebisingan di Tempat Kerja*. Yogyakarta; Andi Offset.

BAB 10

TEKNIK DAN ANALISIS SAMPEL MAKANAN

Dr. Irnawati, S.Si., M.Sc

A. Pendahuluan

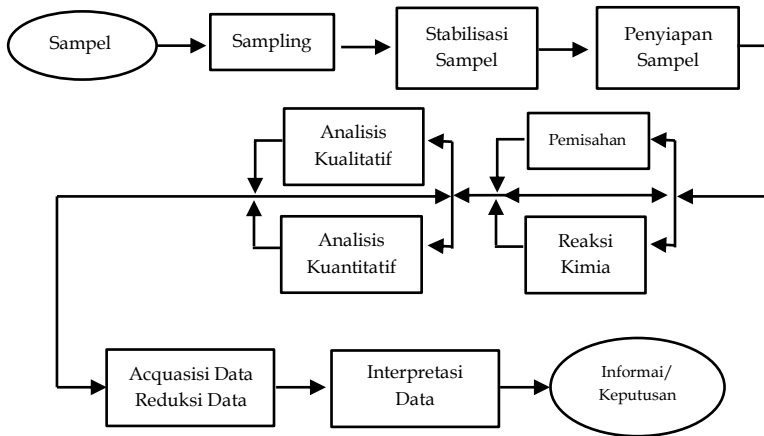
Teknik analisis makanan berkembang dengan cepat pada beberapa tahun terakhir ini. Analisis bahan makanan dari produk makanan menjadi sangat penting dari segi pengendalian kualitas untuk memastikan komposisi nutrisi yang tepat, mengandung semua unsur yang tepat yang sesuai dengan aturan lokal (standar nasional Indonesia, SNI) ataupun peraturan internasional (Critchley, 2019). Selain itu, analisis makanan diperlukan untuk mengetahui informasi tentang tekstur, penampakan, rasa umur simpan (Jain & Gupta, 2004). Untuk memastikan hal tersebut, ada beberapa teknik analisis yang digunakan baik di rumah, di fasilitas pemerintah maupun dari organisasi penelitian.

Teknik analisis makanan pertama kali (abad ke-19) gunakan oleh Accum dan Hassal untuk mengidentifikasi komponen makanan dan mendeteksi pemalsuan yang dilakukan dengan menggunakan mikroskop. Teknik ini kemudian berkembang dengan penggunaan metode Kjeldahl untuk penetapan kadar nitrogen (tahun 1885) bersamaan dengan perkembangan isu pemalsuan makanan sehingga pemerintah melakukan pengenalan undang-undang atas komposisi produk makanan. Bentuk pengendalian ini terus berlanjut hingga tahun 1970an, ketika terjadi kemajuan pesat dalam bidang ilmu dan teknologi pangan berupa revolusi dalam pembuatan makanan, juga kesadaran masyarakat tentang hubungan sebab-akibat antara pola makan dan kesehatan. Akibatnya, hingga saat ini,

masyarakat menjadi lebih khawatir mengenai kualitas dan komposisi makanan, bahan-bahan terkandung dan keberadaan bahan tambahan serta kontaminan. Oleh karena itu pengetahuan tentang komposisi dari makanan menjadi sangat penting bagi kesehatan, kesejahteraan dan keselamatan konsumen, juga untuk memenuhi standar yang dikeluarkan oleh pemerintah dan jaminan kualitas (Jain & Gupta, 2004).

B. Sampling dan Penyiapan Sampel

Rangkaian proses analisis bahan makanan melibatkan sejumlah langkah yang berdampak besar terhadap validitas data yang dihasilkan (Gambar 1.) Berdasarkan hal tersebut maka, sebelum dilakukan analisis dengan teknik analisis yang tepat, maka sampel harus disiapkan terlebih dahulu. Penyiapan sampel meliputi pemilihan sampel, teknik sampling dan pemberian label. Pada tahapan ini, jika tidak dilaksanakan dengan benar maka akan memberikan hasil yang bervariasi. Misalnya, makanan yang terdiri dari campuran banyak komponen kimia, dibutuhkan teknik sampling yang tepat agar dapat mewakili populasinya. Idealnya sampel yang dianalisis harus memiliki sifat yang persis sama dengan sebagian besar dari asal sampel (Jain & Gupta, 2004). Dalam analisis makanan, teknik penyiapan sampel akan berbeda tergantung tujuan yang diinginkan. Misalnya untuk analisis makanan dan untuk memastikan kualitas makanan maka dilakukan analisis mulai dari bahan-bahan yang digunakan, hingga produk olahan dan produk akhir dan pada saat tertentu juga dilakukan analisis terhadap produk antara. Tahapan analisis ini menjadi sangat penting selama pengembangan atau aplikasi prosedur pengolahan baru atau ketika mengembangkan formula atau produk baru (Ramos, 2020). Langkah awal yang dilakukan dalam pengambilan sampel adalah mengidentifikasi populasi asal sampel yang akan diambil, lokasi mana yang harus diambil, dan cara memperoleh brutonya.



Gambar 10.1. Tahapan dalam Proses Analisis Makanan (Ramos, 2020)

Rohman (2013) menyatakan bahwa hampir semua bahan makanan merupakan suatu campuran kompleks yang terdiri atas berbagai macam senyawa kimia yang membuat sulit untuk mengisolasi dan identifikasi. Oleh karena itu, dalam analisis makanan sering didahului dengan beberapa teknik misalnya ekstraksi, pemisahan dan pemekatan. Isolasi analit terhadap matriks sampel dilakukan dengan cepat untuk meminimalisasi atau mencegah perubahan analit yang dituju akibat aktivitas enzim, oksidasi lipid, pertumbuhan mikroba dan perubahan yang mungkin terjadi utamanya pada bahan pangan yang tidak stabil. Berikut beberapa teknik dalam penyiapan sampel:

1. Filtrasi

Filtrasi merupakan bagian penting yang harus dilakukan jika menggunakan teknik analisis dengan kromatografi cair kinerja tinggi (KCKT). Adanya partikel-partikel yang tidak larut akan mengganggu kinerja kolom.

2. Digesti

Teknik digesti dapat dilakukan untuk melarutkan dan atau mengoksidasi sampel-sampel organik. Teknik digesti dapat dilakukan dengan beberapa cara diantaranya dengan pemanas gelombang mikro (*microwave*), penambahan asam seperti asam sulfat dan asam nitrat untuk mengoksidasi dan

melarutkan senyawa-senyawa organik hingga dihasilkan suatu ion bebas. Digesti dengan *microwave* dilaporkan memiliki kemampuan digesti lebih cepat dibanding digesti basah. Digesti juga bisa dilakukan dengan fotolisis sinar UV dan dengan menggunakan hidrogen peroksida. Teknik ini membutuhkan sedikit reagen tetapi membutuhkan waktu yang lama.

Keberhasilan teknik digesti tergantung bahan yang akan dianalisis. Misalnya sampel yang mengandung karbohidrat akan mudah demineralisasi dengan sama nitrat pada suhu 180°C, sedangkan sampel yang mengandung lemak dan protein mengalami digesti yang tidak sempurna dengan asam nitrat pada suhu 200°C sehingga untuk menghasilkan digesti yang sempurna perlu penambahan asam perklorat.

3. Ekstraksi

Teknik ekstraksi yang sering digunakan untuk mengisolasi analit yang dituju dari sampel bahan makanan antara lain: (1) ekstraksi padat cair. Ekstraksi ini hanya melibatkan pemilihan pelarut yang tepat baik itu tunggal maupun kombinasi yang dapat meminimalkan jumlah senyawa pengganggu. (2) ekstraksi cair-cair, merupakan teknik ekstraksi bahan makan dalam fase air dengan menggunakan pelarut organik yang bersifat non polar atau semi polar atau sebaliknya tergantung dari analit yang kita tuju. (3) Ekstraksi cair superkritis merupakan teknik ekstraksi dengan menggunakan karbon dioksida cair yang bersifat non toksik dan non polutan, proses ekstraksi sangat cepat sehingga kerusakan analit karena panas dapat terhindarkan. (4) Ekstraksi fase pada (*solid phase extraction*) merupakan teknik ekstraksi dengan menjerap analit, sementara senyawa pengganggu dibiarkan terelusi lebih dahulu. Salah satu teknik ekstraksi fase padat yang saat ini banyak digunakan untuk ekstraksi analit dari bahan makanan adalah metode *solid-phase microextraction* (SPME) (Kharbach et al., 2023).

C. Teknik dan Metode Analisis Makanan

Bahan makanan terdiri atas senyawa kimia kompleks sehingga perlu pemilihan teknik analisis yang tepat. Beberapa hal yang menjadi perhatian dalam pemilihan teknik analisis adalah (a) kemampuan untuk melakukan analisis meliputi ukuran sampel, reagen, instrumen, biaya, keadaan akhir sampel (rusak atau baik), (b) karakteristik dasar analisis berupa akurasi, ketepatan, kepekaan, selektivitas, batas deteksi dan reproduibilitas, (c) hal-hal yang terkait personil meliputi keamanan, kesederhanaan dan kecepatan, dan (d) status teknik analisis seperti metode resmi atau metode yang dikembangkan sendiri dalam laboratorium (Rohman, 2013).

Berbagai macam teknik analisis bahan makanan sudah tersedia saat ini, mulai dari metode konvensional maupun metode instrumental. Berikut adalah beberapa metode analisis senyawa dan kontaminan yang ada dalam bahan makanan:

1. Metode Konvensional

Rohman dan Sumantri (2013), menyatakan bahwa beberapa metode konvensional yang sampai saat ini masih digunakan untuk analisis bahan makanan karena merupakan metode yang tahan, murah dan memberikan ketepatan yang tinggi:

- a. Metode Kjeldahl, merupakan metode sederhana untuk menetapkan nitrogen total pada asam amino, protein dan senyawa-senyawa yang mengandung nitrogen. Destruksi sampel dilakukan dengan asam sulfat sehingga menghasilkan amonium sulfat, selanjutnya ditambahkan dengan alkali kuat. Amonia yang terbentuk didestilasi uap secara kuantitatif ke dalam larutan penjerap. Selanjutnya ditetapkan dengan metode titrasi. Metode ini hanya membutuhkan sedikit sampel dan pereaksi serta waktu yang cepat. Metode ini cocok digunakan untuk analisis kadar protein yang sudah mengalami koagulasi akibat proses pengolahan bahan makanan. Selain metode Kjeldahl, metode yang digunakan untuk analisis nitrogen adalah metode gasometri.

- b. Metode Luff-Schoorl, merupakan metode yang digunakan untuk analisis karbohidrat berdasarkan pada sifat reduksi gula seperti fruktosa dan glukosa. Sukrosa tidak bereaksi dengan ion tembaga (II) kompleks tetapi pereaksi ini dapat bereaksi dengan fruktosa dan glukosa karena adanya gugus aldehid pada glukosa dan alfa hidroksi keton pada fruktosa (Rohman & Sumantri, 2013).
- c. Metode Titrimetri, merupakan metode yang banyak digunakan untuk menguji kualitas minyak makan seperti titrasi asam basa untuk menentukan asam lemak bebas dalam minyak makan. Bilangan asam didefinisikan sebagai banyaknya miligram kalium hidroksida (KOH) yang dibutuhkan untuk menetralkan asam bebas dalam 1 gram minyak/lemak. Selain itu, titrimetri yang lain adalah metode iodometri yang digunakan untuk menentukan bilangan peroksida dan bilangan iodium. Prinsip dasar metode ini adalah mengukur jumlah iodium yang terikat pada ikatan rangkap penyusun asam lemak minyak dan lemak. Metode ini digunakan untuk menentukan bilangan peroksida. Bilangan peroksida dinyatakan sebagai banyaknya miliekuivalen peroksida dalam setiap 1000 g minyak/lemak, sedangkan bilangan iodium didefinisikan sebagai banyaknya iodium yang diserap oleh 100 gram minyak/lemak (Irnawati, Riyanto, et al., 2022). Juga terdapat metode serimetri yang banyak digunakan untuk menentukan kadar vitamin E (tokoferol). Metode ini berdasarkan pada sifat mereduksi tokoferol setelah tokoferol asetat dihidrolisis dengan asam.
- d. Metode gravimetri, merupakan metode yang digunakan untuk menetapkan kadar air dalam makanan. Prinsip kerja dari metode ini adalah berkurangnya bobot sampel pada pemanasan 105oC yang dianggap sebagai kadar air dalam sampel.

2. Metode Spektroskopi

Spektroskopi adalah interaksi antara radiasi elektromagnetik dengan bahan (sampel makanan). Radiasi elektromagnetik dianggap sebagai energi yang merambat dalam bentuk gelombang. Beberapa metode spektroskopi yang digunakan untuk analisis bahan makanan yaitu spektroskopi UV-Vis, infra merah, resonansi magnetik nuklir dan spektrometer masa.

a. Spektroskopi UV-Vis

Prinsip dari metode ini adalah mengukur radiasi elektromagnetik yang diserap oleh sampel. Syarat bahan makanan yang bisa dianalisis dengan metode ini jika bahan makanan tersebut mengandung gugus fungsi yang dapat menyerap sinar UV-Vis atau yang disebut dengan gugus kromofor. Jika suatu bahan makanan tidak memiliki kromofor maka harus direaksikan dengan senyawa lain yang mampu menghasilkan senyawa dengan gugus kromofor (Rohman, 2013).

Metode ini dapat digunakan untuk analisis asam amino penyusun protein seperti triptofan dan tirosin yang mempunyai gugus kromofor dengan daerah serapan maksimal secara berturut-turut berada pada panjang gelombang 280 dan 278 nm. Sementara, untuk penetapan kadar protein dapat menggunakan metode Biuret. Penetapan kadar protein dengan pereaksi Biuret berdasarkan kemampuan dua atau lebih ikatan peptida dapat berikatan secara kovalen koordinasi ion Cu^{2+} dari tembaga (II) sulfat yang berasal dari pereaksi Biuret dalam suasana alkalis. Dua (2) atom nitrogen dan 2 atom oksigen dari 2 ikatan peptida berikatan ion Cu^{2+} membentuk senyawa kompleks yang berwarna ungu yang dapat diukur pada panjang gelombang 550 nm (Rohman & Sumantri, 2013)

b. Spektroskopi Inframerah (IR)

Spektroskopi IR merupakan teknik analisis yang populer untuk analisis sampel makanan. Keunggulan dari

teknik spektroskopi inframerah adalah (1) spesifik terhadap suatu molekul yang akan memberikan informasi inheren tentang gugus fungsi yang ada dalam sampel makanan, (2) selektif terhadap isomer, (3) non-destruktif, (4) dapat digunakan untuk analisis kualitatif, dan (5) analisis kuantitatif. Metode spektroskopi infra merah dikombinasikan dengan metode kemometri telah banyak digunakan untuk tujuan autentikasi makanan. Minyak dan lemak makan merupakan komponen makanan yang direkomendasikan untuk dikonsumsi karena manfaatnya yang banyak bagi kesehatan manusia seperti minyak ikan yang mengandung kadar omega-3 dan omega-6 yang tinggi. Banyaknya manfaat dari asam-asam lemak tersebut menyebabkan tingginya praktik pemalsuan minyak dengan menggunakan minyak makan yang memiliki harga lebih rendah sehingga para produsen mendapatkan keuntungan yang sebesar-besarnya (Rohman et al., 2020).

Metode ini sudah banyak dilaporkan untuk tujuan autentikasi minyak/lemak ayam terhadap minyak/lemak babi (Irnawati, Putri, et al., 2022), minyak ikan yang dipalsukan dengan menggunakan minyak sawit (Irnawati et al., 2023), memisahkan daging ayam, daging sapi dan daging babi dalam campuran (Lestari et al., 2022).

c. Spektroskopi Serapan Atom (SSA) dan Spektroskopi Emisi Atom (SEA),

Metode ini merupakan 2 metode analisis yang berdasarkan pada proses eksitasi dan emisi. Metode ini digunakan untuk mengukur ≤ 70 unsur logam dan nonlogam. Kedua teknik ini digunakan untuk analisis kandungan logam dalam makanan dengan konsentrasi yang sangat kecil/sekelumit ($\mu\text{g/L}$ atau ppm, *part per million*) dengan akurasi dan presisi yang sangat baik. Atomisasi dan eksitasi SEA dapat dilakukan dengan nyala atau dengan plasma yang dikopel secara induktif (*inductively coupled plasma*, ICP), dimana sampel

dipanaskan pada suhu lebih $> 6000^{\circ}\text{K}$ dengan adanya gas argon. SEA-ICP digunakan untuk menganalisis senyawa-senyawa yang stabil pada suhu tinggi dan juga dapat menganalisis lebih dari 1 unsur dalam suatu sampel makanan (Rohman, 2013). Metode SSA telah banyak dilaporkan untuk analisis cemaran logam berat dalam bahan makanan berupa bahan baku sayur-sayuran, buah-buahan yang ditanam di pekarangan, kebun maupun ikan dari kolam ikan (Sundari et al., 2016).

d. Spektroskopi Massa

Metode ini digunakan untuk identifikasi dan analisis senyawa-senyawa kompleks, dimana suatu senyawa diionisasikan lalu ion-ion yang terionisasi akan dipisahkan berdasarkan pada perbandingan massa/muatan dan banyaknya ion yang menggambarkan tiap satuan perbandingan massa/muatan direkam dalam bentuk spektrum. Metode ini sering dikombinasikan dengan metode kromatografi seperti kromatografi gas (GC-MS), kromatografi cair (LC-MS) elektroforesis dan juga MS yang lain/tandem MS (MS/MS).

