



BAHAN AJAR
ANALISIS KUALITAS LINGKUNGAN

OLEH:
SYAFRAN ARRAZY
NIP. 19920828 201903 1012

FAKULTAS KESEHATAN MASYARAKAT
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MEDAN SUMATERA UTARA

2020

KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah Swt. *Alhamdulillah Rabbil 'Aalamin*, atas limpahan rahmat dan karunia-Nya penulis dapat menyelesaikan penyusunan bahan ajar ini. Shalawat dan salam dengan ucapan *Allahumma sholli 'ala Muhammad wa 'ala ali Muhammad* penulis sampaikan untuk junjungan kita Nabi besar Muhammad Saw.

Bahan ajar ini disusun untuk membantu mahasiswa Fakultas Kesehatan Masyarakat UIN Sumatera Utara Medan dalam menempuh 2 SKS mata kuliah Analisis Kualitas Lingkungan. Bahan ajar ini disusun dengan merangkum berbagai materi teoritis.

Penulis menyadari bahwa bahan ajar ini masih terdapat kekurangan. Oleh karena itu penulis dengan berharap atas masukan dan kritikan yang membangun dari berbagai pihak demi kesempurnaannya di masa yang akan datang. Semoga bahan ajar ini dapat bermanfaat bagi pembaca dan menjadi amal saleh bagi penulis

Demikianlah atas perhatian dan kerjasamanya penulis ucapkan terimakasih

Medan, Maret 2020

Penulis,

Syafran Arrazy, SKM.,M.K.M.

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
KATA PENGANTAR.....	ii
DAFTAR ISI	iii
DAFTAR TABEL	vi
DAFTAR GAMBAR.....	vii
BAB 1 PENGANTAR ANALISIS KUALITAS LINGKUNGAN.....	1
1.1. Pengertian Kualitas Lingkungan	1
1.2. Tujuan dan manfaat analisis kualitas lingkungan	2
1.3. Istilah-Istilah dalam Kualitas Lingkungan	3
1.4. Badan Organisasi Standarisasi	4
1.4.1. ACGIH (The American Conference Of Governmental Industrial Hygienists).....	5
1.4.2. OSHA (The Occupational Safety And Health Administration)	5
1.4.3. EPA (Environmental Protection Agency)	6
1.4.4. SNI (Standar Nasional Indonesia)	6
1.5. Kualitas Lingkungan dalam Perspektif Islam	7
1.5.1. Perspektif Alquran.....	7
1.5.2. Perspektif Hadits	8
BAB 2 KINETIKA BAHAN PENCEMAR DI LINGKUNGAN	10
2.1. Sumber Pencemaran di Lingkungan	10
2.2. Karakteristik Bahan Pencemar	10
2.2.1. Karakteristik Limbah Cair	10
2.2.2. Karakteristik Limbah Padat	11
2.2.3. Karakteristik Limbah Gas.....	12
2.3. Perubahan Bentuk Zat Polutan.....	13
2.3.1. Pencemaran Zat Polutan Pada Air	13
2.3.2. Pencemaran Zat Polutan Pada Tanah	14
2.3.3. Pencemaran Zat Polutan Pada Udara	14
2.4. Mekanisme Pergerakan Bahan Pencemar di Air.....	15
2.5. Mekanisme Pergerakan Bahan Pencemar di Udara	16
2.6. Mekanisme Pergerakan Bahan Pencemar di Tanah	17

BAB 3 BIOMONITORING & INDIKATOR PERUBAHAN LINGKUNGAN.....	19
3.1. Pengertian, Tujuan dan Manfaat Biomonitoring.....	19
3.2. Penggunaan Biomonitoring.....	21
3.2.1. Biomonitoring Logam	22
3.2.2. Biomonitoring Zat Organik	22
3.2.3. Biomonitoring Limbah Cair	23
3.2.4. Biomonitoring Pencemar Udara	23
3.2.5. Biomonitoring Asidifikasi	23
3.2.6. Biomonitoring Kesehatan Manusia	24
3.3. Pengertian Biomarker.....	24
3.4. Tujuan Pemeriksaan Biomarker	27
BAB 4 INSTRUMEN ANALISA KUALITAS LINGKUNGAN	28
4.1. Pengertian Instrumen	28
4.2. Instrumen Pengukuran Sampel Air	28
4.2.1. Peralatan	29
4.2.2. Bahan.....	35
4.2.3. Sarana pengambilan sampel	35
4.2.4. Volume sampel.....	35
4.3. Instrumen Pengukuran Sampel Udara.....	36
4.3.2. Secara Passive Sampling	37
4.4. Prinsip dan metode instrumen.....	39
BAB 5 METODE DAN TEKNIK SAMPLING ANALISIS KUALITAS AIR.....	48
5.1. Kaidah Pengambilan Sampel Air	48
5.1.1. Tujuan Pengukuran.....	48
5.1.2. Syarat Pengukuran Sampel Air	48
5.1.3. Perencanaan	49
5.1.4. Pola Kerja	49
5.2. Lokasi pengambilan sampel.....	50
5.2.1. Sungai	50
5.2.2. Danau/Waduk	50
5.2.3. Air tanah bebas (tidak tertekan)	51
5.2.4. Air tanah tertekan	51
5.3. Titik Pengambilan Sampel	52
5.3.1. Sungai	52

5.3.2. Danau/Waduk	53
5.3.3. Air Tanah Bebas	54
5.3.4. Air Tanah Tertekan (Artesis).....	54
5.4. Pengambilan sampel.....	54
5.4.1. Pengambilan sampel untuk pemeriksaan sifat fisik dan kimia air	55
5.4.2. Pengambilan sampel untuk pemeriksaan oksigen terlarut.....	55
5.4.3. Pemeriksaan mikrobiologi.....	55
5.4.4. Metode Pengambilan sampel.....	58
5.4.5. Pemeriksaan sampel di lapangan.....	58
5.5. Pengolahan Pendahuluan Dan Pengawetan Sampel	58
5.5.1. Penyaringan	58
5.5.2. Ekstraksi sampel untuk pemeriksaan pestisida.....	59
5.5.3. Ekstraksi sampel untuk pemeriksaan minyak dan lemak	59
5.5.4. Pengawetan Sampel.....	60
5.5.5. Waktu Pengambilan Sampel.....	61
5.6. Pengepakan dan pangangkutan sampel	62
5.7. Penyajian data hasil pemeriksaan lapangan	62
BAB 6 METODE DAN TEKNIK SAMPLING ANALISIS UDARA	63
6.1. Kaidah Pengambilan Sampel Udara.....	63
6.2. Lokasi sampling udara emisi cerobong industri.....	65
6.2.1. Penentuan Lokasi Pengambilan Sampel.....	66
6.2.2. Penentuan titik sampel.....	66
6.3. Lokasi sampling udara ambien.....	68
6.3.1. Penentuan lokasi pengambilan sampel	69
6.3.2. Penentuan titik sampel.....	71
DAFTAR PUSTAKA.....	72

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1. Jenis-jenis biomarker	25
Tabel 4.1. SNI Kualitas Air dan Air Limbah.....	40
Tabel 4.2. SNI Kualitas Udara – Emisi Sumber Tidak Bergerak	45
Tabel 4.3. SNI Kualitas Udara – Emisi Sumber Bergerak	46
Tabel 4.4. SNI Kualitas Udara – Ambien	47
Tabel 5.1. Lokasi sampling air dipengaruhi kecepatan air sunga	53
Tabel 5.2. Lokasi sampling air dipengaruhi kedalaman air danau	53
Tabel 5.3. Cara pengawetan berdasarkan parameter.....	61
Tabel 6.1. Titik lintas pengukuran untuk cerobong berbentuk lingkaran	66
Tabel 6.2. Titik lintas pengukuran untuk cerobong berbentuk persegi panjang atau bujur sangkar	68
Tabel 6.3. Penentuan matriks berdasarkan jumlah titik lintas pada penampang cerobong persegi panjang dan bujur sangkar.....	68