GC-MS sering digunakan untuk analisis kualitas bahan makanan. GC-MS dikombinasikan dengan *partial least square-discriminant analysis* (PLS-DA) mampu menganalisis kualitas ikan yang disimpan dalam freezer dari hari ke 0 hingga hari ke 19 (Mallouchos et al., 2020).

3. Metode Kromatografi

Kromatografi merupakan metode analisis yang perkembangannya sangat pesat dengan penggunaan yang sangat luas. Kromatografi adalah proses pemisahan komponen-komponen dalam campuran untuk tujuan identifikasi dan konfirmasi, analisis kualitatif maupun kuantitatif bahan makanan. Prinsip dasar metode kromatografi adalah kesetimbangan antara konsentrasi analit dalam 2 fase yang tidak saling bercampur yang disebut dengan fase diam dan fase gerak. Pemilihan jenis fase diam

dan fase gerak didasarkan atas kelarutan/afinitas dari senyawa yang dituju. Ada banyak jenis metode kromatografi tetapi jenis kromatografi yang paling sering digunakan untuk analisis makanan adalah kromatografi gas dan kromatografi cair kinerja tinggi (KCKT).

- a. Kromatografi Gas (KG), digunakan secara luas untuk analisis bahan makanan. KG digunakan untuk analisis bahan makanan yang mudah menguap dan stabil terhadap panas. Jika bahan makanan memiliki sifat yang tidak mudah menguap maka dilakukan proses derivatisasi menjadi senyawa yang mudah menguap seperti pada analisis minyak/lemak dimana asam-asam lemak diubah menjadi fatty acids methyl ester (FAMES). KG dapat digunakan untuk analisis lemak/minyak, residu pestisida dalam bahan makanan.
- b. Kromatografi Cair Kinerja Tinggi (KCKT), digunakan untuk analisis komponen makanan yang tidak mudah menguap. KCKT dengan fase normal biasanya digunakan untuk analisis karbohidrat, namun penggunaan yang secara luas adalah menggunakan fase terbalik, yaitu fase diam bersifat non-polar dan fase gerak bersifat lebih polar (Rohman, 2013). Misalnya pada penentuan asam askorbat pada minuman ringan menggunakan $(\text{Ru}(\text{bpy})_3)^{2+}$ elektroluminensi. Pemisahan asam askorbat dilakukan dengan menggunakan kolom C_{18} (fase terbalik) dengan fase gerak larutan buffer $\text{NaH}_2\text{PO}_4\text{-K}_2\text{HPO}_4$ (pH 6,5). Asam askorbat yang terelusi dicampur dengan $(\text{Ru}(\text{bpy})_3)^{2+}$ 0,5 mM dan dioksida pada 1,5 V elektroda Ag/AgCl. Penambahan tetrabutylammonium-tetrafluoroborate ($\text{Bu}_4\text{N}^+\text{BF}_4^-$) 10^{-4} M pada eluen digunakan untuk menghilangkan pengganggu asam sitrat (Rohman & Sumantri, 2013).

DAFTAR PUSTAKA

- Critchley, L. (2019). *An Introduction to Food Analysis Techniques*.
<https://www.azom.com/article.aspx?ArticleID=18331>
- Irnowati, I., Riyanto, S., Martono, S., Windarsih, A., & Rohman, A. (2022). Physicochemical properties and antioxidant activities of pumpkin seed oil as affected by different origins and extraction methods. *Journal of Applied Pharmaceutical Science*, 12(3), 115–122. <https://doi.org/10.7324/JAPS.2022.120312>
- Irnowati, I., Windarsih, A., Indrianingsih, A. W., Apriyana, W., Ratnawati, Y. A., Hazairin Nadia, L. O. M., & Rohman, A. (2023). Rapid detection of tuna fish oil adulteration using FTIR-ATR spectroscopy and chemometrics for halal authentication. *Journal of Applied Pharmaceutical Science*, 13(04), 231–239. <https://doi.org/10.7324/japs.2023.120270>
- Irnowati, Putri, R. N., Lestari, L. A., & Rohman, A. (2022). Quantitative analysis and discrimination of lard in chicken fat using FTIR spectroscopy and chemometrics for halal authentication. *Food Research*, 6(4), 211–217. [https://doi.org/10.26656/fr.2017.6\(4\).459](https://doi.org/10.26656/fr.2017.6(4).459)
- Jain, V., & Gupta, K. (2004). Food and Nutritional Analysis - Overview. *Encyclopedia of Analytical Science: Second Edition*, 202–211. <https://doi.org/10.1016/B0-12-369397-7/00175-8>
- Kharbach, M., Alaoui Mansouri, M., Taabouz, M., & Yu, H. (2023). Current Application of Advancing Spectroscopy Techniques in Food Analysis: Data Handling with Chemometric Approaches. *Foods*, 12(14), 1–46. <https://doi.org/10.3390/foods12142753>
- Lestari, L. A., Rohman, A., Prihandiwati, E., Aini, A. R., Irnowati, & Khasanah, F. (2022). Analysis of lard, chicken fat and beef fat in ternary mixture using FTIR spectroscopy and multivariate calibration for halal authentication. *Food Research*, 6(4), 113–119. [https://doi.org/10.26656/fr.2017.6\(4\).488](https://doi.org/10.26656/fr.2017.6(4).488)

- Mallouchos, A., Mikrou, T., & Gardeli, C. (2020). Gas chromatography-mass spectrometry-based metabolite profiling for the assessment of freshness in gilthead sea bream (*Sparus aurata*). *Foods*, 9(4). <https://doi.org/10.3390/foods9040464>
- Ramos, L. (2020). Basics and advances in sampling and sample preparation. In *Chemical Analysis of Food* (Second Edi). Elsevier Inc. <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-813266-1.00001-2>
- Rohman, A. (2013). *Analisis Komponen Makanan* (pertama). Graha Ilmu.
- Rohman, A., Ghazali, M. A. B., Windarsih, A., Irnawati, Riyanto, S., Yusof, F. M., & Mustafa, S. (2020). Comprehensive Review on Application of FTIR Spectroscopy Coupled with Chemometrics for Authentication Analysis of Fats and Oils in the Food Products. *Molecules*, 25, 1–28.
- Rohman, A., & Sumantri. (2013). *Analisis Makan* (edisi dua). Gadjah Mada University Press.
- Sundari, D., Hananto, M., & Suharjo, S. (2016). Heavy Metal In Food Ingredients In Oil Refinery Industrial Area, Dumai. *Buletin Penelitian Sistem Kesehatan*, 19(1), 55–61. <https://doi.org/10.22435/hsr.v19i1.4989.55-61>

BAB 11

PEMUKIMAN

Novita Sekarwati, S.K.M., M.Si

A. Pendahuluan

Pemukiman adalah komponen dari lingkungan yang memiliki sarana, prasarana, utilitas umum serta fasilitas penunjang fungsi lain bagi suatu kawasan perkotaan atau kawasan pedesaan. Dengan kata lain, kawasan pemukiman merupakan bagian dari kawasan perkotaan maupun perdesaan yang dimanfaatkan sebagai lingkungan tempat tinggal, tempat kegiatan dalam pendukung kehidupan (UU RI No.1, 2011). Pemukiman baik perkotaan dan pedesaan terdiri dari perumahan yang tersusun rapi maupun berpencar namun saling memiliki keterkaitan dengan fasilitas yang tersedia. Perumahan adalah suatu bangunan dari kumpulan rumah dalam upaya pemenuhan kehidupan yang layak yang dilengkapi fasilitas, sarana prasarana umum (UU RI No. 1, 2011).

Pemukiman merupakan suatu struktur fisik dimana digunakan oleh seseorang untuk berlindung yang dilengkapi dengan fasilitas pelayanan, perlengkapan dalam mendukung kesehatan baik jasmani dan rohani serta sosial. Pemukiman adalah kondisi baik secara fisik, kimia, biologi dan psikologi yang bertujuan untuk memberikan kenyamanan bagi penghuninya dan meningkatkan derajat kesehatan para penghuninya (Permenkes 829, 1999). Dalam memenuhi tujuan tersebut, diperlukan persyaratan pemukiman baik menghindari kejadian penyakit dan penularannya serta mencegah kecelakaan para penghuninya.

Lingkungan pemukiman merupakan kondisi di kawasan pemukiman yang membentuk satu kesatuan dan menjalin suatu korelasi yang sangat erat hubungannya. Aspek lingkungan yang terdapat di kawasan pemukiman antara lain: fasilitas lingkungan (fasilitas kesehatan, pendidikan, perbelanjaan, rekreasi, sosial dan budaya) dan prasarana lingkungan (jalan, saluran air minum, saluran air limbah, pembuangan sampah dan jaringan listrik).

B. Dasar Peraturan yang Berkaitan dengan Pemukiman

Adanya Peraturan yang berkaitan dengan pemukiman bertujuan untuk meningkatkan derajat Kesehatan khususnya pada Kawasan permukiman dari bahaya kecelakaan dan penyakit, menjaga hygiene di dalam pemukiman, memberikan fasilitas yang berkualitas, memberikan kenyamanan yang maksimal. Dalam mewujudkan tujuan tersebut berikut antara lain peraturan yang menjadi acuan yang mendukung Kawasan pemukiman.

Permenkes RI No. 829/1999 tentang persyaratan Kesehatan perumahan. Permenkes ini menetapkan bahwa persyaratan Kesehatan perumahan untuk melindungi keluarga dari dampak kualitas perumahan dan rumah yang tidak sehat.

Permenkes RI No. 33/2010 tentang pedoman pengelolaan sampah. Kawasan pemukiman akan menghasilkan sampah sejenis sampah rumah tangga yang bersalah dari rumah tangga, pemukiman, industry, fasilitas umum, fasilitas sosial dan atau fasilitas lainnya.

Permenkes RI No. 1077/2011 Tentang pedoman penyehatan udara dalam ruang rumah. Dalam pasal 1 dinyatakan bahwa pedoman penyehatan udara yang dapat dijadikan acuan bagi pemilik rumah, penghuni, para pengembang perumahan, pemerintah kabupaten maupun kota dalam upaya penyehatan udara khususnya di dalam rumah.

Permenkes RI No. 14/2016 tentang penyelenggaraan perumahan pemukiman. Tujuan dari penyelenggaraan perumahan dan kawasan pemukiman antara lain untuk

mewujudkan ketertiban di dalam kawasan tersebut, memberikan hak dan kewajiban dalam penyelenggaraan perumahan dan pemukiman.

Permenkes RI No. 32/2017 tentang Standar Baku Mutu Kesehatan Lingkungan dan Persyaratan Kesehatan Air untuk keperluan Higiene Sanitasi, Kolam Renang, *Solus per Aqua* dan Pemandian Umum. Permenkes ini dalam pasal 1 bahwa standar baku mutu Kesehatan lingkungan adalah nilai baku media lingkungan yang berhubungan dengan Kesehatan masyarakat (Permenkes RI 32, 2017). Dalam hal ini pemukiman adalah Kawasan yang terdiri dari fasilitas, sarana prasarana salah satunya kebutuhan air yang kualitasnya dapat mendukung derajat Kesehatan masyarakat. Contoh air bersih dan kolam renang.

Permenkes RI No. 50 Tahun 2017 tentang Standar Baku Kesehatan Lingkungan Dan Persyaratan Kesehatan Untuk Vektor Dan Binatang Pembawa Penyakit Serta Pengendaliannya (Permenkes RI, 2017).

Permenkes No. 2/2023 tentang peraturan pelaksanaan peraturan pemerintah 66 Tahun 2014 tentang Kesehatan Lingkungan pada pasal 2 meliputi Standar baku mutu Kesehatan lingkungan baik persyaratan air, udara, tanah, sarana bangunan, upaya penyehatan dan perlindungan Kesehatan masyarakat (Permenkes, 2023).

C. Tujuan Ruang Lingkup Pemukiman

Mengacu UU No. 1 Tahun 2011 tentang Perumahan dan Kawasan Pemukiman pada pasal 3 yaitu (UU No.1, 2011):

1. Memberikan kepastian hukum dalam penyelenggaraan perumahan dan Kawasan pemukiman.
2. Mendukung penataan dan pengembangan wilayah serta penyebaran penduduk yang proporsional melalui pertumbuhan lingkungan hunian dan kawasan pemukiman sesuai tata ruang.
3. Meningkatkan daya guna dan hasil sumber daya alam bagi pembangunan perumahan dengan tetap memperhatikan

kelestarian fungsi lingkungan baik di Kawasan perkotaan maupun Kawasan pedesaan.

4. Memberdayakan para pemangku kepentingan bidang pembangunan perumahan dan Kawasan pemukiman.
5. Menunjang pembangunan di bidang sosial, ekonomi dan budaya.
6. Menjamin terwujudnya rumah yang layak huni dan terjangkau dalam lingkungan yang sehat, aman serasi , terencana terpadu dan berkelanjutan.

Ruang Lingkup penyelenggaraan perumahan dan Kawasan permukiman dalam pasal 4 meliputi : (a) Pembinaan; (b) Tugas dan wewenang; (c) Penyelenggaraan Kawasan pemukiman (d) Pemeliharaan dan perbaikan, (e) Pencegahan dan peningkatan kualitas ; (f) pencegahan dan peningkatan kualitas terhadap perumahan kumuh dan pemukiman kumuh; (g) penyediaan tanah; (h) pendanaan dan pembiayaan; (i) hak dan kewajiban ; (j) peran masyarakat.

D. Persyaratan Kesehatan Pemukiman

Menurut Permenkes RI No. 829/1999 bahwa persyaratan Kesehatan perumahan untuk melindungi keluarga dari dampak kualitas lingkungan perumahan dan rumah tinggal yang tidak sehat. Persyaratan Kesehatan perumahan meliputi lingkungan perumahan yang terdiri dari lokasi, kualitas udara, kebisingan dan getaran, kualitas tanah, kualitas air tanah, sarana dan prasarana lingkungan, binatang penular penyakit dan penghijauan. Sedangkan persyaratan rumah tinggal yang terdiri dari bangunan, komponen dan penataan ruang rumah, pencahayaan, kualitas udara, ventilasi, binatang penular penyakit, air, makanan, limbah dan kepadatan hunian ruang tidur.

Adapun persyaratan Kesehatan antara lain:

1. Lokasi

Menurut Permenkes RI 829/1999 dan sudah diperbarui dengan Kepmenkes RI No. 2/2023, dimana lokasi tidak terletak pada daerah rawan bencana alam seperti tanah

longsor, bantaran sungai, aliran lahar, gelombang tsunami, daerah gempa dan sebagainya. Tidak terletak pada daerah bekas tempat pembuangan akhir (TPA) sampah atau bekas tambang; tidak terletak pada daerah rawa kecelakan dan daerah kebakaran.