DAFTAR GAMBAR

Gambar 4.1. Alat Pengambil Sampel Air Sederhana (a) gayung bertangkai panjang (b) botol biasa secara langsung (c) botol biasa dengan pemberat.....	31
Gambar 4.2. Alat Pengambil Sampel Air Tipe Vertikal/Mendatar (<i>Wohlenberg</i>)	31
Gambar 4.3. Alat Pengambil Sampel Air Tipe Tegak (<i>Ruttner</i>)	32
Gambar 4.4. Alat Pengambil Sampel Tipe Kedalaman Terpadu (<i>Integrated Depth Sampler-USDH</i>).....	32
Gambar 4.5. Alat Pengambil Sampel Air Otomatis.....	32
Gambar 4.6. Alat Pengambil Sampel Gas Terlarut Tipe Casella	33
Gambar 4.7. Alat Pengambil Sampel Plankton	33
Gambar 4.8. Alat Pengambil Sampel Hewan Benthos Tipe <i>Eckman Grab</i>	33
Gambar 4.9. Alat Pengambil Sampel Hewan Benthos Tipe <i>Jala Surber</i>	34
Gambar 4.10. Alat Pengambil Sampel Hewan Benthos Tipe <i>Petersen Grab</i>	34
Gambar 4.11. Alat Pengambil Sampel Hewan Benthos Tipe <i>Ponar Grab</i>	34
Gambar 4.12. Alat Pengambil Sampel Hewan Dipermukaan Air Tipe Jaring Apung	34
Gambar 4.13. Air Sampler Impinger	36
Gambar 4.14. alat HVS (<i>High Volume Sampler</i>).....	38
Gambar 4.15. alat MVS (<i>Middle Volume Sampler</i>).....	38
Gambar 4.16. alat LVS (<i>Low Volume Sampler</i>)	39
Gambar 5.1. Sampel Lokasi Pengambilan Air Sungai	51
Gambar 5.2. Sampel Lokasi Pengambilan Air Danau/Waduk	52
Gambar 5.3. Sampel Lokasi Pengambilan Air Tanah.....	52
Gambar 5.4. Titik Pengambilan Sampel Air Sungai.....	53
Gambar 5.5. Titik Pengambilan Sampel Waduk / Danau	54
Gambar 5.6. Pengambilan Sampel untuk Pemeriksaan Mikrobiologi Pada Air Secara Langsung.....	56
Gambar 5.7. Pengambilan Sampel untuk Pemeriksaan Mikrobiologi Pada Air Permukaan dari Jembatan	57
Gambar 5.8. Cara Pengambilan Sampel Untuk Pemeriksaan Mikrobiologi Dari Sumur Produksi	57
Gambar 6.1. klasifikasi sampling kualitas udara Pemantauan parameter partikulat secara konvensional (aktif sampling) dan metoda.....	65

Gambar 6.2. Penempatan lubang pengambilan sampel pada cerobong serta sarana pendukungnya	67
Gambar 6.3. Ilustrasi titik-titik lintas pengukuran untuk cerobong berbentuk lingkaran dengan pembagi jari-jari 3 dan jumlah titik 12	67
Gambar 6.4. Cerobong berbentuk persegi panjang dan bujur sangkar dengan	68
Gambar 6.5. Lokasi pengambilan sampel udara ambien	70
Gambar 6.6. Lokasi stasiun pemantau udara ambien	71

BAB 1

PENGANTAR ANALISIS KUALITAS LINGKUNGAN

1.1. Pengertian Kualitas Lingkungan

Kualitas lingkungan 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 standard mutu lingkungan. Lingkungan hidup yang berkualitas dicirikan oleh keadaan dan kondisi unsur-unsur atau komponen-komponen lingkungan hidup yang saling berinteraksi (*interactive*), saling ketergantungan hidup satu sama lainnya (*interdependency*), hubungan antar unsur atau komponen lingkungan yang harmonis (*harmony*) selaras, berkemampuan untuk bertahan hidup dalam keberagaman (*diversity*), seluruh unsur-unsur atau komponen-komponen lingkungan melaksanakan tugas sesuai fungsinya masing-masing (*utility*), adanya arus informasi (*information*) yang dapat diperoleh dari kondisi lingkungan hidup untuk dapat dimanfaatkan sebagai ilmu pengetahuan, dan keadaan atau kondisi-kondisi ini harus diupayakan untuk dapat berlangsung secara berkelanjutan (*sustainability*). 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 terjadi¹.

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. Kualitas atau mutu adalah 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 biota maupun komponen abiotik yang sesuai dengan spesifikasi yang diinginkan dan atau sesuai dengan standard mutu lingkungan. Faktor kualitas lingkungan hidup adalah unsur atau komponen-komponen

¹ Reda Rizal, *Analisis Kualitas Lingkungan*, 2017.

lingkungan hidup yang dapat mempengaruhi dan dipengaruhi oleh unsur atau komponen-komponen lingkungan hidup itu sendiri. Analisis kualitas lingkungan hidup memfokuskan bahasan pada aspek pengaruh kegiatan manusia terhadap kualitas komponen lingkungan hidup lainnya, seperti; kualitas air, kualitas udara, kualitas flora, kualitas fauna dan mikro-organisme. Jadi dari kesimpulan diatas analisis kualitas lingkungan adalah kegiatan yang untuk menentukan apakah suatu hal terkait lingkungan dan ekologi dalam keadaan baik atau tidak atau dampak apa yang bisa ditimbulkan terhadap lingkungan dan ekologi serta makhluk hidup di dalamnya².

Analisis Kualitas Lingkungan adalah Kegiatan yang untuk menentukan apakah suatu hal terkait lingkungan dan ekologi dalam keadaan baik atau tidak atau dampak apa yang bisa ditimbulkan terhadap lingkungan dan ekologi serta makhluk hidup didalamnya. Substansi yang dianalisa bisa bermacam-macam, bisa kualitas udara, air, tanah, bangunan, tanaman, pupuk dan sebagainya.

1.2. Tujuan dan manfaat analisis kualitas lingkungan

Tujuan analisis kualitas lingkungan antara lain³:

- 1) Memperoleh keselamatan hubungan antara manusia dan lingkungan
- 2) Melindungi manusia terhadap dampak sari setiap aktifitas yang dapat menyebabkan kerusakan dan pencemaran lingkungan
- 3) Memberikan informasi kepada para pengambil keputusan di tingkat pusat dan daerah
- 4) Memperoleh informasi tentang besarnya masalah yang ada dilingkungan dan langkah-langkah pengendaliannya
- 5) Menentukan prioritas pemecahan masalah, tentang kecendrungan kejadian penyakit yang berkaitan dengan lingkungan
- 6) Diperolehnya informasi tentang kinerja program

Manfaat analisis kualitas lingkungan pada air:

- 1) Memenuhi kebutuhan cairan dalam tubuh. Air merupakan komposisi utama dalam tubuh
- 2) Menjaga kesehatan dan kesegaran tubuh
- 3) Membersihkan badan
- 4) Menjaga ekosistem lingkungan
- 5) Penyuplai energi

² KBBI, *Kamus Besar Bahasa Indonesia (KBBI)* (PT Raja Grifindo Persada, 2016).

³ Pemerintah Indonesia, *Undang Undang Republik Indonesia No 32 Tahun 2009 Tentang Perlindungan Dan Pengelolaan Lingkungan Hidup*, 2009.

Manfaat analisis kualitas lingkungan pada udara⁴:

- 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

Manfaat analisis kualitas lingkungan pada tanah⁵:

- 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

1.3. Istilah-Istilah dalam Kualitas Lingkungan

a. Baku Mutu Lingkungan (BML)

Ukuran batas atau kadar makhluk hidup, zat, energi, atau komponen yang ada atau harus ada dan/atau unsur pencemar yang ditanggung keberadaannya dalam suatu sumber daya tertentu sebagai unsur lingkungan hidup⁶.

b. Nilai Ambang Batas

Batas-batas daya dukung, daya tenggang dan daya toleransi atau kemampuan lingkungan. Jadi jika terjadi kondisi lingkungan yang telah melebihi nilai ambang batas (batas maksimum dan minimum) yang telah ditetapkan berdasarkan baku mutu lingkungan maka dapat dikatakan bahwa lingkungan tersebut telah tercemar.

c. *Threshold Limit Value - Time Weighted Average (TLV - TWA)*.

Konsentrasi tertinggi dimana orang bisa bekerja dan terpapar terus menerus 8 jam sehari (40 jam seminggu) tanpa menderita akibat apapun.

d. *Threshold Limit Value - Time Exposure Limit (TLV - STEL)*.

Konsentrasi tertinggi dimana orang bekerja tidak boleh lebih dari 15 menit dan tidak boleh diulang lebih dari 4 (empat) kali setiap hari dengan selang waktu paling tidak 60 (enam puluh) menit.

⁴ Kwat Prabowo and Burhan Muslim, *Penyehatan Udara* (BPPSDMK Kemenkes RI, 2018).

⁵ Catur Pusyawati and P Haryono, *Penyehatan Tanah* (BPPSDMK Kemenkes RI, 2018).

⁶ Pemerintah Indonesia, *Undang-Undang Republik Indonesia. Nomor 32 Tahun 2009. Tentang Perlindungan Dan Pengelolaan Lingkungan Hidup*, 2009.

e. *Threshold Limit Value - Ceiling (TLV - C)*.

Merupakan batas tertinggi suatu konsentrasi bahan di udara dimana manusia tidak boleh terpapar⁷.

f. *Daily Intake*

Suatu batasan banyaknya zat-zat berbahaya yang dapat diterima oleh setiap orang, setiap hari seumur hidup tanpa mengalami resiko kesehatan. Daily intake ini juga digunakan untuk membatasi bahan tambahan kimiawi yang boleh masuk ke dalam tubuh setiap harinya⁸.

g. *Weekly Intake*

Jumlah persatuan berat tubuh dari zat yang berpotensi berbahaya atau kontaminan dalam makanan atau air yang dapat dicerna seumur hidup tanpa risiko efek kesehatan lingkungan.

h. *NOAEL (No Observed Adversed Effect Level/ efek buruk yang tidak teramati)*

Konsentrasi/dosis terbesar suatu zat kimia yang dapat menimbulkan efek buruk yang tidak teramati dalam sebuah populasi uji. Merupakan landasan pengkajian risiko dan untuk menetapkan dosis paparan pada manusia yang masih dapat ditoleransi oleh kesehatan. NOAEL dinyatakan dalam mg per kg berat badan per hari, dan merupakan tolak ukur pengkajian risiko terhadap zat kimia ambang serta merupakan turunan dari tingkatan pemaparan pada manusia yang dapat ditoleransi oleh kesehatan.

i. *LOAEL (lowest observed adversed effect level)*

Dosis terendah yang (masih) menimbulkan efek. LOAEL merupakan dosis/konsentrasi terendah suatu zat kimia yang ditemukan melalui percobaan atau observasi dan dapat menyebabkan efek buruk dalam kondisi pemaparan yang kuat. Nilai acuan untuk melihat apakah suatu senyawa bersifat karsinogenik adalah menetapkan nilai konsentrasi terendah yang efeknya masih dapat diamati (LOAEL) pada manusia, hewan dan tumbuhan⁹.

1.4. Badan Organisasi Standarisasi¹⁰

Terdapat badan atau organisasi internasional maupun nasional yang mengeluarkan standar mengenai batasan parameter kualitas lingkungan. Organisasi/badan yang mengeluarkan standar baku mutu terdiri dari organisasi Internasional antara lain ACGIH (*The American Conference of Governmental Industrial Hygienists*), OSHA (*The Occupational Safety and Health Administration*), EPA (*Environmental Protection Agency*) dan standar keamanan organisasi nasional di Indonesia diantaranya adalah Standar Nasional Indonesia (SNI).

⁷ Yulianto and Nurul Amaloyah, *Toksikologi Lingkungan* (BPPSDMK Kemenkes RI, 2017).

⁸ Pemerintah Indonesia, *Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 033 Tahun 2012 Tentang Bahan Tambah Pangan*, 2012.

⁹ Darmono, *Lingkungan Hidup Dan Pencemaran* (Universitas Indonesia, 2006).

¹⁰ Yulianto and Amaloyah.

1.4.1. ACGIH (*The American Conference Of Governmental Industrial Hygienists*)

Di Indonesia batas paparan suatu bahan kimia yang digunakan masih mengacu pada batas paparan yang diterbitkan oleh ACGIH yang cara penentuannya berbeda dengan badan-badan lain. Ada suatu pemikiran yang sangat penting dari masyarakat pada umumnya yang masih berfikir bahwa bahan-bahan yang memiliki toksisitas yang tinggi sering diasumsikan akan menimbulkan bahaya keracunan yang hebat tanpa memperhatikan sifat-sifat material lain dan keadaan di sekitar tempat tumpahnya. Umpamakan satu ton bahan yang berbeda wujudnya yaitu satu berbentuk padatan dan satunya lagi berwujud cair tumpah atau bocor. Bahan yang pertama adalah bahan padat yang tidak mudah menguap dan sangat beracun telah tumpah di tengah jalan di suatu daerah yang padat penduduknya. Hanya dengan 10 pound bahan tersebut sudah bisa membunuh 100.000 orang hanya dengan menghirup atau masuk ke dalam tubuh melalui makanan dalam porsi atau dosis yang sama. Kasus kedua adalah terbaliknya satu ton gas cair biasa yang mempunyai toxicity moderate di jalan yang sama. Apabila gas tersebut menguap ketika lepas di udara bebas maka 1 ton cairan gas tersebut akan berubah menjadi gas murni sebanyak 30.000 m³ atau lebih. Jika gas tersebut bercampur merata dengan udara pada konsentrasi 500 ppm akan mengakibatkan kematian. Kemungkinan besar penyebaran uap yang mematikan tersebut menurut perkiraan akan mempunyai volume sebesar 6 juta cubic feet.

1.4.2. OSHA (*The Occupational Safety And Health Administration*)

The United States Occupational Safety and Health Administration (OSHA) adalah bagian dari Departemen Tenaga Kerja Amerika Serikat yang dibentuk di bawah Undang-Undang Keselamatan dan Kesehatan, yang ditandatangani oleh Presiden Richard M. Nixon, pada 29 Desember 1970. Misinya adalah untuk mencegah cedera yang berhubungan dengan pekerjaan, penyakit, dan kematian dengan menerbitkan dan menegakkan peraturan (standar) untuk kesehatan dan keselamatan kerja. OSHA (*Occupational Safety and Health Administration*) adalah lembaga federal Amerika Serikat di Departemen Tenaga Kerja. OSHA bertujuan untuk keselamatan dan kondisi kerja yang sehat bagi karyawan untuk mengurangi kematian dan kecelakaan yang terjadi di tempat kerja. Dua fungsi utama yang diberikan oleh OSHA.

Fungsi utama dari OSHA adalah untuk menetapkan standar dan melakukan inspeksi tempat kerja untuk memastikan apakah majikan dengan standar dan menyediakan tempat kerja yang aman dan sehat. Standar OSHA memerlukan praktik akal dan protektif, metode, dan proses kerja bagi kesejahteraan karyawan. OSHA memastikan jika persyaratan bagi karyawan disediakan oleh pengusaha atau tidak. Menurut OSHA, pengusaha harus menjadi akrab dengan yang berlaku standar untuk pendirian mereka. Jika tempat kerja tidak higienis dan berbahaya bagi karyawan untuk bekerja, maka mereka harus menghilangkan kondisi berbahaya tersebut.