2. Kualitas Udara

Menurut Permenkes RI No. 1077/2011 tentang pedoman penyehatan udara dalam ruang rumah dan pada pembaharuan Permenkes RI No. 2/2023 meliputi:

- a. Kualitas fisik terdiri dari parameter; partikulat (*Particulate Matter*/PM_{2,5} dan PM₁₀), suhu udara, pencahayaan, kelembaban serta pengaturan dan pertukaran udara (laju ventilasi);

Tabel 11.1. Persyaratan Fisik Kualitas Udara

No	Jenis Parameter	Satuan	Kadar yang dipersyaratkan
1.	Suhu	°C	18 - 30
2.	Pencahayaan	Lux	Minimal 60
3.	Laju Ventilasi	m/dtk	0,15 - 0,25
4.	Kelembaban	%Rh	40 - 60
5.	PM _{2,5}	µg/m ³	35 dalam 24 jam
6.	PM ₁₀	µg/m ³	≤ 70 dalam 24 jam

- b. Kualitas kimia terdiri dari parameter: *Sulfur dioksida* (SO₂), *Nitrogen dioksida* (NO₂), *Karbon monoksida* (CO), *Karbon dioksida* (CO₂), *Timbal* (Plumbum=Pb), asap rokok, Asbes, *Formaldehid* (HCHO), *Volatile Organic Compound* (VCO)

Tabel 11.2. Persyaratan Kimia Kualitas Udara

No	Jenis Parameter	Satuan	SMBKL	Keterangan
1.	<i>Sulfur dioksida</i> (SO ₂),	µg/m ³	20	24jam
2.	<i>Nitrogen dioksida</i> (NO ₂)	µg/m ³	40	1 Tahun

No	Jenis Parameter	Satuan	SMBKL	Keterangan
3.	Karbon monoksida (CO)	ppm	9,00	8 jam
4.	Karbon dioksida (CO ₂)	ppm	1000	8 jam
5.	Timbal (Plumbum=Pb)	µg/m ³	1,5	15 menit
6.	asap rokok/ <i>environmental Tobacco Smoke</i> (ETS)	µg/m ³	1 – 10	Pajanan seumur hidup
7.	Formaldehid (HCHO),	ppm	0,1	30 menit
8.	Volatile Organic Compound (VCO)	ppm	3	8 jam
9.	Ashes	Serat/ml	5	Panjang serat 5 µ

- c. Kualitas biologi yang terdiri dari parameter bakteri dan jamur.

Tabel 11.3. Persyaratan Kontaminan Biologi

No	Jenis Parameter	Satuan	Kadar Maksimal
1.	Jamur	CFU/m ³	0 CFU/m ³
2.	Bakteri pathogen	CFU/m ³	0 CFU/m ³
3.	Angka Kuman	CFU/m ³	< 700 CFU/m ³

3. Kebisingan dan Getaran

Menurut Permenkes No. 2/2022 bahwa tingkat kebisingan maksimum 55dBA dan untuk tingkat getaran maksimum 10 mm/detik.

4. Kualitas Tanah

Standar baku mutu Kesehatan lingkungan media tanah terdiri atas unsur fisik, kimia biologi dan radioaktif alam.

Tabel 11.4. SMBKL Media Tanah

No	Parameter	Satuan	Pemukiman	Keterangan
Kimia				
1.	Aluminium (Al)	mg/kg	R	Wajib
2.	Arsenik (As)	mg/kg	≤ 3	Wajib
3.	Barium (Ba)	mg/kg	≤ 160	Wajib
4.	Berillium (Be)	mg/kg	≤ 1.1	Wajib
5.	Kadmium (Cd)	mg/kg	≤ 3	Wajib
6.	Tembaga (Cu)	mg/kg	≤ 30	Wajib
7.	Timbal (Pb)	mg/kg	≤ 300	Wajib
8.	Merkuri (Hg)	mg/kg	$\leq 0,3$	Wajib
Fisik				
1.	Suhu, Kelembaban, Porositas, dan pH		R	Wajib

R; Total konsentrasi pada tanah referensi setempat

5. Kualitas Air

Tabel 11.5. Parameter Kualitas Air secara Fisik untuk Keperluan Higiene dan Sanitasi (Kepmenkes RI. No. 2/2023)

No	Jenis Parameter	Satuan	Kadar max yang diperbolehkan
Fisik			
1.	Suhu	$^{\circ}\text{C}$	Suhu udara \pm
2.	Total Dissolve Solid	mg/L	< 300

No	Jenis Parameter	Satuan	Kadar max yang diperbolehkan
3.	Kekeruhan	NTU	< 3
4.	Warna	TCU	10
5.	Bau	-	Tidak berbau

Tabel 11.6. Parameter Kualitas Air secara Kimia dan Mikrobiologi

No	Jenis Parameter	Satuan	Kadar max yang diperbolehkan
Kimia			
1.	pH	-	6,5 – 8,5
2.	Nitrat (NO_3)	mg/L	20
3.	Nitrit (NO_2)	mg/L	30
4.	Kromium	mg/L	0,01
5.	Besi (Fe)	mg/L	0,2
6.	Mangan (Mn)	mg/L	0,1
Mikrobiologi			
7.	<i>Escherichia coli</i>	CFU/100ml	0
8.	<i>Total Coliform</i>	CFU/100ml	0

6. Persyaratan Bangunan

Persyaratan bangunan pemukiman meliputi (Sari dkk, 2020):

- Langit-langit: bangunan harus kuat, mudah dibersihkan dan tidak menyerap debu, permukaan rata dan mempunyai ketinggian untuk adanya pertukaran udara yang cukup, dan dalam keadaan bersih.
- Ruangan untuk tidur: kondisi dalam keadaan bersih, pencahayaan yang diperlukan sesuai aktivitas dalam kamar, luas ruang tidur minimum 9 m^2 serta tinggi langit-langit minimum $2,4 \text{ m}^2$.

- c. Tangga: lebar anak tangga minimal 30 cm, tinggi anak tangga maksimal 20 cm dan lebar tangga lebih atau sama dengan 150 cm; terdapat pegangan tangga tingginya 90 cm, terang dan dalam keadaan bersih.
- d. Lantai : lantai bangunan kedap air, permukaan rata, halus, tidak retak dan tidak licin, lantai mudah dibersihkan, lantai yang kontak dengan air dan memiliki kemiringan yang cukup landai untuk membersihkan dan tidak terjadi genangan; lantai dalam keadaan bersih dan berwarna terang.
- e. Atap: bangunan kuat tidak bocor; tidak menjadi tempat perindukan tikus; memiliki drainase atap yang memadai untuk limpasan air hujan, tidak terjadi genangan di atap, atap memiliki ketinggian lebih dari 10 m dan dilengkapi dengan penangkal petir.
- f. Dinding: permukaan dinding rata, tidak licin dan tidak retak; dinding kuat dan kedap air, dalam keadaan bersih dan berwarna terang.

7. Sarana Sanitasi

- a. Toilet: luas toilet min 2 m³, luas ventilasi 30% luas lantai, cukup pencahayaan, tidak ada genangan air, tersedia tempat sampah didalam toilet.
- b. Tempat pengolahan sampah: tersedia tempat sampah yang kedap air, tertutup dan mudah dijangkau oleh penghuni.
- c. Tempat pengolahan limbah; tempat pengolahan dalam keadaan tertutup. Limbah cair yang berasal dari rumah tangga harus dikelola dengan baik agar tidak mencemari sumber air dan tanah.
- d. Tersedia penyaluran air hujan dan disalurkan ke drainase agar tidak terjadi genangan air.

8. Kepadatan Hunian

Kepadatan hunian dihitung berdasarkan aktivitas dasar manusia meliputi aktivitas tidur, makan, kerja, duduk,

mandi, kakus dan cuci dan masak minimal 9 m³ dengan ketinggian rata-rata langit 2,80 m. cakupan Kepala keluarga (KK) dengan 3 jiwa 21,6 m² – 28,8 m² dan cakupan KK dengan 4 jiwa 28,8 m² – 36 m².

9. Ventilasi

Ventilasi bertujuan untuk memberikan aliran udara agar udara bersih masuk ke dalam ruangan sehingga sirkulasi berjalan lancar. Luas lubang ventilasi minimal 5% dari luas lantai dalam ruangan. Untuk luas lubang ventilasi yang dapat dibuka dan ditutup minimal 5% sehingga total kebutuhan untuk ventilasi 10% dikalikan luas lantai.

Aliran udara yang dibuat jangan terhalang oleh barang-barang seperti almari, sekat atau apapun yang dapat menghalanginya. Contoh posisi ventilasi silang.



Gambar 11.1. Ventilasi Silang

10. Penyediaan Air

Penyediaan air bersih dengan kapasitas 60 liter/orang/hari serta memenuhi persyaratan Kesehatan air bersih dan atau air minum yang telah ditetapkan.

11. Vektor Penyakit

Menurut Permenkes No. 2/2023 bahwa vector berdasarkan genus/spesies vektor dan binatang pembawa penyakit.

Parameter ini terdiri dari beberapa jenis nyamuk, rodent, tikus, kecoa dan lalat yang dapat menyebabkan penularan penyakit (Permenkes, 2023).

Tabel 11.7. Nilai Baku Mutu Vektor

No	Vector	Parameter	Satuan Ukur	Nilai Baku Mutu
1.	Nyamuk <i>Anopheles sp</i>	MBR (Man biting rate)	Angka gigitan nyamuk per orang per malam	< 0,025
		Nyamuk <i>Anopheles Infektif</i>	Nyamuk <i>Anopheles sp</i> yang mengandung patogen virus/bakteri/parasit	0
2.	Larva <i>Anopheles sp</i>	Indeks Habitat	Persentase habitat perkembangan yang positif larva	< 1
3.	Larva <i>Aedes aegypti</i> dan/atau <i>Aedes albopictus</i>	ABJ (Angka Bebas Jentik)	Persentase rumah/bangunan yang negative larva	≥ 95
		Jentik nyamuk	Jentik nyamuk yang mengandung patogen virus	0
4.	Pinjal	Indeks Pinjal Khusus	Jumlah pinjal <i>Xenopsylla cheopis</i> dibagi dengan	< 1

No	Vector	Parameter	Satuan Ukur	Nilai Baku Mutu
			jumlah tikus yang diperiksa	
		Indeks pinjal Umum	Jumlah pinjal yang tertangkap dibagi dengan jumlah tikus yang diperiksa	< 2
5.	Lalat	Indeks Populasi Lalat	Angka rata-rata populasi lalat	< 2
6.	Kecoa	Indeks Populasi Kecoa	Angka rata-rata populasi kecoa	< 2
7.	Tikus	<i>Success Trap</i>	Persentase yang perangkap	< 1
		Tikus infektif	Tikus yang mengandung patogen virus/bakteri/para sit	0

E. Upaya Penyehatan Komponen Pemukiman

Beberapa upaya yang dapat dilakukan dalam pencegahan penurunan komponen dalam pemukiman antara lain:

1. Bila suhu di atas 30 0C diturunkan dengan cara meningkatkan sirkulasi udara dengan menambahkan ventilasi buatan/mekanik, namun bila suhu dibawah standar yang ditentukan < 18 0 C maka dapat menambahkan ruangan pemanas dengan sumber energi yang aman.
2. Pencahayaan disyaratkan minimum 60 lux, apabila membutuhkan penambahan pencahayaan dapat dengan pencahayaan buatan sesuai dengan kegiatannya.

3. Syarat kelembaban 40 % – 60 %, dan apabila kurang dari 40% maka dapat membuka jendela ataupun menambah jumlah jendela, serta dapat menambahkan alat seperti pengatur kelembaban udara (humidifier). Apabila kelembaban di atas 60% maka dapat dilakukan dengan menambah pencahayaan alami, misal dengan menambah genteng kaca pada atap rumah, atau memodifikasi sirkulasi rumah.
4. Laju ventilasi dalam ruangan setidaknya 10% dari luas lantai maka diharapkan adanya ventilasi silang. Apabila ruangan ber AC maka perlu dilakukan perawatan berkala pada perangkat AC agar tidak menjadi tempat perindukan bakteri maupun agent penyebab penyakit. Selain itu dapat menggunakan exhaust fan yang dipasang dengan ketinggian minimal 2 m di atas lantai atau minimal 0,20 meter dari langit-langit.
5. Untuk debu, sumber pencemar biologi dapat dilakukan dengan melakukan pembersihan pada perabotan, alat, komponen bangunan yang dirasa kotor.
6. Fasilitas sanitasi seperti toilet harus dibersihkan setiap hari agar tidak adanya perkembangan agent penyebab penyakit, baik adanya jentik nyamuk, kecoa, tikus dan vektor lainnya.
7. Tempat pembuangan sampah harus kedap air dan tidak dibiarkan begitu saja tanpa adanya pengolahan karena dapat menjadi tempat perindukan vektor yang dapat menyebabkan terjadinya kejadian penyakit.

DAFTAR PUSTAKA

- UU RI. (2011). *Undang-undang RI No. 1 Tahun 2011 tentang Perumahan dan Kawasan Pemukiman.*
- Permenkes. (1999). *Keputusan Menteri Kesehatan No . 829 Tahun 1999 Tentang : Persyaratan Kesehatan Perumahan.* 829.
- Permenkes. (2023). *Permenkes No. 2 Tahun 2023 tentang Pelaksanaan peraturan pemerintah No. 66 Tahun 2014 tentang kesehatan lingkungan (Issue 55).*
- Permenkes RI, P. (2017a). *Permenkes RI No. 32 Tahun 2017 tentang Standar Baku Mutu Kesehatan Lingkungan dan Persyaratan Air untuk Keperluan Higiene Sanitasi, Kolam Renang, Slous per Aqua dan pemandian umum.*
- Permenkes RI. (2017b). *Permenkes RI No. 50 Tahun 2017 tentang Standar Baku Mutu Kesehatan Lingkungan dan Persyaratan Kesehatan untuk Vektor dan Binatang Pembawa Penyakit serta Pengendaliannya.*
- Sari dkk (2020). *Kesehatan Lingkungan Perumahan.* Yayasan, P., & Menulis, K. (n.d.)

BAB 12

DAMPAK PENCEMARAN TERHADAP LINGKUNGAN DAN KESEHATAN

Ayu Rofia Nurfadillah, S.K.M, M.Kes

A. Pendahuluan

Lingkungan merupakan media yang digunakan oleh manusia untuk melakukan aktivitas. Oleh karena itu lingkungan dapat menjadi penerima limbah yang dihasilkan dari berbagai aktivitas manusia (Sumampow and Risjani, 2018).

Berbagai limbah baik berasal dari kegiatan domestic maupun industri yang dibuang ke lingkungan tanpa dilakukan pengolahan terlebih dahulu menyebabkan perubahan terhadap kualitas lingkungan. Perubahan kualitas lingkungan ini memberikan dampak negatif yaitu Pencemaran lingkungan air, udara dan tanah (Huda, Husamah and Abdulkadir Rahardjanto, 2019).

Manusia menjadi satu-satunya yang bertanggung jawab terhadap perubahan kualitas lingkungan, baik secara langsung maupun tidak langsung. Terdapat hubungan timbal balik antara manusia dan lingkungan. Tingkah laku manusia dapat mempengaruhi lingkungan sampai kelangsungan hidup makhluk hidup lainnya dan melalui lingkungan, tingkah laku manusia juga ditentukan (Izarul Machdar, 2018).

Pada bab ini akan menjelaskan bagaimana pencemaran udara, air, dan tanah dapat memberikan dampak terhadap lingkungan dan kesehatan manusia.

B. Pencemaran Lingkungan

Pencemaran merupakan setiap perubahan yang tidak diinginkan pada karakteristik fisik, kimia atau biologi dari

udara, tanah, air atau tanah. Agen yang membawa perubahan yang tidak diinginkan disebut sebagai polutan/agen pencemar (NCERT, 2022).

Pencemaran lingkungan hidup adalah masuk atau dimasukkannya makhluk hidup, zat, energi, dan/atau komponen lain ke dalam lingkungan hidup oleh kegiatan manusia sehingga melampaui baku mutu lingkungan hidup yang telah ditetapkan (Republik Indonesia, 2019).

Hampir semua zat, sintetis atau alami, dapat menjadi agen pencemar, terutama sintetis atau bahan kimia yang berasal dari industri. Sumber pencemar alami berasal dari lahar gunung berapi yang mengandung zat diantaranya abu, klorin, sulfur dioksida, dan bahan kimia lainnya. Pencemaran lingkungan meningkat seiring dengan bertambahnya populasi, karena konsumsi individu meningkat seiring waktu dan membutuhkan teknologi yang lebih besar.

Daerah perkotaan menjadi tempat dimana pencemaran benar-benar terjadi, karena banyaknya sumber pencemaran yang diantaranya 1) emisi mobil, truk dan sepeda motor, 2) pembangkit listrik yang menghasilkan tenaga listrik dengan membakar batu bara, minyak, atau gas alam, 3) konstruksi dan pembangunan jalan, fasilitas manufaktur dan lain-lain, 4) sampah, limbah cair (Hill, 2010). Agen pencemar yang bersumber dari manusia dan alam dapat dilihat pada tabel 12.1 berikut (Hill, 2010).