Fungsi Kedua, OSHA melakukan pemeriksaan apakah peralatan yang digunakan oleh pengusaha mempunyai pelindung atau tidak. Karyawan bertanggung jawab untuk mengetahui semua aturan dan peraturan yang berlaku untuk tindakan mereka sendiri dan perilaku. Untuk semua tindakan ini, OSHA telah memberikan pelatihan baik bagi majikan dan karyawan sehingga lingkungan kerja yang baik dapat diciptakan. OSHA telah menyediakan dua jenis program:

1. OSHA Konstruksi dan Kursus
2. OSHA Industri Kursus Umum

OSHA Konstruksi dan Kursus adalah pelatihan keselamatan bagi pekerja konstruksi Industri. Tujuan dari program ini adalah untuk menginformasikan pegawai mengenai orientasi keselamatan dan kesehatan yang dibutuhkan oleh OSHA. *OSHA General Industri Course* adalah program keamanan komprehensif yang membantu para pekerja di industri umum. Kedua program mencakup semua persyaratan OSHA. OSHA kursus ini tersedia baik di kelas dan juga online. Kursus dilakukan dalam bahasa Inggris dan juga dalam bahasa Spanyol. OSHA telah melakukan suatu bantuan besar bagi pengusaha dan karyawan dengan membuat mereka waspada dan bertanggung jawab atas lingkungannya.

1.4.3. EPA (*Environmental Protection Agency*)

U.S. Environmental Protection Agency (US EPA) atau Badan Perlindungan Lingkungan Amerika Serikat adalah sebuah lembaga pemerintah federal Amerika Serikat yang bertugas melindungi kesehatan manusia dan lingkungan dengan merumuskan dan menerapkan peraturan berdasarkan undang-undang yang disahkan oleh Kongres. EPA dicanangkan oleh Presiden Richard Nixon dan memulai operasinya tanggal 2 Desember 1970 ketika pendiriannya disahkan oleh Kongres, dan disetujui oleh Presiden Nixon, dan sampai sekarang terus bertanggung jawab atas kebijakan lingkungan Amerika Serikat. Lembaga ini dipimpin oleh pengurusnya, yang ditunjuk oleh Presiden Amerika Serikat. EPA bukanlah lembaga Kabinet, tetapi pengurusnya diberikan peringkat kabinet seperti biasa. Scott Pruitt adalah pengurus saat ini. Lembaga ini memiliki sekitar 18.000 karyawan penuh waktu (EPA, 2017)

1.4.4. SNI (Standar Nasional Indonesia)

Standar Nasional Indonesia (disingkat SNI) adalah satu-satunya standar yang berlaku secara nasional di Indonesia. SNI dirumuskan oleh Komite Teknis (dulu disebut sebagai Panitia Teknis) dan ditetapkan oleh BSN. Agar SNI memperoleh keberterimaan yang luas diantara para stakeholder, maka SNI dirumuskan dengan memenuhi *WTO Code of Good Practice*.

1.5. Kualitas Lingkungan dalam Perspektif Islam

1.5.1. Perspektif Alquran

Al Qur'an Surah Ar Rum 41- 42

ظَهَرَ الْفَسَادُ فِي الْبَرِّ وَالْبَحْرِ بِمَا كَسَبَتْ أَيْدِي النَّاسِ لِيُذِيقَهُمْ بَعْضَ الَّذِي عَمِلُوا لَعَلَّهُمْ يَرْجِعُونَ ٤١
قُلْ سِيرُوا فِي الْأَرْضِ فَانظُرُوا كَيْفَ كَانَ عَاقِبَةُ الَّذِينَ مِن قَبْلَ كَانَ أَكْثَرُهُمْ مُشْرِكِينَ ٤٢

Artinya :

“Telah nampak kerusakan di darat dan di laut disebabkan karena perbuatan tangan manusia, supaya Allah merasakan kepada mereka sebahagian dari (akibat) perbuatan mereka, agar mereka kembali (ke jalan yang benar).”(41)

Katakanlah (Muhammad) : “Adakanlah perjalanan di muka bumi dan perhatikanlah bagaimana kesudahan orang-orang yang terdahulu. Kebanyakan dari mereka itu adalah orang-orang yang mempersekutukan (Allah)”.(42)¹¹

Penjelasan :

Pada Q.S. Ar Rum ayat 41 – 42 menerangkan bahwa Allah SWT menciptakan alam semesta dan segala isinya adalah untuk dimanfaatkan oleh manusia demi kesejahteraan hidup dan kemakmurannya. Manusia diangkat sebagai khalifah di bumi yang diamati agar menjaga kelestarian alam jangan sampai rusak. Manusia diperbolehkan menggali kekayaan alam, mengolahnya, dan memanfaatkan sebagai bekal beribadah kepada Allah dan beramal soleh. Namun kenyataannya karena manusia mempunyai sifat tamak, rakus, (yang berlebihan) sehingga penggalian alam itu tak terkendalikan yang berdampak menjadi bencana alam, seperti tanah longsor, banjir, alam menjadi tandus, kekeringan, alam menjadi gersang, dan udara tercemar dan lain sebagainya. Kerusakan alam itu akan berakibat pula kesengsaraan pada diri manusia itu sendiri.

Al Qur'an Surat Al A' raf 56 – 58

وَلَا تُفْسِدُوا فِي الْأَرْضِ بَعْدَ إِصْلَاحِهَا وَادْعُوهُ خَوْفًا وَطَمَعًا إِنَّ رَحْمَتَ اللَّهِ قَرِيبٌ مِّنَ الْمُحْسِنِينَ ٥٦
وَهُوَ الَّذِي يُرْسِلُ الرِّيحَ بُشْرًا بَيْنَ يَدَيْ رَحْمَتِهِ حَتَّىٰ إِذَا أَقْلَّتْ سَحَابًا ثِقَالًا سُقِّتَهُ لَيْلًا مَّيِّتًا فَأَنزَلْنَا بِهِ الْمَاءَ فَأَخْرَجْنَا بِهِ مِنْ كُلِّ الثَّمَرَاتِ
كَذَٰلِكَ نُخْرِجُ الْمَوْتَىٰ لَعَلَّكُمْ تَذَكَّرُونَ ٥٧
وَالْبَلَدُ الطَّيِّبُ يَخْرُجُ نَبَاتُهُ بِإِذْنِ رَبِّهِ وَالَّذِي خَبثَ لَا يَخْرُجُ إِلَّا نَكِدًا كَذَٰلِكَ نُصَرِّفُ الْآيَاتِ لِقَوْمٍ يُشْكُرُونَ ٥٨

Artinya :

“Dan janganlah kamu berbuat kerusakan di bumi setelah (diciptakan) dengan baik. Berdo'alah kepada-Nya dengan rasa takut dan penuh harap. Sesungguhnya rahmat Allah sangat dekat kepada orang yang berbuat kebaikan. (56)

¹¹ Al Qur'an Surah Ar Rum 41- 42

Dialah yang meniupkan angin sebagai pembawa kabar gembira, mendahului kedatangan rahmat-Nya (hujan), sehingga apabila angin itu membawa awan mendung, Kami halau ke suatu daerah yang tandus, lalu Kami turunkan hujan di daerah itu. Kemudian kami tumbuhkan dengan hujan itu berbagai macam buah-buahan. Seperti itulah Kami membangkitkan orang yang telah mati, mudah-mudahan kamu mengambil pelajaran. (57)

Dan tanah yang baik, tanaman-tanamannya tumbuh subur dengan izin Tuhan, dan tanah yang buruk, tanaman-tanamannya tumbuh merana. Demikianlah Kami menjelaskan berulang-ulang tanda-tanda (kebesaran Kami) bagi orang-orang yang bersyukur.” (58)¹²

Penjelasan :

Pada Al Qur'an surat Al A'raf ayat 56 Allah melarang manusia untuk berbuat kerusakan, baik di darat, di laut, di udara bahkan dimana saja. Karena kerusakan yang disebabkan oleh manusia itu akan membahayakan pada tata kehidupan manusia sendiri, seperti kerusakan tata lingkungan alam, pencemaran udara, dan bencana-bencana alam lainnya. Pada surat tersebut Allah disuruh untuk berdo'a kepada Allah dan bersyukur atas karunia yang diberikan kepadanya, sehingga alam yang telah disediakan Allah itu mendatangkan rahmat dan manfaat serta nikmat yang besar bagi kehidupan manusia dalam rangka beribadah kepada Allah SWT, sehingga manusia menjadi makhluk yang muhsinin.