Tabel 12.1. Jenis Zat Pencemar yang berada di lingkungan

Kategori	Contoh
Bahan kimia organik	Polychlorinated biphenyls (PCBs), Minyak, Pestisida
Bahan kimia anorganik	Garam, nitrat, logam dan garamnya
Bahan kimia logam berat	Metil Merkuri, tributil timah, timbal tetraetil
Asam	Sulfat, nitrat, hidroklorik, asetat
Fisik	Erosi tanah, sampah

Kategori	Contoh
Radiologis	Radon, radium, uranium
Biologis	Mikroorganisme

Tabel 12.2. Kategori Pencemaran Lingkungan

Kategori	Sumber	Gejala Utama	Contoh Penyakit
Pencemaran Udara	Asap, Debu, Knalpot, Zat Beracun (Seperti Sulfur Dioksida, Nitrogen dioksida dll)	Asma, Bronkitis	Asap fotokimia
Pencemaran Air	Air limbah yang tercemar, cairan limbah (minyak bumi), lumpur, limbah domestik, limbah cair pertanian dll	Bau berbahaya, keracunan	Penyakit Minamata “itai-itai”, penyakit keracunan kadmium
Pencemaran Tanah	Arsenik, logam berat, penggalian kerikil, penambangan baru bara	Keracunan, Kerusakan struktur bangunan	Distrik Koto, Tokyo
Kebisingan	Pabrik, Pekerjaan Konstruksi, Lalu lintas	Sakit kepala, insomnia, depresi, gangguan	Kebisingan Bandara Osaka

Kategori	Sumber	Gejala Utama	Contoh Penyakit
	Jalan raya, kereta api, pesawat	pendengaran, gangguan perkembangan	
Getaran	Pabrik, Pekerjaan Konstruksi, lalu lintas kereta api dan pesawat	Pusing, Tidak nyaman, kerusakan struktural pada rumah	Getaran Shinkansen (Kereta api)

Sumber : Kategori Pencemaran Menurut Undan-undang Dasar Pengendalian Lingkungan Jepang

C. Jenis-Jenis Pencemaran Lingkungan

1. Pencemaran Udara

Udara sebagai sumber daya alam yang mempengaruhi kehidupan manusia serta makhluk hidup lainnya harus dijaga dan dipelihara kelestarian fungsinya, hal ini harus dilakukan untuk memelihara kesehatan dan kesejahteraan manusia serta perlindungan bagi makhluk hidup lainnya. Udara merupakan campuran beberapa macam gas yang perbandingannya tidak tetap, tergantung pada kesediaan suhu, tekanan dan lingkungan sekitarnya. Udara tersusun atas oksigen (O_2), untuk bernafas, karbondioksida (CO_2) untuk proses fotosintesis tumbuhan, dan ozon untuk menahan sinar ultraviolet.

Gas-gas lain dalam udara antara lain gas-gas mulia, NO_2 , metana, belerang dioksida, ammonia, hidrokarbon dan gas rumah kaca yang sekarang ini menjadi perhatian besar dunia. Masing-masing gas tersebut memiliki komposisi khusus di udara. Apabila susunan dan komposisi udara tersebut mengalami perubahan dari keadaan normal dan kemudian mengganggu kehidupan manusia, hewan dan Binatang serta tumbuhan maka berarti udara telah tercemar (Huda, Husamah and Abdulkadir Rahardjanto, 2019).

Pencemaran udara adalah hasil dari kegiatan industri dan domestik tertentu. Penggunaan bahan bakar fosil yang semakin meningkat di pembangkit listrik, industri, transportasi, pertambangan, konstruksi bangunan, tambang batu telah menyebabkan polusi udara (National Institute of Open Schooling (NIOS), 2020). Polusi udara dan emisi gas rumah kaca dapat berdampak besar terhadap lingkungan, termasuk masalah lingkungan global yang lebih luas seperti penipisan ozon stratosfer dan perubahan iklim. Polutan udara dapat diklasifikasikan secara luas sebagai primer atau sekunder. Biasanya, polutan udara primer adalah zat yang berasal dari alam atau antropogenik, seperti abu dari letusan gunung berapi, gas karbon monoksida (CO) dari knalpot kendaraan bermotor, atau sulfur dioksida (SO) yang berasal dari pabrik. Namun, polutan primer tidak dengan sendirinya menghasilkan semua efek buruk dari polusi udara. Reaksi kimia dapat terjadi di antara polutan primer dan konstituen atmosfer, yang selanjutnya bereaksi satu sama lain dengan partikel di udara sehingga menghasilkan susunan kompleks senyawa kimia baru. Polutan udara yang tidak langsung tetapi terbentuk di udara, disebut polutan udara sekunder, yang bertanggung jawab atas beberapa efek buruk dari polusi udara seperti kabut asap, iritasi mata, dan kerusakan vegetasi dan material (Molina and Gurjar, 2010).

Tabel 12.3. Jenis Polutan Udara dan Sumbernya (NIOS, 2020)

Polutan	Sumber
Partikulat Tersuspensi / debu	Kegiatan industri, konstruksi, thermal pembangkit listrik dan kendaraan
Abu Terbang/ Fly Ash	Bagian dari asap yang dilepaskan cerobong industri dan pembangkit listrik

Polutan	Sumber
Timbal tetraetil (TEL)	Partikel timbal yang keluar dari pipa knalpot kendaraan bercampur dengan udara.
Senyawa Karbon (CO ₂ dan CO)	Knalpot mobil, pembakaran kayu dan batubara
Senyawa Belerang (SO ₂ dan H ₂ S)	Pembangkit listrik dan kilang minyak, letusan gunung berapi
Senyawa Nitrogen (NO dan NO ₂)	Knalpot kendaraan bermotor dan reaksi atmosfer
Hidrokarbon (benzene dan etilena)	Mobil dan industri perminyakan
Serat tekstil (kapas, benang)	Tekstil dan tenun karpet, industri

2. Pencemaran Air

Pencemaran air terjadi apabila masuknya zat, energi, unsur, atau komponen lainnya ke dalam air, dan menyebabkan kualitas air turun sampai ke tingkat tertentu, sifat-sifat air menyimpang dari keadaan normal sehingga air tidak berfungsi lagi sesuai peruntukannya (Basri, 2015; Huda, Husamah and Abdulkadir Rahardjanto, 2019). Kualitas air yang terganggu ditandai dengan adanya perubahan pada fisik (warna, bau, dan rasa), kimia (jumlah karbonat, sulfat, fluoride, nitrat dan ion logam) dan biologis air (ganggang, jamur, virus protozoa dan bakteri) (UKELA, 2014).

Pencemaran air memiliki beberapa sumber, yang dapat dikategorikan menjadi dua yaitu sumber point dan sumber nonpoint. Sumber point adalah "sumber tunggal yang dapat diidentifikasi dari mana polutan dibuang, misalnya, pipa, selokan, cerobong asap pabrik." Pipa outlet fasilitas industri atau instalasi pengolahan air limbah adalah contoh sumber point (Hill, 2010).

Sumber non point tersebar di wilayah yang luas sehingga sulit diidentifikasi secara tepat. Jenis sumber ini mengirimkan polutan secara tidak langsung melalui perubahan lingkungan dan bertanggung jawab atas sebagian besar kontaminan air di sungai dan danau. Contoh sumber nonpoint, air yang terkontaminasi karena aliran dari lahan pertanian, lokasi konstruksi, tambang yang terbengkalai, memasuki sungai dan danau. Polutan dari sumber non point ini sulit dikendalikan daripada sumber point (Hill, 2010; UKELA, 2014).

Tabel 12.4. Jenis polutan air dan Sumbernya (Philander, 2012)

Polutan	Sumber
Logam berat (kadmium, nikel, arsenik, timbal, vanadium, merkuri, dan selenium)	Saluran air domestik, industri, pertanian, perkotaan, dan pertambangan
Polutan organik- Pupuk (fosfat dan nitrat) Asam dan basa	Limpasan pertanian Pembangkit listrik percobaan industri, drainase dari tambang, limbah dari industri, dan pengendapan asam udara, limpasan alami dan perkotaan
Bahan kimia organik: <ul style="list-style-type: none"> ● Pestisida, Insektisida, herbisida, ● hidrokarbon, ● Minyak dan lemak ● Deterjen ● Plastik 	Berasal dari pertanian, tumpahan kapal tanker, kebocoran minyak lepas pantai, tumpahan minyak laut, limbah domestik dan limbah industri
Patogen	Limbah, limbah manusia dan hewan, limpasan alami

Polutan	Sumber
	dan perkotaan dari tanah, limbah industri
Bahan Radioaktif	Sumber alam, penambangan dan pengolahan uranium, rumah sakit dan laboratorium penelitian menggunakan radioisotop
Panas	Air pendingin untuk pabrik industri, nuklir, dan termal
Sedimen	Erosi alami, limpasan dari lahan pertanian dan lokasi konstruksi

3. Pencemaran Tanah

Pencemaran tanah adalah keberadaan bahan kimia atau zat yang tidak pada tempatnya dan/atau berada pada konsentrasi yang lebih tinggi dari normal yang memiliki efek merugikan pada organisme bukan sasaran. Pencemaran tanah terjadi karena ada kerusakan yang mempengaruhi lapisan tanah yang menyebabkan perubahan sifat alami dari unsur-unsur lingkungan utama karena kebocoran senyawa kimia kompleks atau bahan radioaktif buatan yang menaikkan kadar radioaktif di dalam tanah, dan menghambatnya (Bowen, 2018; Mustafa, 2022). Pencemaran tanah, dapat diakibatkan oleh kegiatan yang disengaja dan tidak disengaja. Kegiatan tersebut dapat mencakup pengendapan langsung kontaminan ke dalam tanah serta proses lingkungan yang kompleks yang dapat menyebabkan pencemaran tanah secara tidak langsung melalui pengendapan air atau atmosfer (Tarazona J.V, 2014).

Jenis pencemaran tanah dibedakan menjadi sumber point dan non point. Sumber point yaitu pencemaran tanah yang disebabkan oleh peristiwa tertentu atau serangkaian peristiwa dalam suatu wilayah tertentu di mana kontaminan dilepaskan ke tanah, dan sumber serta identitas pencemaran

dapat dengan mudah diidentifikasi. Contohnya termasuk bekas lokasi pabrik, pembuangan limbah dan air limbah yang tidak memadai, tempat pembuangan sampah yang tidak terkendali, penggunaan bahan kimia pertanian yang berlebihan, berbagai jenis tumpahan, dan banyak lainnya. Kegiatan seperti penambangan dan peleburan yang dilakukan dengan menggunakan standar lingkungan yang buruk juga merupakan sumber pencemaran logam berat di banyak wilayah di dunia (Bowen, 2018).

Sumber non point (polusi difus) adalah polusi yang tersebar di wilayah yang sangat luas, terakumulasi di dalam tanah, dan tidak memiliki sumber tunggal/mudah diidentifikasi. Polusi difus terjadi ketika emisi, transformasi, dan pengenceran kontaminan di media lain telah terjadi sebelum dipindahkan ke tanah. Polusi difusi melibatkan transportasi polutan melalui sistem udara-tanah-air. Oleh karena itu, analisis kompleks yang melibatkan ketiga kompartemen ini diperlukan untuk menilai jenis polusi ini secara memadai, sehingga polusi yang tersebar sulit untuk dianalisis, dan dapat menjadi tantangan untuk melacak dan membatasi jangkauan spasialnya. Contoh polusi difus yaitu pembuangan limbah yang tidak terkendali dan limbah cair yang terkontaminasi yang dibuang di dalam dan di dekat daerah tangkapan air, penerapan tanah lumpur limbah, penggunaan pertanian pestisida dan pupuk yang juga menambahkan logam berat, terus-menerus (Geissen, V., Mol, H., Klumpp, E., Umlauf, G., Nadal, M., van der Ploeg, M., van de Zee and & Ritsema, 2015).

4. Polusi Suara (Kebisingan)

Fenomena kewilayahan perkotaan menjadi semakin serius di setiap kota salah satunya adalah polusi suara. Frekuensi dan intensitas polusi meningkat dari hari ke hari. Polusi suara merupakan gangguan bagi manusia. Polusi suara atau kebisingan biasanya dihasilkan oleh suara mesin yang mengganggu aktivitas atau keseimbangan hidup

manusia. Hal ini merupakan permasalahan lingkungan hidup yang semakin menjadi sebuah bentuk pencemaran yang ada dimana-mana namun luput dari perhatian, tidak hanya di negara-negara maju namun juga di negara-negara berkembang (Jariwala *et al.*, 2017).

Kebisingan merupakan suatu paparan yang dapat mencemari lingkungan. Penanganan pencemaran suara ini berbeda dengan pencemaran lainnya. Suara dapat menjadi pencemaran ketika melebihi ambang batas yang dapat didengar secara normal yaitu 85 dB selama 8 jam/hari. Suara yang ditimbulkan melebihi dari batas normal akan menimbulkan gangguan pada manusia maupun pada makhluk hidup lainnya (Mustafa, 2022).

5. Dampak Pencemaran Terhadap Lingkungan

a. Dampak Pencemaran Udara Terhadap Lingkungan

Beberapa penelitian menunjukkan bahwa tingginya konsentrasi gas pencemar di udara di kota mengganggu tingkat pertumbuhan tanaman, hal ini menyebabkan tanaman yang tumbuh di sepanjang jalur utama di kota menjadi lebih rendah pertumbuhannya dibandingkan tanaman diluar kota. Gas pencemar mengganggu pertumbuhan karena gas tersebut menutupi permukaan daun khususnya stomata sehingga menghalangi pertukaran gas sehingga akan mengganggu proses fotosintesis. Kualitas udara yang berubah mengakibatkan perubahan iklim sehingga berpengaruh pada musim kemarau yang lebih panjang. Hal ini menghambat pertumbuhan tanaman, menurunnya produksi panen dan memicu terjadinya kebakaran hutan. Akibatnya banyak hewan yang mati bahkan punah (Huda, Husamah and Abdulkadir Rahardjanto, 2019).

Gas-gas oksida belerang seperti SO_2 dan SO_3 dapat bereaksi dengan uap air dan air hujan sehingga menyebabkan terjadinya hujan asam yang dapat merusak gedung-gedung, jembatan dan menyebabkan tumbuhan

mati/tidak bisa tumbuh (Sumantri, 2010). Keberadaan CO₂, CFC, metana, ozon dan N₂O di lapisan troposfer yang menyerap radiasi panas matahari yang dipantulkan oleh permukaan bumi menyebabkan terjadinya efek rumah kaca. dampak dari efek rumah kaca diantaranya perubahan iklim global ditandai dengan kenaikan temperatur bumi dan mencairnya es di kutub, perubahan siklus hidup flora dan fauna (Sumantri, 2010).

b. Dampak Pencemaran Air Terhadap Lingkungan

Pencemaran air memberikan dampak yang luas terhadap lingkungan, seperti meracuni sumber air bersih, meracuni tanaman, menjadi penyebab ketidakseimbangan ekosistem sungai dan danau serta pengrusakan hutan akibat hujan asam (Sumantri, 2010). Nitrogen, fosfor dan zat kimia lainnya yang digunakan dalam kegiatan pertanian menyebabkan pertumbuhan gulma yang berlebihan, hal ini membuat air menjadi berbau dan berwarna. Sehingga membuat keseimbangan ekologi badan air berubah. Sulfur Dioksida dan Nitrogen Dioksida menyebabkan hujan asam yang menurunkan nilai pH tanah dan emisi karbondioksida menyebabkan badan air seperti laut, sungai dan kolam menjadi asam (Owa, 2014).

Deterjen yang berasal dari limbah cair rumah tangga dan industri yang hanyut di badan air, memiliki dampak serius bagi tanaman. Kandungan fosfat pada deterjen menyebabkan gangguan pertumbuhan pada tanaman seperti pemanjangan akar, fiksasi CO₂, fotosintesis, penyerapan kation, perkecambahan dan pertumbuhan tabung polen, gangguan klorofil dan membran sel serta berbagai proses metabolisme yang menyebabkan denaturasi protein dan penghambatan enzim (Mustafa, 2022).

Polutan organik dan anorganik yang berasal dari limbah industri dapat meningkatkan alkalinitas air dan menyebabkan berkurangnya penyerapan basa esensial,

yang menyebabkan kematian tanaman air. Limbah cair organik menyebabkan pH air berubah dan memberikan efek toksisitas spesifik pada tanaman air yang tergantung pada komposisi kimianya. Tumpahan minyak yang berasal dari kapal tanker menyebabkan kandungan oksigen dalam air berkurang dan mengurangi transmisi Cahaya, menghambat pertumbuhan plankton dan fotosintesis tanaman air (Sastrawijaya, 2009; Mustafa, 2022). Pada tahun 2000 operasi pertambangan Rumania menumpahkan sianida dan logam berbahaya ke Sungai Danube, yang bergabung dengan Sungai Tisza yang mengalir ke Hungaria dan Yugoslavia. Satu Walikota Yugoslavia mengatakan bahwa 80% ikan di Tisza dekat kotanya mati. Yang lain menyatakan, "Tisza adalah sungai mati. Semua kehidupan, dari ganggang hingga ikan trout, telah musnah." Beberapa tahun sebelumnya, sebuah kecelakaan di fasilitas Swiss menghanyutkan bahan kimia dalam jumlah besar ke Sungai Rhine. Ini dibawa ke Prancis dan Jerman, membunuh ikan dan kehidupan air lainnya di sepanjang jalan (Hill, 2010).

c. Dampak Pencemaran Tanah Terhadap Lingkungan

Tanah menjadi tempat penampungan berbagai bahan kimia yang berasal dari rembesan penumpukan sampah (landfill), Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) dan sumber-sumber lainnya. Penurunan kualitas tanah salah satunya disebabkan oleh erosi. Pada dasarnya erosi dapat menyebabkan merosotnya produktivitas lahan, rusaknya lingkungan dan terganggunya keseimbangan ekosistem (Sumantri, 2010).

Gas nitrogen, asam sulfida, logam berat mercury, chrom dan arsen pada timbunan sampah dapat menyebabkan gangguan terhadap bio tanah, tumbuhan, merusak struktur permukaan dan tekstur tanah. Zat tembaga, timbal, perak, arsen dan boron yang berasal dari industri pelapisan logam menyebabkan keracunan terhadap mikroorganisme sehingga mengakibatkan

kematian bagi mikroorganisme yang memiliki fungsi sangat penting terhadap kesuburan tanah. Kegiatan pertanian juga menerima dampak akibat perubahan metabolisme tanaman yang akhirnya menyebabkan penurunan hasil pertanian. Dampak lanjutannya pada konservasi tanaman yang tidak mampu menahan lapisan tanah dari erosi. Beberapa polutan pencemar memiliki waktu paruh yang lama dan paka kasus lain zat kimia derivative akan terbentuk dari bahan pencemar utama (Muslimah, 2017).

Perubahan kualitas tanah dapat memberikan dampak terhadap ekosistem, bahkan pada konsentrasi yang rendah. Perubahan ini menyebabkan perubahan metabolisme dari mikroorganisme endemik dan antropoda yang hidup di lingkungan tanah. Akibatnya beberapa spesies primer dari rantai makanan tersebut musnah dan memberikan akibat yang besar pada predator dari rantai makanan tersebut (Muslimah, 2017; Bowen, 2018).

d. Dampak Pencemaran Suara Terhadap Lingkungan

Studi penelitian menunjukkan bahwa suara berdampak cukup besar terhadap hewan. Sebagian besar spesies hewan menggunakan, mendengar dan mengeluarkan suara. Kebisingan yang berasal dari aktivitas manusia menghambat suara/pendengaran hewan sehingga berpengaruh pada komunikasi dan reproduksi. Kelompok hewan yang terdampak antara lain burung, amfibi, reptile, ikan, mamalia, dan invertebrate. Ini mencakup beberapa jenis ekosistem termasuk terrestrial, perairan, dan ekosistem pesisir. Banyak jenis suara yang dihasilkan oleh aktivitas manusia tampaknya merupakan bentuk polusi suara yang mempengaruhi keanekaragaman hayati, termasuk lalu lintas, kapal, pesawat terbang dan aktivitas industri (Sordello *et al.*, 2019).

D. Dampak Pencemaran Terhadap Kesehatan Manusia

1. Dampak Pencemaran Udara Terhadap Kesehatan

Pencemaran udara mengacu pada pelepasan polutan ke udara, polutan yang merugikan kesehatan manusia dan planet ini secara keseluruhan. Menurut Organisasi Kesehatan Dunia (WHO), setiap tahun pencemaran udara bertanggung jawab atas hampir tujuh juta kematian di seluruh dunia. Sembilan dari sepuluh manusia saat ini menghirup udara yang melebihi batas pedoman WHO untuk polutan, dengan mereka yang tinggal di negara berpenghasilan rendah dan menengah paling menderita. Udara yang tercemar partikel debu dapat menimbulkan berbagai macam penyakit saluran pernafasan. Partikel debu terdiri cairan dan padatan yang sangat kecil sehingga dapat terhirup dan masuk ke dalam paru-paru. Paparan gas NO_2 dalam tubuh manusia dapat menyebabkan pembengkakan paru sehingga terjadi sesak napas, kejang, dan bahkan kematian. Dampak terpajan gas polutan udara ambien secara terus menerus meningkatkan risiko keluhan pernafasan. Kondisi fisiologis yang dirasakan berupa tenggorokan kering, tenggorokan gatal, batuk, sesak napas, batuk disertai sesak napas, dan hidung berair (Ertiana, 2022).

Polusi udara mempunyai dampak yang luar biasa terhadap kesehatan manusia berupa penyakit pernapasan berupa asma dan kanker paru-paru, gangguan fungsi kardiovaskular, dan pertumbuhan kanker. Ditemukan adanya hubungan antara infertilitas pria dan polusi udara. Terdapat hubungan antara kontaminasi udara dan bahaya disfungsi kekebalan tubuh, peradangan saraf, hiperaktivitas neurobehavioral, kejahatan, perilaku tidak pantas yang berkaitan dengan usia, penyakit Alzheimer dan Parkinson. Polutan udara yang berhubungan dengan lalu lintas diketahui mempengaruhi penuaan kulit dan menyebabkan bintik-bintik penuaan pada wajah. Bukti menunjukkan adanya hubungan antara polusi udara dan iritasi mata,

sindrom mata kering, risiko retinopati, dan dampak buruk pada mata (Sarla, 2020).

Gas karbon monoksida berdampak pada meningkatnya jumlah kematian bayi serta kerusakan otak. Selain itu gas CO dapat mengikat hemoglobin darah mengganti posisi oksigen sehingga menjadi oksihemoglobin (COHb). Bila CO terhisap masuk ke paru-paru, mengakibatkan fungsi vital darah sebagai pengangkut oksigen terganggu karena ikatan gas CO dengan hemoglobin darah lebih kuat 140 kali dibandingkan dengan oksigen. Keadaan ini menyebabkan darah menjadi lebih mudah menangkap gas CO dan menyebabkan fungsi vital darah sebagai pengangkut oksigen terganggu (Mustafa, 2022).

2. Dampak Pencemaran Air Terhadap Kesehatan

Air yang sudah tercemar mempunyai dampak buruk terhadap kesehatan manusia. Data UNESCO tahun 2021 sekitar 829.000 orang meninggal setiap tahun akibat diare yang disebabkan oleh air minum yang tidak aman, sanitasi dan kebersihan tangan termasuk 300.000 anak di bawah usia lima tahun, yang mewakili 5,3 persen dari seluruh kematian pada kelompok usia ini (Lin, Yang and Xu, 2022). Sebuah penelitian di Pakistan menunjukkan kontaminasi coliform ditemukan di beberapa sumber air. Pembuangan limbah dan limbah padat yang tidak tepat, penggunaan pestisida dan pupuk yang berlebihan, serta jaringan pipa yang rusak adalah penyebab utama pencemaran air minum. Sumber utama penyakit yang terbawa air seperti gastroenteritis, disentri, diare, dan virus hepatitis di daerah ini adalah pencemaran air oleh bakteri coliform (Khan *et al.*, 2013).

Hasil penelitian mengenai dampak arsenic di Provinsi Sindh Selatan Pakistan menjelaskan bahwa ada hubungan antara konsentrasi arsenic dalam air minum, konsentrasi arsenik dalam rambut dan darah dengan penyakit kulit seperti melanosis dan keratosis. Konsentrasi arsenik dalam air minum secara langsung mempengaruhi kesehatan

penduduk setempat, dan penyakit kulit adalah komplikasi klinis yang paling umum dari keracunan arsenic (Kazi *et al.*, 2009). Penelitian lain di Bangladesh menunjukkan bahwa banyak orang menderita kudis akibat pencemaran Sungai. Bukan hanya itu, pencemaran air akibat industri juga dapat menyebabkan kanker kulit (Arif *et al.*, 2020)

3. Dampak Pencemaran Tanah Terhadap Kesehatan

Pencemaran tanah dapat memberikan dampak negatif untuk kesehatan yang bergantung pada jenis polutan, jalur masuk ke dalam tubuh dan kerentanan populasi yang terkena dampak. Berbagai jenis pestisida dan herbisida merupakan bahan karsinogenik untuk semua populasi. Paparan benzena dalam jangka waktu lama meningkatkan risiko leukimia. Logam berat seperti merkuri dan timbal menyebabkan kerusakan ginjal dan kerusakan otak. Beberapa macam dampak kesehatan ditandai dengan gejala sakit kepala, pusing, letih, iritasi mata dan ruam kulit akibat paparan bahan kimia. Pada konsentrasi yang besar, pencemaran tanah dapat menyebabkan kematian (Muslimah, 2017). Dampak pencemaran tanah terhadap kesehatan tergantung pada tipe polutan, jalur masuk ke dalam tubuh dan kerentanan populasi yang terkena. Kromium, berbagai macam pestisida dan herbisida merupakan bahan karsinogenik untuk semua populasi. Timbal sangat berbahaya pada anak-anak, karena dapat menyebabkan kerusakan otak, serta kerusakan ginjal pada seluruh populasi (Tarazona J.V, 2014).

4. Dampak Pencemaran Suara Terhadap Kesehatan

Pencemaran suara meningkat seiring dengan perkembangan kota, dimana pertumbuhan populasi, perkembangan teknologi, urbanisasi menjadi faktor penyebab. Kebisingan menghasilkan efek buruk langsung dan kumulatif yang mengganggu kesehatan. WHO mengelompokkan kategori dampak buruk polusi suara

terhadap kesehatan manusia yaitu gangguan pendengaran, gangguan tidur, gangguan kardiovaskular, gangguan kesehatan mental, fungsi kognitif buruk dan kesulitan berkomunikasi (Pramendra, 2011).

Paparan kebisingan selama lebih dari 8 jam pada tingkat suara 85 db berpotensi menyebabkan gangguan pendengaran. Gangguan pendengaran yang disebabkan oleh kebisingan dapat disertai dengan kenyaringan yang tidak normal (hiperakusis), distorsi (paracusis) dan tinnitus. Tinnitus mungkin bersifat sementara atau permanen setelah terpapar dalam waktu lama. Akibat akhir dari gangguan pendengaran adalah kesepian, depresi, gangguan diskriminasi bicara, gangguan kinerja di sekolah dan pekerjaan terbatasnya kesempatan kerja, dan rasa terisolasi. Berbagai penelitian menunjukkan kebisingan dapat menyebabkan gangguan tidur kronis. Kebisingan terus menerus yang melebihi 30 db mengganggu tidur, dan berakibat pada perubahan suasana hari dan penurunan kinerja. Kelompok yang sangat sensitif termasuk lansia, pekerja shift, orang yang rentan terhadap gangguan fisik atau mental, dan mereka yang mengalami gangguan tidur (Jariwala et al., 2017).

Kebisingan dapat memicu respons sistem saraf endokrin dan otonom yang mempengaruhi sistem kardiovaskular sehingga dapat menjadi faktor risiko penyakit kardiovaskular. Efek ini mulai terlihat pada paparan harian jangka panjang terhadap tingkat kebisingan di atas 65 dB atau pada paparan akut terhadap tingkat kebisingan di atas 80 hingga 85 dB. Paparan kebisingan yang akut mengaktifkan respons saraf dan hormonal, yang menyebabkan peningkatan sementara pada tekanan darah, detak jantung, dan vasokonstriksi. Studi terhadap individu yang terpapar kebisingan di tempat kerja atau lingkungan menunjukkan bahwa paparan dengan intensitas dan durasi yang cukup meningkatkan detak jantung dan resistensi perifer, meningkatkan tekanan darah, meningkatkan

kekentalan darah dan kadar lipid darah, menyebabkan pergeseran elektrolit, dan meningkatkan kadar epinefrin, norepinefrin, dan norepinefrin (Preethi, P. Amrutha, Sravania, M, Sowmya, M Ashok Kumar P, Siva, P. Naga Siva, Manasa, 2016).

Pencemaran suara berkontribusi pada kecemasan, stres, kegugupan, mual, sakit kepala, ketidakstabilan emosi, argumentatif, impotensi seksual, perubahan suasana hati, peningkatan konflik sosial, neurosis, histeria, dan psikosis. Studi populasi menunjukkan adanya hubungan antara kebisingan dan indikator kesehatan mental, seperti tingkat kesejahteraan, profil gejala, penggunaan obat-obatan psikoaktif dan obat tidur, dan tingkat rawat inap di rumah sakit jiwa. Paparan suara keras secara teratur, kemampuan membaca, belajar, dan memahami menurun secara signifikan dari waktu ke waktu. Penelitian telah membuktikan bahwa anak-anak yang belajar di lingkungan bising cenderung menunjukkan fungsi kognitif yang relatif rendah (Amalia and Novianus, 2022).

DAFTAR PUSTAKA

- Amalia, N. and Novianus, C. (2022) 'Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Keluhan Saluran Pernapasan pada Pekerja di PT. X Plant Parung Bogor', *Jurnal Fisioterapi dan Kesehatan Indonesia*, 2(1), pp. 32–41.
- Arif, A. *et al.* (2020) 'Water pollution and industries', *Pure and Applied Biology*, 9, pp. 2214–2224. doi:10.19045/bspab.2020.90237.
- Basri, K. (2015) *Filosofi Cemaran Air*. Kupang: PTK Press.
- Bowen, H.J.M. (2018) *Soil pollution, Educ.Chem.* doi:10.5124/jkma.1998.41.10.1032.
- Ertiana, E. Della (2022) 'Dampak pencemaran udara terhadap kesehatan masyarakat: Literatur review', *Jurnal Ilmiah Permas: Jurnal Ilmiah STIKES Kendal*, 12(2), pp. 287–296.
- Geissen, V., Mol, H., Klumpp, E., Umlauf, G., Nadal, M., van der Ploeg, M., van de Zee, S.E.A.T.M. and & Ritsema, C.J. (2015) 'Emerging pollutants in the environment: A challenge for water resource management', *International Soil and Water Conservation Research*, pp. 57–65.
- Hill, M.K. (2010) *Understanding Environmental Pollution*. CAMBRIDGE UNIVERSITY PRESS.
- Huda, A.M., Husamah and Abdulkadir Rahardjanto (2019) *Etika Lingkungan*. Malang: UMM Press. Available at: https://books.google.co.id/books?id=t3zPqTnRjX0C&dq=wrong+diet+pills&source=gbs_navlinks_s.
- Izarul Machdar (2018) *Pengantar Pengendalian Pencemaran*. Y: deepublish. Available at: https://www.google.co.id/books/edition/Pengantar_Pengendalian_Pencemaran_Pencem/Y4hJDwAAQBAJ?hl=id&gbpv=1&dq=buku+pencemaran+tanah+pdf&printsec=frontcover.

- Jariwala, H.J. *et al.* (2017) 'Noise Pollution & Human Health: A Review', *Indoor and Built Environment*, (March), pp. 1-4. Available at: <https://www.researchgate.net/publication/319329633>.
- Kazi, T.G. *et al.* (2009) 'The correlation of arsenic levels in drinking water with the biological samples of skin disorders.', *The Science of the total environment*, 407(3), pp. 1019-1026. doi:10.1016/j.scitotenv.2008.10.013.
- Khan, S. *et al.* (2013) 'Drinking water quality and human health risk in Charsadda district, Pakistan', *Journal of Cleaner Production*, 60, pp. 93-101. doi:<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2012.02.016>.
- Lin, L., Yang, H. and Xu, X. (2022) 'Effects of Water Pollution on Human Health and Disease Heterogeneity: A Review', *Frontiers in Environmental Science*, 10(June). doi:10.3389/fenvs.2022.880246.
- Molina, L.T. and Gurjar, B.R. (2010) *Air Pollution, Health and Environmental Impacts, Air Pollution: Health and Environmental Impacts*. doi:10.1201/EBK1439809624.
- Muslimah, M. muslimah (2017) 'Dampak Pencemaran Tanah Dan Langkah Pencegahan', *Jurnal Penelitian Agrisamudra*, 2(1), pp. 11-20. doi:10.33059/jpas.v2i1.224.
- Mustafa (2022) 'Pencemaran Lingkungan', in Munandar, A. (ed.) *KESEHATAN LINGKUNGAN DAN LINGKUNGAN HIDUP*. CV Media Sains Indonesia, pp. 347-358.
- National Institute of Open Schooling (NIOS) (2020) 'Environmental pollution', in, pp. 164-184.
- NCERT (2022) 'Chapter 16 Environmental Issues', in. India.
- Owa, F.W. (2014) 'Water pollution : sources , effects , control and management', 3, pp. 1-6.