Pada Ayat 57-58 Allah menunjukkan kasih sayang-Nya kepada umat manusia yang meniupkan angin sehingga turun hujan. Begitu pula Allah SWT menjadikan tanah yang dahulunya kering dan tandus menjadi subur sebab mendapat rahmat dari Allah itu sehingga tumbuh-tumbuhan jadi hidup subur dan berbuah, telur-telur ikan yang menempel di tanah bisa menetas menjadi ikan-ikan besar yang dapat dikonsumsi oleh manusia. Begitu Allah mengibaratkan busuk pada hari kiamat Allah akan menghidupkan manusia kembali seperti hidupnya tumbuh-tumbuhan ketika turun hujan.

1.5.2. Perspektif Hadits¹³

1. Kebersihan Lingkungan Sebagian dari Iman

Hadits yang diterima dari Abu Hurairah,

الإِيمَانُ بِضْعٌ وَسِتُّونَ أَوْ بِضْعٌ وَسَبْعُونَ شُعْبَةً، فَأَعْلَاهَا شَهَادَةُ أَنْ لَا إِلَهَ إِلَّا اللَّهُ، وَأَدْنَاهَا إِمَاطَةُ الْأَدَى عَنِ الطَّرِيقِ

Artinya:

“Iman itu adalah 69 cabang. Maka yang utamanya ialah kalimah lLa ilaha illa allah dan yang paling rendahnya ialah membuang kotoran dari jalan dan malu itu cabang dari keimanan”
(HR.Muslim, Abu Daud, al-Nasai, dan Ibn Majah)

¹² Al Qur'an Surat Al A'raf 56 – 58

¹³ Watni Marpaung, *Pengantar Hadis-Hadis Kesehatan* (Wal Ashri Publisihing, 2018).

2. Keberhasilan/Lingkungan adalah Shadaqah

Hadist yang diterima dari Abu Hurairah,

كُلُّ سَلَامِي مِنَ النَّاسِ عَلَيْهِ صَدَقَةٌ كُلُّ يَوْمٍ تَطْلُعُ فِيهِ الشَّمْسُ: تَعْدِلُ بَيْنَ اثْنَيْنِ صَدَقَةٌ، وَتُعِينُ الرَّجُلَ فِي دَابَّتِهِ فَتَحْمِلُ لَهُ عَلَيْهَا أَوْ تَرْفَعُ لَهُ عَلَيْهَا مَتَاعَهُ صَدَقَةٌ، وَالْكَلِمَةُ الطَّيِّبَةُ صَدَقَةٌ، وَبِكُلِّ خُطْوَةٍ تَمْشِيهَا إِلَى الصَّلَاةِ صَدَقَةٌ، وَتُمْبِطُ الْأَذَى عَنِ الطَّرِيقِ صَدَقَةٌ

Artinya:

“Setiap salamku dari orang-orang adalah shadaqah; setiap hari yang terbit matahari sehingga ia adil antara dua orang adalah shadaqah; dan menolong orang atas kendaraannya memangkunya atau mengangkat barang-barangnya adalah shadaqah; dan kalimat yang baik adalah shadaqah; dan setiap langkah yang dilangkahkan untuk shalat adalah shadaqah dan menunjukkan jalan adalah shadaqah dan membuang gangguan dari jalan adalah shadaqah”. (HR Ahmad).

3. Memelihara kebersihan adalah Suatu Kebaikan

Hadits diterima dari Abu Darda, yang artinya: ”Barangsiapa yang membuang dari jalan umat Islam sesuatu yang mengganggu mereka, maka akan dicatat oleh Allah perbuatan itu kebaikan dan barangsiapa yang dicatat kebaikannya oleh Allah, maka akan dimasukkan ke dalam surga”. (HR Ath-Thabrani).

4. Menjaga Kebersihan Lingkungan

Dari Abu Hurairah, ia berkata bahwa Rasulullah shallallahu ‘alaihi wa sallam bersabda,

« اتَّقُوا اللَّعَانِينَ ». قَالُوا وَمَا اللَّعَانَانِ يَا رَسُولَ اللَّهِ قَالَ « الَّذِي يَتَخَلَّى فِي طَرِيقِ النَّاسِ أَوْ فِي ظِلِّهِمْ

Artinya :

“Waspadalah dengan dua orang yang terkena laknat.” Mereka berkata, “Siapakah yang kena laknat tersebut?” Beliau menjawab, “Orang yang buang hajat di tempat orang lalu lalang atau di tempat mereka bernaung.” (HR. Muslim no. 269).

Dikutip dari sebuah hadis :

إِنَّ اللَّهَ تَعَالَى طَيِّبٌ يُحِبُّ الطَّيِّبَ نَظِيفٌ يُحِبُّ النَّظَافَةَ كَرِيمٌ يُحِبُّ الْكِرَامَ جَوَادٌ يُحِبُّ الْجُودَ فَتَطْفُوا أَفْنِيَتَكُمْ (رواه التيرمدى: 2723)

Artinya :

“Sesungguhnya Allah swt. Itu baik, Dia menyukai kebaikan. Allah itu bersih, Dia menyukai kebersihan. Allah itu mulia, Dia menyukai kemuliaan. Allah itu dermawan ia menyukai kedermawanan maka bersihkanlah olehmu tempat-tempatmu”.(H.R. at –Tirmizi: 2723)

BAB 2

KINETIKA BAHAN PENCEMAR DI LINGKUNGAN

2.1. Sumber Pencemaran di Lingkungan

Pencemaran lingkungan hidup menurut undang-undang No. 32 tahun 2009, yaitu masuknya atau dimasukkannya makhluk hidup, zat energi, dan atau komponen lain ke dalam lingkungan hidup oleh kegiatan manusia sehingga kualitas lingkungan menurun sampai tingkat tertentu yang menyebabkan lingkungan hidup tidak dapat berfungsi sesuai dengan peruntukannya. Sumber pencemaran adalah setiap kegiatan yang membuang bahan pencemar. Bahan pencemar tersebut dapat berbentuk padat, cair, gas atau partikel tersuspensi dalam kadar tertentu kedalam lingkungan, baik melalui udara, air maupun daratan pada akhirnya akan sampai pada manusia. Daur pencemaran lingkungan akan memudahkan di dalam melakukan penelitian dan pengambilan contoh lingkungan serta analisis contoh lingkungan¹⁴.

Berdasarkan sifat zat pencemar, pencemaran lingkungan dapat dibedakan menjadi tiga kelompok :

1. Pencemaran kimiawi

Pencemaran kimiawi adalah pencemaran yang disebabkan oleh zat-zat kimia. Misalnya jenis-jenis logam berat yang terdapat dalam limbah pabrik seperti raksa dan timbal.

2. Pencemaran Fisik

Pencemaran fisik adalah pencemaran yang disebabkan oleh zat cair, padat atau gas. Zat cair yang menyebabkan pencemaran misalnya limbah pabrik dan limbah rumah tangga. Zat padat yang dapat menyebabkan pencemaran misalnya sampah. Gas yang menyebabkan pencemaran misalnya asap dari pabrik.

3. Pencemaran Biologis

Pencemaran biologis adalah pencemaran yang disebabkan oleh berbagai macam mikroorganisme penyebab penyakit. Misalnya sumur atau sumber air yang digunakan sehari-hari tercemar kuman penyebab penyakit.

2.2. Karakteristik Bahan Pencemar¹⁵

2.2.1. Karakteristik Limbah Cair

Karakteristik limbah cair dibagi menjadi tiga yaitu fisik, kimia dan biologis.

¹⁴ Pemerintah Indonesia, *Undang-Undang Republik Indonesia. Nomor 32 Tahun 2009. Tentang Perlindungan Dan Pengelolaan Lingkungan Hidup.*

¹⁵ Pemerintah Indonesia, *Undang-Undang Republik Indonesia. Nomor 32 Tahun 2009. Tentang Perlindungan Dan Pengelolaan Lingkungan Hidup.*

- a) Fisik yakni berupa warna, bau, suhu, kepadatan, kekeruhan, minyak dan grease. Padatan dibagi lagi menjadi padatan tersuspensi dan padatan terlarut, fraksi organik dan anorganik.
- b) Kimia yakni berupa bahan organik dan anorganik. Organik contohnya *Biochemical Oxygen Demand* (BOD), *Chemical Oxygen Demand* (COD), *Total Organic Carbon* (TOC) dan *Total Oxygen Demand* (TOD). Anorganik contohnya Salinitas, kekuatan (hardness), Ph, keasaman (acidity), alkalinitas (alkalinity), zat besi (iron), manganese, khlorida, sulfat, sulfide, heavy metals (merkuri, lead, chromium, copper, dan zinc), nitrogen (organik, ammonia, nitrit dan nitrat), fosfor, dan surfaktan.
- c) Biologis : Total coliform, fecal coliform, bakteri patogen, dan virus.

Karakteristik limbah cair yang berasal dari industri olahan makanan ditentukan oleh sumber bahan baku dan jenis industri. Misalnya, industri pengolahan daging, produk susu, pengolahan makanan laut dan ikan, pengolahan buah-buahan dan sayuran, pati dan produk gluten, kembang gula, pengolahan gula, dan lain-lain tentunya akan menghasilkan limbah cair dengan kandungan bahan polutan yang berbeda. Mereka menambahkan bahwa, biasanya limbah cair dari industri menggunakan pengolahan bahan pangan bersifat keruh, dengan tingginya konsentrasi BOD, lemak, minyak dan lemak (FOG), padatan tersuspensi (SS), dan konsentrasi nitrogen dan fosfor. Karakteristik lainnya dari limbah cair industri pengolahan makanan adalah variasi musiman yang besar, variasi oer jam yang besar dan konsentrasi di siang hari, pabrik sering kali berskala kecil, rasio BOD: N: P terkadang tidak seimbang yang dapat menyebabkan bulking lumpur, dan efluennya berwarna.

Di Indonesia, misalnya tipikal kandungan limbah cair yang berasal dari industri pengolahan tepung tapioka juga sangat bervariasi bergantung pada proses, bahan baku dan lokasi. Namun secara umum, limbah cair tapioka ini mengandung bahan organik dan sianid dengan konsentrasi tinggi.

2.2.2. Karakteristik Limbah Padat

Karakteristik limbah padat dibagi menjadi karakter fisik, kimia dan biologis yaitu :

- a) Karakteristik fisik, meliputi fluktuasi jumlah/volume, densitas, ukuran partikel, headvalue, nilai kalor, komposisi proksimat (seperti kadar abu), bahan organik, total padatan dan fixed carbon.
- b) Karakteristik kimia, meliputi komposisi ultimate (seperti C,H,O,N,S, dan P) , kandungan bahan berbahaya (seperti toxic metals, bahan organik berbahaya, asbestos).
- c) Karakteristik biologis, berkaitan dengan kandungan mikroorganisme dalam limbah padat. Kandungan komposisi C,H,O,N,dan S dari limbah padat dapat digunakan untuk menentukan

formulasi kimia dari limbah padat tersebut. Setiap limbah memiliki komposisi dan formulasi kimia tersendiri. Sehingga, dengan melakukan analisa proksimat, maka dapat dihitung kebutuhan oksigen dan potensial emisi yang terjadi pada saat proses pendegradasian bahan organik dan limbah padat.

Dalam industri pengolahan pangan, ada dua kelompok limbah padat yang dihasilkan yaitu limbah organik yang berasal dari proses pengolahan dan lumpur biosolit hasil pengolahan limbah cair dan limbah bahan pengemas seperti plastik, kertas pembungkus, kardus dan lain-lain.

2.2.3. Karakteristik Limbah Gas

Karakteristik bahan pencemar dalam limbah gas dibagi menjadi dua yaitu

- a) *Bahan pencemar primer*, merupakan bahan polutan yang diemisikan ke atmosfer secara langsung dari sumbernya. Bahan pencemar tipe ini dapat menyebabkan bahaya apabila berada dalam konsentrasi yang cukup tinggi. Bahan pencemar yang termasuk dalam kategori ini meliputi senyawa karbon (seperti C, O, CO₂, CH₄ dan VOC), senyawa nitrogen (seperti NO, N₂O, dan NH₃), senyawa sulfur (H₂S dan SO₂), senyawa halogen (*chlorides*, *flurides*, dan *bromides*) dan bahan partikel (*particulate matter* atau *aerosol*).
- b) *Bahan pencemar sekunder*, merupakan bahan polutan dalam limbah gas yang tidak diemisikan ke atmosfer secara langsung dari sumbernya, melainkan berasal dari bahan pencemar primer (dikenal juga sebagai prekursor). Meskipun demikian, bahan pencemar sekunder juga dapat menyebabkan bahaya jika berada dalam konsentrasi yang cukup tinggi bahan pencemar yang termasuk dalam kategori ini antara lain ozon, peroxyacetyl nitrate (PAN), bahan pencemar gas berbahaya (seperti benzene dan 1,3-butadiene), bahan pencemar organik persisten (seperti polycyclic aromatic hydrocarbons, polycyclic biphenyls (PCB) dan dioxin) dan aerosol organik yang merupakan hasil dari pembentukan VOC dan partikel dalam limbah gas.

Lebih detail, beberapa jenis bahan pencemar dalam limbah gas meliputi :

- a) Partikel, yaitu partikel-partikel dalam udara yang memiliki ukuran lebih dari molekul tunggal dan kurang dari 500 µm (misalnya partikel debu dan asap) yang dapat menyebabkan berkurangnya jarak pandang, dan berdampak buruk bagi kesehatan manusia seperti penyakit bronkitis kronis.
- b) Nitrogen Oksida (NO₃), dihasilkan oleh industri dan dapat menyebabkan hujan asam (merusak hutan dan sungai) serta menyebabkan penyakit tenggorokan iritasi mata.
- c) Sulfur dioksida (SO₃), dihasilkan oleh emisi batu bara atau minyak bumi yang menyebabkan hujan asam serta penyakit pernapasan.

- d) VOC, yang dihasilkan dari industri dan menyebabkan penipisan ozon, penyakit asam, atau kabut.
- e) Persistent organic pollutants (POP), dihasilkan dari kegiatan industri dan menyebabkan penyakit kanker, penurunan kesuburan dan produktivitas manusia.
- f) Karbon dioksida (CO₂), dihasilkan dari emisi bahan bakar minyak dan menyebabkan dampak negatif terhadap aspek sosial, ekonomi, lingkungan dan kesehatan manusia, seperti perubahan iklim dan pemanasan global.
- g) Chlorofluorocarbons (CFC), merupakan polutan udara yang menyebabkan penyakit kanker kulit, katarak, serta berbahaya bagi kehidupan biota air dan produksi pertanian.

2.3. Perubahan Bentuk Zat Polutan¹⁶

Polutan adalah bahan atau zat yang dapat menyebabkan pencemaran. Suatu zat dapat dikatakan sebagai polutan, bila keberadaannya dapat menyebabkan kerugian terhadap makhluk hidup. Zat-zat yang menyebabkan polusi dinamakan polutan. Polutan biasanya berasal dari kegiatan manusia. Suatu zat bisa dikatakan polutan jika berada bukan ada tempatnya, jumlahnya berlebih, dan mengganggu seperti timbal dan raksa, gas beracun seperti karbon dioksida dan karbon monoksida, limbah pabrik, asap pabrik, serta limbah rumah tangga seperti sampah dan deterjen. Polutan juga bisa berupa mikroorganisme yang sangat berlimpah atau dapat menyebabkan penyakit.