- Philander, S. (2012) 'Pollution, Water', *Encyclopedia of Global Warming and Climate Change* [Preprint], (August). doi:10.4135/9781412963893.n524.
- Pramendra, D. (2011) 'Environmental Noise Pollution Monitoring and Impacts On', 1(1), pp. 32–40.
- Preethi, P. Amrutha, Sravania, M, Sowmya, M Ashok Kumar P, Siva, P. Naga Siva, Manasa, G. (2016) 'Noise Pollution and its impact on human health and social Behavior using systems approach-a case study in Kurnool City', *Civil and Environmental Research*, 8(7), pp. 70–80–80.
- Republik Indonesia (2009) *Undang-undang No. 32 Tahun 2009 TENTANG PERLINDUNGAN DAN PENGELOLAAN LINGKUNGAN HIDUP*.
- Sarla, G.S. (2020) 'Air pollution : Health effects', *Scielo*, 37(1), pp. 33–38.
- Sastrawijaya, A.T. (2009) *Pencemaran Lingkungan*. Jakarta: PT Rineka Cipta.
- Sordello, R. *et al.* (2019) 'Evidence of the environmental impact of noise pollution on biodiversity: A systematic map protocol', *Environmental Evidence*, 8(1), pp. 1–7. doi:10.1186/s13750-019-0146-6.
- Sumampow, O.J. and Risjani, Y. (2018) *Indikator Pencemaran Lingkungan*. Penerbit Deepublish. Available at: https://www.google.co.id/books/edition/Indikator_Pencemaran_Lingkungan/j_1UDwAAQBAJ?hl=id&gbpv=1&dq=buku+pencemaran+tanah+pdf&printsec=frontcover.
- Sumantri, A. (2010) *Kesehatan Lingkungan*. Jakarta: Fajar Interpratama Mandiri.
- Tarazona J.V (2014) 'Pollution, Soil', pp. 1019–1023. Available at: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/B9780123864543005315>.

UKELA (2014) 'Water Pollution - Water Pollution Offences', pp. 30-43. Available at:
<http://www.environmentlaw.org.uk/rte.asp?id=110>.

BAB 13

SISTEM INFORMASI LINGKUNGAN

Salman, S.Si. M.Farm

A. Pendahuluan

Dalam era yang semakin dipenuhi dengan tantangan lingkungan, penting bagi kita untuk memahami dan mengelola lingkungan dengan bijaksana. Dalam rangka mencapai tujuan ini, Sistem Informasi Lingkungan (SIL) atau *Environmental Information System* (EIS) menjadi sebuah alat yang tak ternilai harganya. Bab ini akan mengenalkan membaca pada konsep sistem informasi lingkungan, menguraikan pentingnya sistem ini dalam upaya kita untuk melindungi dan melestarikan lingkungan, serta membahas manfaat dan fungsi-fungsi utama yang ditawarkannya.

Lingkungan alam merupakan aset tak ternilai bagi kehidupan di bumi. Namun, dengan pertumbuhan populasi manusia, urbanisasi, dan kegiatan industri, tantangan dalam menjaga keseimbangan ekosistem semakin kompleks. Dampak perubahan iklim, penurunan kualitas udara dan air, serta hilangnya keanekaragaman hayati menjadi ancaman serius bagi keberlanjutan planet ini.

Untuk menghadapi tantangan ini, diperlukan upaya kolektif dari pemerintah, lembaga lingkungan, masyarakat, dan pelaku industri. Upaya tersebut harus didasari oleh informasi yang tepat, akurat, dan terkini tentang kondisi lingkungan kita. Inilah peran sentral Sistem Informasi Lingkungan (Hastrup and Würtz, 2007; Preux, 2007; Li et al., 2021).

B. Apa itu Sistem Informasi Lingkungan?

Sistem Informasi Lingkungan atau *Environmental Information System* (EIS) adalah sebuah sistem informasi yang khusus dirancang untuk mengumpulkan, menyimpan, memproses, dan menyebarkan informasi terkait lingkungan. Sistem ini menjadi landasan bagi perencanaan lingkungan, pemantauan, dan pembuatan kebijakan yang berhubungan dengan kelestarian alam dan sumber daya alam (Www.ctc-n.org, 2023).

Dengan adanya sistem informasi lingkungan, data tentang kualitas udara, air, keanekaragaman hayati, perubahan iklim, serta berbagai parameter lingkungan lainnya dapat diakses dengan mudah dan disajikan dalam bentuk yang dapat dimengerti oleh berbagai pemangku kepentingan, termasuk para pengambil keputusan, ilmuwan, dan masyarakat umum.

Dalam era informasi yang semakin maju, Sistem Informasi Lingkungan telah menjadi kunci dalam upaya pelestarian dan pengelolaan lingkungan. Sistem Informasi Lingkungan adalah sebuah sistem informasi yang terintegrasi, dirancang khusus untuk mengumpulkan, mengelola, menganalisis, dan menyebarkan data terkait lingkungan secara efisien. Sistem ini menggabungkan teknologi informasi, analisis data, dan pemodelan lingkungan untuk memberikan pemahaman yang lebih baik tentang kondisi lingkungan kita.

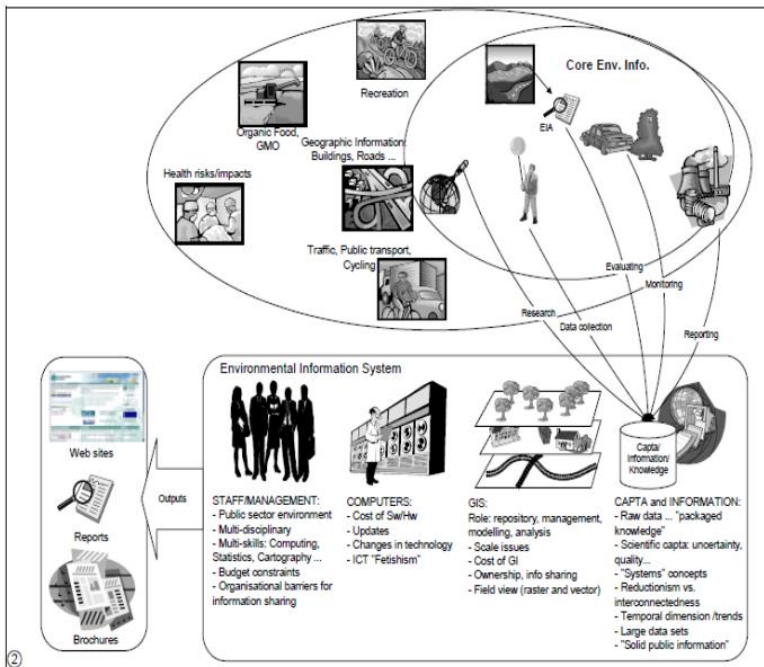
Tujuan utama dari Sistem Informasi Lingkungan adalah memberikan dukungan yang kuat bagi pengambilan keputusan yang berhubungan dengan lingkungan. Sistem ini menyediakan data yang relevan dan akurat kepada para pemangku kepentingan, termasuk pemerintah, lembaga lingkungan, ilmuwan, pelaku industri, dan masyarakat umum. Dengan informasi yang tepat dan terkini, diharapkan kebijakan lingkungan yang diambil akan menjadi lebih efektif dan berkelanjutan (Fowler and Pitts, 2007; Haastrup and Würtz, 2007; Preux, 2007; Www.ctc-n.org, 2023).

C. Komponen Sistem Informasi Lingkungan

Sistem Informasi Lingkungan terdiri dari beberapa komponen yang saling terkait dan berkontribusi pada kinerja sistem secara keseluruhan (Argent and Grayson, 2001; Li *et al.*, 2021):

1. **Data Collection** (Pengumpulan Data): Sistem Informasi Lingkungan mengumpulkan data lingkungan dari berbagai sumber, termasuk perangkat pemantauan otomatis, sensor jaringan, sistem penginderaan jauh (remote sensing), dan basis data sumber eksternal. Data tersebut meliputi informasi tentang iklim, cuaca, kualitas air, udara, dan tanah, serta keanekaragaman hayati (Argent and Grayson, 2001).
2. **Data Storage and Management** (Penyimpanan dan Pengelolaan Data): Data yang telah terkumpul disimpan dalam database yang terstruktur dan aman. Pengelolaan data yang efisien memastikan integritas dan ketersediaan data secara berkelanjutan (Argent and Grayson, 2001).
3. **Data Processing and Analysis** (Pengolahan dan Analisis Data): Sistem Informasi Lingkungan memproses data mentah menjadi informasi yang berguna melalui berbagai teknik analisis, termasuk analisis statistik, pemodelan, dan pemetaan (Argent and Grayson, 2001).
4. **Data Visualization** (Visualisasi Data): Sistem ini menyajikan hasil analisis dalam bentuk grafis yang mudah dipahami, seperti peta, grafik, dan diagram. Visualisasi data memudahkan para pengguna untuk melihat pola, tren, dan anomali.
5. **GIS Integration** (Integrasi GIS): Beberapa Sistem Informasi Lingkungan mengintegrasikan Geographic Information System (GIS) untuk menyajikan data lingkungan dalam konteks spasial. Ini memungkinkan identifikasi pola geografis dan hubungan antara data lingkungan dengan fitur-fitur geografis tertentu (Vadoudi, Troussier and Zhu, 2014; Li *et al.*, 2021).
6. **Reporting and Communication** (Pelaporan dan Komunikasi): Sistem Informasi Lingkungan memfasilitasi pembuatan

laporan dan berbagi informasi dengan pemangku kepentingan melalui berbagai saluran komunikasi.



Gambar 13.1. Komponen dari Sistem Informasi Lingkungan (Cioruța and Coman, 2012).

Manfaat Sistem Informasi Lingkungan

Penggunaan Sistem Informasi Lingkungan memberikan sejumlah manfaat, antara lain:

1. Meningkatkan pemahaman tentang kondisi lingkungan dan ancaman yang dihadapinya.
2. Mendukung perencanaan lingkungan dan pengambilan kebijakan yang berdasarkan data.
3. Memfasilitasi pemantauan lingkungan secara real-time untuk tanggap cepat terhadap perubahan.
4. Mendukung identifikasi dan mitigasi dampak lingkungan dari proyek atau kegiatan manusia.
5. Meningkatkan partisipasi masyarakat dalam isu-isu lingkungan melalui akses informasi yang mudah.

6. Memungkinkan penilaian jangka panjang terhadap keberhasilan program perlindungan lingkungan.

Dengan kemampuannya dalam mengintegrasikan data dan menyediakan informasi yang berharga, Sistem Informasi Lingkungan menjadi alat yang vital dalam upaya kita untuk melestarikan lingkungan dan mencapai keberlanjutan lingkungan hidup.

D. Manfaat dan Pentingnya Sistem Informasi Lingkungan

Sistem Informasi Lingkungan memiliki peran yang sangat penting dalam upaya pelestarian dan pengelolaan lingkungan hidup. Sistem ini memberikan sejumlah manfaat dan pentingnya dapat dirasakan oleh berbagai pemangku kepentingan. Berikut adalah beberapa manfaat dan pentingnya Sistem Informasi Lingkungan :

1. Mendukung Pengambilan Keputusan Berbasis Data

Salah satu manfaat utama Sistem Informasi Lingkungan adalah menyediakan data lingkungan yang akurat dan terkini kepada para pengambil keputusan. Data-data ini menjadi landasan yang kuat bagi pembuatan kebijakan dan perencanaan lingkungan. Dengan informasi yang faktual dan berbasis data, keputusan yang diambil cenderung lebih tepat sasaran dan berdampak positif bagi lingkungan (Cioruța and Coman, 2012).

2. Memfasilitasi Pemantauan Lingkungan secara Real-time

Sistem Informasi Lingkungan memungkinkan pemantauan lingkungan secara *real-time* atau waktu nyata. Data yang diperoleh dari perangkat pemantauan otomatis, sensor, dan sistem penginderaan jauh disajikan dalam bentuk yang cepat dan langsung dapat diakses. Hal ini memungkinkan tanggapan cepat terhadap perubahan lingkungan yang mungkin memerlukan intervensi mendesak (Cioruța and Coman, 2012).

3. Identifikasi dan Mitigasi Dampak Lingkungan

Dalam rangka pembangunan dan pelaksanaan proyek, Sistem Informasi Lingkungan berperan penting dalam mengidentifikasi potensi dampak lingkungan yang dapat ditimbulkan. Dengan data yang lengkap dan analisis yang akurat, sistem ini membantu merumuskan strategi mitigasi untuk mengurangi dampak negatif dan meningkatkan efek positif pada lingkungan (Cioruța and Coman, 2012).

4. Meningkatkan Partisipasi Masyarakat

Sistem Informasi Lingkungan berkontribusi pada transparansi informasi dan memungkinkan partisipasi lebih luas dari masyarakat dalam isu-isu lingkungan. Dengan akses yang mudah ke data lingkungan dan informasi terkait, masyarakat dapat terlibat aktif dalam mendukung kebijakan dan tindakan yang berkelanjutan.

5. Mendukung Riset dan Pengembangan

Sistem Informasi Lingkungan menyediakan platform yang berharga bagi para peneliti dan ilmuwan untuk mengakses data lingkungan yang diperlukan dalam riset dan pengembangan. Data-data ini memungkinkan penelitian lanjutan tentang perubahan lingkungan dan dampak kegiatan manusia.

6. Pemantauan Jangka Panjang

Dengan kemampuan untuk mengumpulkan data secara terus-menerus, Sistem Informasi Lingkungan memungkinkan pemantauan jangka panjang terhadap perubahan lingkungan. Data historis yang terkumpul membantu dalam menilai keberhasilan program dan kebijakan lingkungan serta mengidentifikasi tren dan pola yang relevan (Macarthur, 2002).

7. Melindungi Keanekaragaman Hayati

Sistem Informasi Lingkungan berperan penting dalam menjaga keanekaragaman hayati dan habitat alam. Dengan memonitor spesies-spesies tertentu dan kondisi lingkungan mereka, Sistem Informasi Lingkungan membantu dalam

penilaian status konservasi dan langkah-langkah yang diperlukan untuk melestarikan biodiversitas (Macarthur, 2002).

8. Adaptasi terhadap Perubahan Iklim

Dalam menghadapi perubahan iklim global, Sistem Informasi Lingkungan menjadi alat vital dalam mengidentifikasi dan memahami dampaknya terhadap lingkungan. Data-data yang diperoleh membantu dalam mengembangkan strategi adaptasi yang efektif untuk menghadapi tantangan iklim.

E. Fungsi Utama Environmental Information System

Sistem Informasi Lingkungan memiliki beberapa fungsi utama yang mendukung pengumpulan, pengelolaan, analisis, dan distribusi informasi terkait lingkungan. Fungsi-fungsi ini membentuk fondasi kuat bagi sistem ini dalam memberikan dukungan yang berharga bagi pelestarian dan pengelolaan lingkungan. Berikut adalah beberapa fungsi utama Sistem Informasi Lingkungan:

1. Pengumpulan Data (*Data Collection*)

Fungsi utama Sistem Informasi Lingkungan adalah mengumpulkan data lingkungan dari berbagai sumber. Data ini bisa berasal dari perangkat pemantauan otomatis, sensor jaringan, stasiun cuaca, sistem penginderaan jauh, dan berbagai basis data sumber eksternal. Data yang dikumpulkan mencakup berbagai parameter lingkungan, seperti kualitas udara, kualitas air, iklim, keanekaragaman hayati, dan lain-lain. Pengumpulan data ini dilakukan secara terus-menerus untuk mendapatkan pemahaman yang komprehensif tentang kondisi lingkungan (Cioruța and Coman, 2012).

2. Penyimpanan dan Pengelolaan Data (*Data Storage and Management*)

Setelah data terkumpul, Sistem Informasi Lingkungan menyimpan dan mengelolanya dalam database yang

terstruktur dan aman. Pengelolaan data yang efisien memastikan integritas, ketersediaan, dan keamanan data. Sistem ini memungkinkan pengguna untuk dengan mudah mengakses data yang diperlukan untuk keperluan analisis dan pembuatan keputusan.

3. Pengolahan dan Analisis Data (*Data Processing and Analysis*)

Fungsi ini berfokus pada pengolahan dan analisis data mentah menjadi informasi yang lebih bermakna. Sistem Informasi Lingkungan menggunakan berbagai teknik analisis, termasuk analisis statistik dan pemodelan, untuk mengidentifikasi pola, tren, dan anomali dalam data. Proses analisis ini membantu para pengguna untuk memahami perubahan lingkungan dan potensi dampak kegiatan manusia (Macarthur, 2002).

4. Visualisasi Data (*Data Visualization*)

Data yang telah diolah dan dianalisis disajikan dalam bentuk visual yang mudah dipahami, seperti peta, grafik, dan diagram. Visualisasi data mempermudah para pengguna dalam memahami dan menginterpretasikan informasi kompleks tentang lingkungan. Grafis yang menarik dan informatif memungkinkan para pengambil keputusan dan masyarakat umum untuk lebih mudah mengenali pola dan tren lingkungan.