Polutan memiliki sifat- sifat sebagai berikut:

- a) Polutan bersifat merusak sementara, dalam konsentrasi rendah, jika telah bereaksi dengan lingkungannya, polutan tidak lagi merusak.
- b) Polutan merusak dalam waktu lama. Polutan yang terdapat dalam konsentrasi rendah belum memiliki sifat merusak, namun demikian, jika polutan terakumulasi dalam lingkungan tertentu dalam jangka waktu lama, polutan tersebut akan sangat merusak.

Polutan bisa ada dimana saja, oleh karena itu pencemaran bisa terjadi dimana saja. Berikut ini adalah jenis pencemaran atau polutan berdasarkan tempat terjadinya:

2.3.1. Pencemaran Zat Polutan Pada Air

Pencemaran air adalah adanya polutan di air yang menyebabkan kualitas menurun sehingga daya gunanya juga ikut menurun. Air yang bersih dan tidak tercemar bisa dilihat dari keadaan fisik air tersebut. Biasanya air bersih tidak berwarna (bening) , tidak berbau, tidak berwarna, dan tidak berasa. Air adalah salah satu unsur kehidupan kita yang sangat penting karena air adalah salah satu penunjang kehidupan.

¹⁶ Yulianto and Amaloyah.

Pencemaran air terutama disebabkan oleh adanya limbah pabrik yang mengandung banyak zat berbahaya. Selain limbah pabrik, pencemaran air juga bisa disebabkan oleh penggunaan pestisida, khususnya insektisida juga bisa berakibat pada organisme hidup lain di pertanian atau perairan bahkan manusia. Pabrik-pabrik sering mengalirkan limbah ke sungai, insektisida yang tidak terserap juga akan terbawa ke sungai. Dan, akhirnya air mengalir ke laut. Jika polutan tersebut termakan oleh ikan dan hewan laut lainnya, lalu ikan tersebut dimakan manusia, maka polutan tersebut akan terkumpul di tubuh manusia. Dalam jangka panjang, jika kadar polutan terus meningkat, dapat menyebabkan penyakit serius.

2.3.2. Pencemaran Zat Polutan Pada Tanah

Pencemaran tanah adalah keadaan di mana bahan kimia buatan manusia masuk dan merubah lingkungan tanah alami. Pencemaran ini biasanya terjadi karena: kebocoran limbah cair atau bahan kimia industri atau fasilitas komersial, penggunaan pestisida, masuknya air permukaan tanah tercemar ke dalam lapisan sub-permukaan, kecelakaan kendaraan pengangkut minyak, zat kimia, atau limbah, air limbah dari tempat penimbunan sampah serta limbah industri yang langsung dibuang ke tanah secara tidak memenuhi syarat (*illegal dumping*). Penanganan khusus terhadap limbah domestik yang berjumlah sangat banyak diperlukan agar tidak mencemari tanah. Pertama sampah tersebut kita pisahkan ke dalam sampah organik yang dapat diuraikan oleh mikroorganisme (*biodegradable*) dan sampah yang tidak dapat diuraikan oleh mikroorganisme (*nonbiodegradable*). Akan sangat baik jika setiap rumah tangga bisa memisahkan sampah atau limbah atas dua bagian yakni organik dan anorganik dalam dua wadah berbeda sebelum diangkut ketempat pembuangan akhir. Penanganan limbah dan sampah yang mengakibatkan pencemaran tanah dapat dilakukan dengan beberapa cara yaitu, Remediasi, Bioremediasi dan dengan teknologi fitoremediasi. Walaupun beberapa cara telah dapat digunakan untuk mengurangi dampak dari pencemaran tanah namun alangkah baiknya jika kesadaran untuk menjaga kelestarian alam dan lingkungan lebih ditingkatkan.

2.3.3. Pencemaran Zat Polutan Pada Udara

Pencemaran udara adalah adanya polutan di udara sehingga kualitas udara menjadi menurun. Jika kita bernapas menghirup udara yang banyak mengandung polutan, maka polutan tersebut akan tertimbun dalam tubuh kita dan diserap oleh tubuh kita dan bisa mengakibatkan penyakit saluran pernapasan. Polutan yang bisa mengakibatkan pencemaran udara biasanya berasal dari asap pabrik dan asap kendaraan bermotor. Asap kendaraan bermotor yang menjadi polutan bisa mengandung sejumlah zat berbahaya, seperti karbon dioksida (CO₂) yang bisa menaikkan suhu bumi, karbon monoksida (CO) yang beracun dan mudah terikat dengan hemoglobin, nitrogen oksida (NO₂) dan sulfur dioksida (SO₂) yang dapat menyebabkan hujan asam. Selain zat

kimia beracun yang terkandung dalam udara, ternyata asap adalah polutan yang juga cukup berbahaya. Asap selain dihasilkan dari kendaraan bermotor dan pabrik, juga dihasilkan dari kebakaran hutan dan ladang berpindah. Asap dalam jumlah banyak bisa menghalangi pandangan mata, mengakibatkan mata perih, napas sesak, dan jika terkumpul di atmosfer dapat menghalangi sinar matahari masuk ke bumi.

2.4. Mekanisme Pergerakan Bahan Pencemar di Air¹⁷

Air terdapat di mana-mana dan harganya relatif murah. Air merupakan unsur pokok dalam kehidupan manusia, dipergunakan untuk rumah tangga, industri, pertanian, rekreasi, transportasi, perikanan dan lain-lain. Disamping itu air dapat pula menyebarkan penyakit, terutama penyakit infeksi saluran pencernaan makanan. Makin padatnya penduduk di daerah, dan semakin berkembangnya industri pencemaran air tidak dapat dihindari lagi. Pencemaran air dapat terjadi pada air permukaan maupun air dalam tanah. Yang dimaksud dengan air permukaan adalah air sungai, air danau, air sumur dangkal, air laut, sedang yang dimaksud dengan air dalam tanah adalah sungai bawah tanah, lapisan air dalam tanah. dan air sumur dalam.

A. Pencemaran air permukaan.

Air yang semula merupakan air hujan, akan menghanyutkan berbagai macam limbah dan kotoran lain baik yang berada dipermukaan tanah maupun yang telah dialirkan oleh air sungai. Kotoran tersebut sangat bervariasi, dapat merupakan kotoran organik (kotoran manusia, hewan dan sisa tumbuhan), maupun kotoran anorganik. Air itu menyerap karbon dan nitrogen yang berasal dari tumbuhan dan tercampur debu. Air tersebut mengalir sepanjang sungai, terakumulasi di danau yang akhirnya mengalir ke laut. Air yang tingkat kotorannya mencapai tingkat yang membahayakan manusia dan kehidupan lain disebut sebagai air yang telah tercemar

B. Pencemaran air dalam tanah.

Air permukaan yang sudah tercemar sebagian mengalir di permukaan dan sebagian yang lain masuk ke dalam lapisan tanah. Air yang menguap sesudah berada di udara yang suhunya dingin, akan segera terkondensasi dan kemudian jatuh lagi sebagai air hujan atau salju. Air yang merembes ke dalam tanah mengalir melalui berbagai lapisan tanah dan akhirnya berkumpul di suatu tempat dan membentuk lapisan air dalam tanah.

Pencemaran air sumur dangkal atau air sumur pompa dangkal sangat dimungkinkan terjadi sebagai akibat rembesan air kotor, septi tank yang merembes ke bawah masuk ke dalam lapisan dalam tanah atau melalui retakan. Air yang masuk ke dalam tanah dapat mengalami penyaringan alamiah, namun penyaringan itu tidak cukup untuk membersihkan air dalam tanah secara alamiah.

¹⁷ Umar Fahmi Achmadi, *Manajemen Penyakit Berbasis Wilayah* (Penerbit Universitas Indonesia, 2008).

Zat pencemar yang berada dalam air dikelompokkan menjadi dua, yaitu pencemar yang dapat terurai dan pencemar yang tidak dapat terurai.