5. Integrasi GIS (*GIS Integration*)

Beberapa Sistem Informasi Lingkungan mengintegrasikan *Geographic Information System* (GIS) untuk menyajikan data lingkungan dalam konteks spasial. Integrasi GIS memungkinkan pemetaan data lingkungan dan analisis spasial yang lebih mendalam. Pengguna dapat melihat hubungan antara data lingkungan dengan fitur geografis tertentu, seperti sungai, hutan, atau wilayah perkotaan (Macarthur, 2002; Cioruța and Coman, 2012).

6. Pelaporan dan Komunikasi (*Reporting and Communication*)

Sistem Informasi Lingkungan memfasilitasi pembuatan laporan dan berbagi informasi dengan pemangku kepentingan. Laporan ini dapat berbentuk dokumen tertulis, presentasi, atau platform daring yang interaktif. Sistem ini berperan penting dalam mengkomunikasikan informasi lingkungan kepada para pengambil keputusan, masyarakat, dan pihak-pihak terkait lainnya.

7. Prediksi dan Pemodelan (*Prediction and Modeling*)

Beberapa Sistem Informasi Lingkungan memiliki kemampuan prediksi dan pemodelan lingkungan. Dengan menggunakan data historis, sistem ini dapat meramalkan perkembangan lingkungan di masa depan. Prediksi dan pemodelan ini membantu para pengambil keputusan dalam merencanakan langkah-langkah berkelanjutan dan beradaptasi dengan perubahan lingkungan yang dapat diantisipasi.

Dengan menyediakan fungsi-fungsi utama ini, Sistem Informasi Lingkungan menjadi alat yang kuat dan efektif dalam mendukung upaya kita untuk menjaga dan melindungi lingkungan hidup. Sistem ini memainkan peran penting dalam mendukung kebijakan lingkungan yang berdasarkan data, transparansi informasi, dan partisipasi masyarakat dalam menjaga keberlanjutan bumi.

Contoh Sistem Informasi Lingkungan *Open Source*

Ada beberapa contoh Sistem Informasi Lingkungan baik yang berbayar maupun *open source* yang tersedia untuk digunakan secara gratis dan dapat dikembangkan oleh komunitas pengguna. Berikut adalah beberapa contoh Sistem Informasi Lingkungan:

1. **Spatineo Impact:** Spatineo Impact adalah platform *open source* untuk analisis dampak dan manfaat lingkungan. Sistem ini memungkinkan pengguna untuk memantau dan menganalisis dampak lingkungan dari berbagai kegiatan,

proyek, atau perubahan. Spatineo Impact dikembangkan oleh Spatineo, perusahaan yang fokus pada pengelolaan data spasial. Proyek ini di danaikan oleh European Commission's Connecting Europe Facility (CEF) Telecom Work Programme CEF-TC-2019-2: Public Open Data. Dan beberapa anggota konsorsium lainnya seperti, Latvian Institute of Aquatic Ecology (LHEI), Finnish Environment Institute (SYKE), Swedish Meteorological and Hydrological Institute (SMHI), International Council for the Exploration of the Sea (ICES) and Stockholm University (SU). Proyek ini dimulai pada Oktober 2020 dan berakhir pada September 2023 (Spatineo, 2023).

2. **REP-SAHEL project (Sahara and Sahel Observatory):** Proyek ini dibentuk untuk merespons tantangan yang timbul akibat berkurangnya keanekaragaman hayati, degradasi lahan, dan akibat negatif dari perubahan iklim, Observatorium Sahara dan Sahel telah meluncurkan serta menjalankan proyek REP-Sahel. Tujuan proyek ini adalah untuk memonitor dan mengevaluasi perubahan dinamika kerentanan, serta strategi adaptasi yang diterapkan oleh masyarakat yang terdampak dan sumber daya alam di wilayah tersebut. Proyek ini dilaksanakan di negara-negara seperti Burkina Faso, Mali, Mauritania, Niger, Nigeria, Senegal, dan Chad. Sistem pemantauan lingkungan telah dikembangkan melalui pendekatan bertahap, dengan menggunakan kerangka kerja Drivers-Pressure-State-Impact-Response (DPSIR) (Www.ctc-n.org, 2023).
3. **Environmental Protection Agencies' Climate Change Adaptation Resource Center (ARC-X):** Badan Perlindungan Lingkungan (EPA) Amerika Serikat sedang mengambil langkah-langkah rasional untuk menghadapi tantangan perubahan iklim. Salah satu dari berbagai tujuannya adalah memberikan informasi kepada khalayak umum mengenai perubahan iklim, akibatnya, dampaknya, dan cara-cara beradaptasi. EPA menjalin kerja sama dengan lebih dari 40 pihak yang berkontribusi dalam penyediaan data, berasal

dari berbagai lembaga pemerintah, institusi akademik, dan organisasi lainnya, untuk menyusun sekumpulan indikator penting yang berkaitan dengan penyebab dan dampak perubahan iklim. Indikator-indikator tersebut dipublikasikan dalam laporan EPA berjudul "Indikator Perubahan Iklim di Amerika Serikat," yang dapat diakses melalui situs web dan juga dalam bentuk cetak. Rincian yang sangat bermacam mengenai indikator-indikator dan metode pengumpulannya tersedia untuk umum.

4. **European Shared Environmental Information System (SEIS):** Proyek ini menjadi contoh untuk menggambarkan penerapan Sistem Informasi Lingkungan Bersama yang diterapkan untuk seluruh Eropa, proyek ini diperkenalkan pada bulan Januari 2013 dengan tujuan untuk meningkatkan penghimpunan, pertukaran, serta pemanfaatan data dan informasi terkait lingkungan. Misi utamanya adalah untuk mengembangkan suatu platform informasi lingkungan yang lebih unggul di Eropa, berdasarkan kerja sama antara pihak-pihak yang menyediakan informasi publik tentang lingkungan dan berbagi data dan informasi tersebut. Dalam rangka mencapai tujuan ini, sistem dan proses yang sudah ada akan diremajakan, disederhanakan, dan modernisasi, termasuk implementasi melalui platform web. Keseluruhan konsep yang diusung adalah sistem yang memiliki struktur terdesentralisasi dan terintegrasi. Akibatnya, hal ini akan meningkatkan mutu, ketersediaan, kemudahan akses, dan pemahaman terhadap informasi yang ada. Konsep terdesentralisasi tetapi terintegrasi mengindikasikan bahwa informasi dikumpulkan di setiap negara atau wilayah, lalu disatukan dalam suatu sistem online yang terintegrasi, sehingga dapat diakses oleh beragam pengguna dengan kebutuhan yang berbeda.
5. **Food and Agriculture Organisation GeoNetwork Delta Alliance:** Platform GeoNetwork Food and Agriculture Organisation (FAO) menyajikan akses ke peta interaktif, gambar satelit, serta basis data spasial yang terhubung

dengan FAO dan rekan-rekannya. Banyak lembaga, negara, dan daerah telah berhasil mengadopsi sistem SDI (Infrastruktur Data Spasial) untuk tujuan hosting dan berbagi data, contohnya Georegistry Nasional Belanda, geodata Swiss, Institut Geografi dan Statistik Brasil, IDE-SP (SDI negara bagian Sao Paulo), FAO, INSPIRE, dan lainnya. Pada saat ini, proyek ini diakui sebagai fondasi utama Infrastruktur Data Spasial secara global. FAO GeoNetwork memungkinkan kolaboratif dalam berbagi data spasial, termasuk data dari gambar satelit, di antara berbagai entitas organisasi dan pengguna. Melalui penggabungan berbagai lapisan informasi pengambil keputusan dan perencanaan, keputusan yang lebih optimal dapat dibuat untuk mengembangkan sistem tanah dan air yang berkelanjutan. Serangkaian data utama FAO termasuk bidang Pertanian dan Peternakan, Iklim dan Agroklimatologi, Perikanan, Kehutanan, Hidrologi dan Sumber Daya Air, Penggunaan Lahan dan Tutupan Lahan, Indikator Populasi dan Sosio-ekonomi, serta Sumber Daya Tanah dan Tanah. Dengan berbagi data FAO (dan mitra), portal ini berkontribusi pada pengambilan keputusan di bidang pertanian, kehutanan, perikanan, dan ketahanan pangan. FAO bertanggung jawab atas pendanaan tahap awal pembangunan GeoNetwork. Melalui berbagi data FAO (dan mitra), portal ini menjadi pilar dalam pengambilan keputusan di bidang pertanian, kehutanan, perikanan, dan ketahanan pangan. FAO memberikan pendanaan awal dalam pembangunan GeoNetwork. Dengan membagikan data FAO (dan mitra), portal ini menjadi alat penting dalam pengambilan keputusan di bidang pertanian, kehutanan, perikanan, dan ketahanan pangan. Pendanaan awal pengembangan GeoNetwork dilakukan oleh FAO.

6. **GeoNode:** GeoNode adalah platform *open source* yang berfokus pada pengelolaan dan berbagi data geospasial. Dengan GeoNode, pengguna dapat menyimpan, mengelola, dan mempublikasikan data lingkungan, termasuk peta, citra

satelit, dan informasi lainnya. GeoNode dirancang untuk mendorong kolaborasi dan partisipasi masyarakat dalam pengelolaan data geospasial.

7. **OpenForis:** OpenForis adalah rangkaian perangkat lunak *open source* yang ditujukan untuk survei lingkungan dan pemantauan alam. Dengan OpenForis, pengguna dapat merancang dan mengimplementasikan survei lapangan, mengumpulkan data terkait keanekaragaman hayati, dan menganalisis hasil survei. Proyek ini dikembangkan oleh Food and Agriculture Organization (FAO) dari Perserikatan Bangsa-Bangsa.
8. **Sensors.AFRICA:** Sensors.AFRICA adalah proyek *open source* yang memungkinkan pengumpulan data lingkungan secara crowdsourcing menggunakan sensor-sensor yang terhubung dengan ponsel pintar. Data yang dikumpulkan meliputi informasi tentang kualitas udara, kualitas air, suhu, kebisingan, dan lainnya. Proyek ini bertujuan untuk meningkatkan kesadaran dan partisipasi masyarakat dalam pemantauan lingkungan.
9. **EnviroCar:** EnviroCar adalah platform *open source* yang dikembangkan untuk memantau dan menganalisis data kendaraan berbasis sensor. Pengguna dapat mengumpulkan data tentang emisi kendaraan, konsumsi bahan bakar, dan polusi udara menggunakan perangkat di mobil mereka. Data ini dapat memberikan wawasan tentang dampak lingkungan dari lalu lintas dan mobilitas.
10. **Open Data Kit (ODK):** Open Data Kit adalah platform *open source* yang dirancang untuk pengumpulan data lapangan menggunakan perangkat mobile. Meskipun bukan khusus untuk lingkungan, ODK dapat digunakan untuk survei lapangan tentang kualitas air, kondisi lahan, dan banyak variabel lingkungan lainnya. ODK menyediakan alat untuk merancang survei, mengumpulkan data, dan menganalisis hasilnya.

Penting untuk diingat bahwa beberapa proyek *open source* mungkin memerlukan keterampilan teknis untuk menginstal, mengkonfigurasi, dan mengoperasikan sistem tersebut. Namun, Sistem Informasi Lingkungan *open source* ini menawarkan kesempatan bagi komunitas pengguna untuk berkontribusi, mengembangkan, dan menyesuaikan sistem sesuai dengan kebutuhan lokal dan kepentingan lingkungan yang lebih luas.

Contoh Sistem Informasi Lingkungan untuk rumah sakit

Untuk rumah sakit, ada beberapa contoh Sistem Informasi Lingkungan yang dapat digunakan untuk memantau dan mengelola lingkungan di dalam dan sekitar fasilitas kesehatan. Sistem Informasi Lingkungan ini membantu rumah sakit dalam memastikan kebersihan, keamanan, dan kenyamanan bagi pasien, staf, dan pengunjung. Berikut adalah beberapa contoh Sistem Informasi Lingkungan untuk rumah sakit:

Hospital Environmental Monitoring System (HEMS):

HEMS adalah sistem informasi lingkungan khusus untuk rumah sakit. Sistem ini biasanya mencakup pemantauan dan pengelolaan aspek-aspek lingkungan yang kritis, seperti kualitas udara dalam ruangan, suhu dan kelembaban, tingkat kebisingan, dan kualitas air. HEMS juga dapat mencakup pemantauan kualitas air limbah dan limbah medis yang dihasilkan oleh rumah sakit.

Energy Management System (EMS):

EMS adalah sistem informasi yang dirancang khusus untuk mengelola konsumsi energi di rumah sakit. Sistem ini memantau penggunaan listrik, gas, dan air untuk mengidentifikasi pola dan tren konsumsi energi. Dengan EMS, rumah sakit dapat mengoptimalkan penggunaan energi, mengurangi biaya operasional, dan mengurangi dampak lingkungan dari konsumsi energi.

Waste Management System:

Sistem Pengelolaan Limbah adalah Sistem Informasi Lingkungan yang membantu rumah sakit dalam memantau dan

mengelola limbah medis dan limbah non-medis yang dihasilkan oleh fasilitas kesehatan. Sistem ini membantu dalam merencanakan dan melacak proses pengelolaan limbah, termasuk pengumpulan, pemrosesan, dan pembuangan yang aman.

Indoor Air Quality Monitoring System (IAQMS):

AQMS adalah sistem pemantauan kualitas udara dalam ruangan di rumah sakit. Sistem ini memantau parameter seperti partikel PM_{2.5} dan PM₁₀, kadar karbon dioksida (CO₂), kelembaban, dan polutan udara lainnya. Dengan IAQMS, rumah sakit dapat memastikan bahwa kualitas udara di ruang perawatan dan area publik tetap baik untuk kesehatan pasien dan staf.

Water Quality Monitoring System:

Sistem Pemantauan Kualitas Air adalah Sistem Informasi Lingkungan yang digunakan untuk memantau dan mengelola kualitas air yang digunakan di rumah sakit. Ini termasuk air untuk minum, air untuk proses medis, dan air lainnya. Sistem ini memantau parameter seperti pH, klorin, bakteri, dan kontaminan lainnya untuk memastikan air aman dan sesuai standar kesehatan.

Green Building Management System:

Green Building Management System adalah Sistem Informasi Lingkungan yang digunakan untuk mengelola infrastruktur bangunan hijau di rumah sakit. Sistem ini mencakup penggunaan teknologi ramah lingkungan, energi terbarukan, pemanfaatan cahaya alami, dan desain bangunan yang berkelanjutan. *Green Building Management System* membantu rumah sakit dalam mencapai sertifikasi bangunan hijau dan mengurangi dampak lingkungan.

Penting untuk memilih Sistem Informasi Lingkungan yang sesuai dengan kebutuhan dan ukuran rumah sakit. Dengan menggunakan Sistem Informasi Lingkungan, rumah sakit dapat meningkatkan efisiensi operasional, mengurangi dampak

lingkungan, dan memberikan lingkungan yang sehat dan aman bagi pasien, staf, dan pengunjung.

Contoh Sistem Informasi Lingkungan untuk Industri

Sistem Informasi Lingkungan juga memiliki peran penting dalam industri untuk mengelola dan memantau dampak lingkungan dari kegiatan industri. Sistem Informasi Lingkungan membantu perusahaan dalam mematuhi peraturan lingkungan, mengidentifikasi potensi risiko lingkungan, dan meningkatkan efisiensi operasional dengan pendekatan berkelanjutan. Berikut adalah beberapa contoh Sistem Informasi Lingkungan untuk industri:

Environmental Compliance Management System:

Sistem ini membantu industri dalam mematuhi peraturan lingkungan yang berlaku, termasuk izin lingkungan dan peraturan tentang emisi, limbah, dan air limbah. Sistem ini memantau dan melacak pencapaian standar regulasi serta mengelola laporan dan dokumen yang diperlukan untuk kepatuhan.

Environmental Impact Assessment System (EIA):

EIA System membantu industri dalam melakukan penilaian dampak lingkungan sebelum memulai proyek baru. Sistem ini menganalisis konsekuensi lingkungan dari proyek dan memberikan informasi penting bagi pengambil keputusan tentang langkah-langkah mitigasi yang diperlukan untuk mengurangi dampak negatif.

Energy and Resource Management System:

Sistem ini membantu industri dalam memantau dan mengelola konsumsi energi dan sumber daya alam seperti air, bahan bakar, dan bahan baku. Dengan Sistem Informasi Lingkungan ini, perusahaan dapat mengidentifikasi peluang untuk mengurangi konsumsi energi dan sumber daya, meningkatkan efisiensi, dan mengurangi dampak lingkungan.

Waste Management System:

Sistem ini membantu industri dalam mengelola limbah yang dihasilkan oleh proses produksi. Sistem Informasi Lingkungan ini mencatat dan melacak jenis, jumlah, dan tata kelola limbah secara keseluruhan, termasuk upaya untuk daur ulang, mendaur ulang, atau meminimalkan limbah yang dihasilkan.

Greenhouse Gas (GHG) Emission Tracking System:

Sistem ini memungkinkan industri untuk melacak dan melaporkan emisi gas rumah kaca yang dihasilkan oleh kegiatan operasional mereka. Sistem Informasi Lingkungan ini membantu dalam memantau kinerja lingkungan perusahaan terkait dengan target pengurangan emisi dan komitmen berkelanjutan.

Environmental Monitoring and Reporting System:

Sistem ini mencakup pemantauan lingkungan secara umum. Dengan Sistem Informasi Lingkungan ini, industri dapat memantau parameter lingkungan seperti kualitas udara, kualitas air, kualitas tanah, dan keanekaragaman hayati. Sistem ini juga berfungsi untuk melacak tren dan pola lingkungan dari waktu ke waktu.

Supply Chain Environmental Management System:

Sistem ini membantu industri dalam memantau dampak lingkungan dari rantai pasokan mereka. Sistem Informasi Lingkungan ini mencakup aspek lingkungan dari pemasok, pengangkutan, dan proses produksi, sehingga perusahaan dapat mengidentifikasi sumber daya yang paling efisien dan berkelanjutan.

Penggunaan Sistem Informasi Lingkungan dalam industri membantu perusahaan dalam menghadapi tantangan lingkungan dengan lebih efektif dan berkelanjutan. Dengan memantau, menganalisis, dan mengelola data lingkungan, perusahaan dapat mengidentifikasi peluang untuk meningkatkan kinerja lingkungan mereka dan berkontribusi pada pelestarian lingkungan secara keseluruhan.

DAFTAR PUSTAKA

- Argent, R. M. and Grayson, R. B. (2001) 'Design of information systems for environmental managers: an example using interface prototyping', *Environmental Modelling & Software*, 16(5), pp. 433-438. doi: [https://doi.org/10.1016/S1364-8152\(01\)00013-5](https://doi.org/10.1016/S1364-8152(01)00013-5).
- Cioruța, B.-V. and Coman, M. (2012) 'Environmental Informatics - solutions and emerging challenges in environmental protection', 57, pp. 17-30.
- Fowler, J. and Pitts, G. (2007) 'Chapter 4 - Agent-Based Concepts For Environmental Data', in Haastrup, P. and Würtz, J. B. T.-E. D. E. N. for I. W. (eds). Amsterdam: Elsevier, pp. 39-49. doi: <https://doi.org/10.1016/B978-044452973-2/50007-5>.
- Haastrup, P and Würtz, J. (2007) 'Chapter 1 - Environmental Data Exchange for Inland Water', in Haastrup, Palle and Würtz, J. B. T.-E. D. E. N. for I. W. (eds). Amsterdam: Elsevier, pp. 3-16. doi: <https://doi.org/10.1016/B978-044452973-2/50004-X>.
- Li, J. *et al.* (2021) 'Spatializing environmental footprint by integrating geographic information system into life cycle assessment: A review and practice recommendations', *Journal of Cleaner Production*, 323, p. 129113. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.129113>.
- Macarthur, R. (2002) 'Chapter 6 - Geographic information systems and their use for environmental monitoring', in Artiola, J. F., Pepper, I. L., and Brusseau, M. L. B. T.-E. M. and C. (eds). Burlington: Academic Press, pp. 85-100. doi: <https://doi.org/10.1016/B978-012064477-3/50008-4>.
- Preux, D. (2007) 'Chapter 2 - An Example of a Data Exchange Network: The French System for Water Data', in Haastrup, P. and Würtz, J. B. T.-E. D. E. N. for I. W. (eds). Amsterdam: Elsevier, pp. 17-27. doi: <https://doi.org/10.1016/B978-044452973-2/50005-1>.

- Spatineo (2023) *More impact from service-based data sharing within the Baltic*, Spatineo. Available at: <https://www.spatineo.com/more-impact-from-service-based-data-sharing-within-the-baltic/> (Accessed: 19 August 2023).
- Vadoudi, K., Troussier, N. and Zhu, T. W. (2014) 'Toward sustainable manufacturing through PLM, GIS and LCA interaction', in *2014 International Conference on Engineering, Technology and Innovation (ICE)*, pp. 1–7. doi: 10.1109/ICE.2014.6871545.
- Www.ctc-n.org (2023) *Environmental Information Systems*, www.ctc-n.org. Available at: <https://www.ctc-n.org/technologies/environmental-information-systems> (Accessed: 19 August 2023).

TENTANG PENULIS



Lahir di Sekura, Kabupaten Sambas, Prov. Kalimantan Barat, 24 Agustus 1969, adalah anak pertama dari pasangan Bachtiar (ayah) dan Rasiah (ibu). Jenjang Pendidikan S1 Teknik Lingkungan ditempuh di Universitas Diponegoro, Kota Semarang lulus tahun 2003. Pendidikan S2 Pengelolaan Sumber daya Alam dan Lingkungan (PSL), lulus tahun 2010 di Institut Pertanian Bogor. Saat ini sebagai dosen aktif di Politeknik Kesehatan Kemenkes Pontianak. Beberapa buku yang sudah di terbitkan diantaranya; **1). *Teknologi Pengolahan Air Minum***, tahun terbit: 2011, ISBN: 978-602-9018-24-0, Penerbit: Gosyen Publishing Yogyakarta, **2).*Dasar-Dasar Teknologi Pengolahan Air Limbah***, Tahun Terbit: 2012, ISBN: 978-602-9018-38-7, Penerbit: Gosyen Publishing, Yogyakarta, **3). *Pengelolaan Limbah Medis Rumah Sakit***, Tahun Terbit: 2013 ISBN: 978-602-9018-69-1 Penerbit: Gosyen Publishing Yogyakarta; **4).*Kesehatan Lingkungan***, tahun terbit 2023 ISBN: 978-623-487-741-0 Penerbit: Eureka Media Aksara Purbalingga, **5). *Higiene Sanitasi Dan Keselamatan Kerja***, tahun terbit 2023 ISBN: 978-623-487972-8 Penerbit: Eureka Media Aksara Purbalingga, **6). *Manajemen Limbah***, tahun terbit 2023 ISBN: 978-623-90200-9-5 Penerbit: Cendekia Global Mandiri, **7). *Penyakit Bersumber Lingkungan***, tahun terbit 2023 ISBN: 978-

623-487-996-4 Penerbit: Eureka Media
Aksara Purbalingga,
Email: asmadi.griyahusada@gmail.com
HP/WA: 081256672766



apt. Irman Idrus, S.Farm., M.Kes.

Lahir di Ambon, 11 April 1983, besar di Watampone Kabupaten Bone. Lahir dari pasangan Idrus dan St Aisyah. Menjadi mahasiswa di Jurusan Farmasi Universitas Indonesia Timur Makassar (2016). Gelar Magister diperolehnya dari Program Studi Kesehatan Masyarakat Konsentrasi Kesehatan Lingkungan Universitas Indonesia Timur Makassar (2013). Gelar Apoteker (apt) di peroleh di Prodi PSPA Universitas Mega Rezky Makassar (2023) dan bulan Sepetember tahun 2023, akan menempuh pendidikan S2 Farmasi dibidang farmasi sains. Saat ini puluh tengah enyelsaikan tugas akhir disertasi (Cand. Doktor) bidang Ilmu Pertanian Konsentrasi Manajemen Pengelolaan Pesisir dan Kelautan Pascasarjana Unversitas Halu Oleo (2019-sekarang). Sehari-hari menjadi dosen Program Studi S1 Farmasi dan menjabat sebagai ketua LPPM STIKes Pelita Ibu. email : irmanidrus80@gmail.com dan HP 082189450827



Bambang Supriyanta, S.Si., M.Sc. lahir di Yogyakarta, pada 10 April 1962, dengan pendidikan terakhir S2 Ilmu Kedokteran Tropis (Konsentrasi Imunologi dan Biologi Molekuler), Fakultas Kedokteran, Kesehatan Masyarakat dan Keperawatan (FK-KMK) Universitas Gadjah Mada, merupakan putra dari pasangan Soemardi (ayah) dan Sri Sumiyatun (Ibu), aktif mengajar di Poltekkes Kemenkes Yogyakarta sejak tahun 1984 sampai sekarang. Beberapa penelitian telah dilakukan dengan mendapatkan skema pendanaan antara lain Penelitian Pemula, Penelitian Dasar Unggulan Perguruan Tinggi



Indra Purnama Iqbah, S.Pd., M.Sc., lahir di Kendari, pada 31 Oktober 1991. Lulus S1 Program Studi Kimia Di Universitas Halu Oleo, Kendari pada tahun 2013. Lulus S2 pada Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Program Studi Ilmu Kimia, Minat Kimia Lingkungan di Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta pada tahun 2014. Sejak Oktober 2019, bekerja sebagai dosen di Universitas Mandala Waluya di Kota Kendari. Telah juga berkecimpung sebagai konsultan lingkungan sejak tahun 2018. Training yang pernah diikuti adalah sebagai petugas pengambilan contoh uji air (PCUA) oleh BNPB dan Teknik Pengambilan Sampel oleh BBTPKLPP Yogyakarta



Sufiah Asri Mulyawati, S.Si., M.Kes., lahir di Kendari, pada 26 Juni 1983. Ia tercatat sebagai lulusan Ilmu Biomedik konsentrasi Mikrobiologi, Fakultas Kedokteran, Universitas Hasanuddin. Wanita yang kerap disapa phia ini adalah anak dari pasangan Chusaeri, S.Pd (ayah) dan Asmawati (ibu). Ibu dari 3 orang anak ini kerap menghabiskan waktunya dengan membaca buku dan menulis. Buku ini merupakan buku kolaborasi ketiga non fiksi yang telah dihasilkan. Juga telah menghasilkan beberapa karya antologi puisi. Saat ini menjadi dosen di program studi Kedokteran, Fakultas Kedokteran, Universitas Halu Oleo



Desi Aryani, AMAK., SE., M.A. lahir di Jakarta. Wanita yang kerap disapa Desi ini adalah anak dari pasangan Darussalim Haddad (ayah) dan Irmawati (ibu). Ia sehari-hari bekerja di RS.Haji Jakarta, dan mengajar di beberapa tempat.



Siti Rabbani Karimuna, S.KM., M.P.H lahir di Kendari pada tanggal 2 Desember 1988. Penulis menyelesaikan pendidikan sarjana pada Program Studi Kesehatan Masyarakat, Fakultas MIPA, Universitas Halu Oleo (UHO) tahun 2010. Penulis menyelesaikan pendidikan magister pada Program Studi Ilmu Kesehatan Masyarakat, Fakultas Kedokteran Universitas Gadjah Mada Tahun 2013. Penulis bekerja sebagai

tenaga pengajar PNS di Program Studi Kesehatan Masyarakat, FKM Universitas Halu Oleo tahun 2014-sekarang. Penulis aktif dalam menulis buku ajar seperti Dasar Kesehatan Lingkungan dan Epidemiologi Kesehatan Lingkungan. Pengalaman mengajar pada berbagai mata kuliah seperti Dasar-Dasar Kesehatan Lingkungan, Sanitasi Dasar Masyarakat Wilayah Pesisir Kepulauan, Sanitasi Tempat-Tempat Umum, Pengolahan Sampah Padat dan Limbah Cair, Manajemen Bencana, Toksikologi Lingkungan dan Pencemaran Lingkungan dan Kesehatan Wilayah Pesisir



Drs. Edy Haryanto, M.Kes lahir di Tuban, pada 16 Maret 1964. Beliau tercatat sebagai lulusan Magister Universitas Airlangga Surabaya. Bapak yang kerap disapa Pak Edy ini adalah Dosen Senior di Jurusan Teknologi Laboratorium Medis Poltekkes Kemenkes Surabaya dengan jabatan fungsional Lektor Kepala. Beliau selain memiliki hobi menulis, juga sangat menggemari nonton bola



Ariana Sumekar, S.KM. M.Sc lahir di Yogyakarta pada 21 Desember 1983. Ia tercatat sebagai lulusan Universitas Gadjah Mada. Wanita yang kerap disapa Ariana ini adalah anak kedua dari pasangan Sambudiyono (ayah) dan Sumartini (ibu). Saat ini aktif sebagai dosen tetap Prodi Kesehatan Masyarakat di STIKES Wira

Hsada Yogyakarta sejak tahun 2017 sampai sekarang



Dr. Irnawati, S.Si., M.Sc lahir di Lakandito pada tanggal 16 Juni 1983, menyelesaikan program S-1 di program studi Biologi MIPA Universitas Halu Oleo (UHO), S2 Ilmu Farmasi Uiversitas Gadjah Mada (UGM) dan S3 Ilmu Farmasi UGM secara berturut-turut pada tahun 2006, 2011 dan 2021. Saat ini penulis sedang mengikuti program Postdoctoral yang kedua kalinya dengan UGM. Fokus penelitian yang dikembangkan adalah analisis minyak dan lemak nabati dan hewani. Sejak tahun 2012 sebagai dosen di Program Studi Farmasi, Fakultas Farmasi Universitas Halu Oleo (UHO). Penulis saat ini diberi tugas tambahan sebagai Kepala Laboratorium Fakultas Farmasi UHO. Beberapa penelitian telah dipublikasikan dalam jurnal internasional terindeks Scopus, sampai saat ini sebanyak 47 artikel dengan h-indek di Scopus = 10. Saat ini juga tercatat sebagai editor pada Jurnal Nasional terindeks Sinta diantaranya; Journal of Pharmaceutical Sciences and Community (J Pharm Sci Community), Jurnal Farmasi Sains dan Praktis (JFSP) dan sebagai reviewer pada beberapa jurnal Internasional terindeks Scopus dan Web of Science



Novita Sekarwati, S.K.M., M.Si lahir di Sleman Yogyakarta, pada 1 November 1984. Ia tercatat sebagai dosen Prodi Kesehatan Masyarakat Sekolah Tinggi Ilmu Kesehatan (STIKES) Wira Husada Yogyakarta. Novita, mengampu mata kuliah Dasar Kesehatan Lingkungan, Analisis Kualitas Lingkungan dan Surveilans Bencana.



Ayu Rofia Nurfadillah, S.K.M, M.Kes, lahir di Gorontalo, pada 5 Februari 1992. Ia tercatat sebagai lulusan Sarjana Jurusan Kesehatan Masyarakat Universitas Negeri Gorontalo dan lulusan Magister Kesehatan Masyarakat Universitas Hasanuddin. Karirnya dimulai sebagai PNS Dosen di Universitas Negeri Gorontalo (2019 - sekarang).

Selain itu, penulis merupakan Pengurus Daerah Ikatan Ahli Kesehatan Masyarakat Indonesia (IAKMI) Provinsi Gorontalo periode 2019-2022. Penulis memiliki kepakaran dibidang kesehatan lingkungan, khususnya terkait dengan pengelolaan limbah, epidemiologi Kesehatan lingkungan dan analisis risiko kesehatan lingkungan (environmental health risk assessment). Dalam mengembangkan Tri Dharma Perguruan Tinggi, selain sebagai dosen profesional, penulis juga aktif dalam melakukan kegiatan penelitian dan pengabdian kepada masyarakat yang didanai oleh internal perguruan tinggi. Berbagai artikel ilmiah hasil penelitian telah dimuat pada jurnal nasional terakreditasi. Selain itu, penulis juga aktif menulis buku

dengan harapan dapat memberikan kontribusi positif bagi bangsa dan negara yang sangat tercinta ini



Salman Sulaiman, S.Si, M.Farm dilahirkan di Kota Lhokseumawe Provinsi Aceh, 9 April 1985. Pendidikan sarjana S-1 diperoleh pada Jurusan Kimia Fakultas MIPA, Universitas Syiah Kuala. Kemudian melanjutkan pendidikan S-2 di Fakultas Farmasi, Universitas Andalas, dengan bidang peminatan Sains dan Teknologi Farmasi. Saat ini penulis mengabdikan diri sebagai dosen di Universitas Tjut Nyak Dhien Medan, dan mendapat amanah jabatan sebagai Wakil Rektor II, disela-sela kesibukan sebagai dosen, penulis juga disibukkan dengan kegiatan sebagai peneliti independen dan juga konsultan formulasi untuk produk obat herbal, kosmetik dan makanan.

Penulis memfokuskan riset di bidang *polymeric drug delivery system* terutama untuk *hydrocolloid polymer* dan *Naturapolyceutics*. Beberapa artikel penelitian telah diterbitkan pada jurnal internasional terindek Scopus dan jurnal nasional. Penulis pernah bekerja sebagai asisten peneliti Amdal dan juga pernah menjadi staff LSM konservasi laut dan kawasan pesisir