1. Pencemar yang dapat terurai

Pada umumnya merupakan bahan organik, berasal dari kotoran manusia, hewan dan sisa tumbuhan yang sudah mati. Penguraian ini dapat dilakukan oleh bakteri baik yang aerobik maupun bakteri anaerobik. Apabila bakteri pengurai tersebut terdapat dalam air, maka sebagian oksigen yang ada dalam air dimanfaatkan oleh bakteri dalam usaha metabolisme. Akibatnya terjadi pengurangan oksigen dalam air. Air ini dapat pulih kembali kadar oksigennya apabila bersentuhan dengan udara. Tetapi apabila jumlah zat pencemar terlalu banyak maka oksigen yang terlarut bisa habis. Keadaan aliran air yang mengalami proses penguraian bakteri anaerobik ditandai oleh air yang berbau busuk, warna air berubah menjadi kehitam-hitaman dan berbusa, dan dengan demikian kehilangan keindahannya. Dalam proses penguraian tersebut didapatkan hasil samping dalam bentuk gas karbon dioksida, gas methanol dan gas hidrogen sulfida.

2. Jumlah zat pencemar organik yang dapat terurai

Dinyatakan oleh jumlah oksigen yang diperlukan untuk proses oksidasi (penguraian) bahan tersebut, baik secara kimiawi maupun secara biologik. Yang pertama dinyatakan dengan COD (*Chemical Oxygen Demand*), kebutuhan oksigen secara kimiawi. Yang kedua dinyatakan dengan BOD (*Biological Oxygen Demand*), kebutuhan oksigen secara biologik. Yang sering dipergunakan sebagai ukuran adalah BOD₅, artinya pengukuran kebutuhan oksigen oleh bakteri pembusuk dan pengurai selama waktu lima hari pada suhu tertentu 20°C.

2.5. Mekanisme Pergerakan Bahan Pencemar di Udara¹⁸

Pencemaran udara adalah masuknya atau dimasukkannya zat, energi atau komponen lain ke dalam udara oleh kegiatan manusia, sehingga melampaui baku mutu udara yang telah ditetapkan. Sumber pencemaran udara dapat dibagi menjadi 3 yaitu:

- a) sumber perkotaan dan industri
- b) sumber pedesaan/pertanian
- c) sumber alami.

Sumber perkotaan dan industri ini berasal dari kemajuan teknologi yang mengakibatkan banyaknya pabrik-pabrik industri, pembangkit listrik dan kendaraan bermotor. Sumber pencemaran udara untuk wilayah pedesaan/pertanian yaitu dengan penggunaan pestisida sebagai zat senyawa kimia (zat pengatur tumbuh dan perangsang tumbuh), virus dan zat lain-lain yang digunakan untuk melakukan perlindungan tanaman atau bagian tanaman. Sedangkan sumber alami berasal dari alam

¹⁸ Pemerintah Indonesia, *Peraturan Pemerintah Nomor 41 Tahun 1999 - Pengendalian Pencemaran Udara*, 1999.

seperti abu yang dikeluarkan akibat gunung berapi, gas-gas vulkanik, debu yang bertiupan akibat tiupan angin, bau yang tidak enak akibat proses pembusukan sampah organik dan lainnya

Masalah pencemaran udara pada era teknologi pada masa ini telah sampai pada tingkat yang mengkhawatirkan. Hal ini dengan semakin banyaknya zat-zat polutan yang dihasilkan dari kegiatan sehari-hari. Banyaknya pabrik-pabrik industri, pembangkit listrik, dan kendaraan bermotor yang setiap harinya selalu menghasilkan polutan serta kebakaran hutan yang mencemari udara bersih. Hal ini menjadi sumber masalah bagi keberlangsungan makhluk hidup di muka bumi ini. Udara yang telah tercemar oleh zat-zat polutan bukan saja mempengaruhi kesehatan manusia tetapi seluruh makhluk hidup dan lingkungan juga akan terkena efek dari pencemaran udara tersebut. Pada manusia akan mengakibatkan penyakit berbahaya seperti gangguan pernapasan yang bisa mengakibatkan kematian. Pencemaran udara ada yang dapat dilihat secara langsung, ada juga yang tidak dapat dilihat, ada yang memiliki bau dan ada juga yang tak berbau. Banyak masyarakat awam yang belum paham akan pentingnya menjaga udara bersih dan resiko akan diakibatkan oleh pencemaran udara. Dalam pengenalan proses terjadinya penyebaran pencemaran udara kepada masyarakat umum bisa dilakukan dengan memberikan contoh secara langsung proses pencemaran udara seperti asap polutan yang keluar dari cerobong asap pabrik. Selain secara langsung proses penyebaran pencemaran udara juga bisa dijelaskan dengan melakukan simulasi atau sebuah pemodelan untuk melihat sebaran polutan. Simulasi atau pemodelan yang dilakukan dapat dilakukan dengan menggunakan model dispersi Gauss untuk memodelkan proses sebaran dari konsentrasi polutan.

2.6. Mekanisme Pergerakan Bahan Pencemar di Tanah¹⁹

Kontaminasi pada tanah dan perairan diakibatkan oleh banyak penyebab termasuk limbah industri, limbah pertambangan, residu pupuk dan pestisida hingga bekas instalasi senjata kimia. Bentuk kontaminasi berupa berbagai unsur dan substansi kimia berbahaya yang mengganggu keseimbangan fisik, kimia dan biologi tanah.

Ketika suatu zat berbahaya atau beracun telah mencemari permukaan tanah, maka ia dapat menguap, tersapu air hujan dan atau masuk kedalam tanah. Pencemaran yang masuk kedalam tanah kemudian terendap sebagai zat kimia beracun di tanah. Zat beracun di tanah tersebut dapat berdampak langsung kepada manusia ketika bersentuhan atau dapat mencemari air tanah dan udara di atasnya. Kontaminasi oleh garam berat seperti kadmium (Cd), seng (Zing), plumbum (Pb), kuprum (Cu), kobalt (Co), selenium (Se), dan nikel (Ni) menjadi perhatian serius karena dapat menjadi potensi polusi pada permukaan tanah maupun air tanah dan dapat menyebar ke daerah sekitarnya melalui air, angin, penyerapan oleh tumbuhan, dan biokumulasi pada rantai makanan.

¹⁹ Darmono.

Pada dasarnya kontaminasi logam dalam tanah pertanian bergantung pada:

- a) Jumlah logam yang ada pada batuan tempat terbentuk
- b) Jumlah mineral yang ditambahkan pada tanah sebagai pupuk
- c) Jumlah deposit logam dari atmosfer yang jatuh kedalam tanah
- d) Jumlah yang terambil pada proses panen ataupun merembes kedalam tanah yang lebih dalam.

Kandungan logam dalam tanah sangat berpengaruh terhadap kandungan logam pada tanaman yang tumbuh di atasnya, kecuali terjadi interaksi diantara logam itu sehingga terjadi hambatan penyerapan logam tersebut oleh tanaman akumulasi logam dalam tanaman tidak hanya tergantung pada kandungan logam dalam tanah, tapi juga tergantung pada unsur kimia tanah, jenis logam, pH tanah, dan spesies tanaman.

BAB 3

BIOMONITORING & INDIKATOR PERUBAHAN LINGKUNGAN

3.1. Pengertian, Tujuan dan Manfaat Biomonitoring

Biomonitoring kualitas lingkungan adalah suatu upaya penggunaan respons organisme secara sistematis untuk mengevaluasi perubahan-perubahan kualitas lingkungan. Biomonitoring ini merupakan analisis air dengan cara biologi. Biomonitoring adalah metode pemantauan kualitas air dengan menggunakan indikator biologis (bioindikator)²⁰.

Biomonitoring adalah metode pemantauan kualitas air dengan menggunakan indikator biologis (Bioindikator), saat ini metode ini telah banyak dikembangkan di beberapa negara. Yang dimaksud dengan bioindikator adalah kelompok atau komunitas organisme yang keberadaannya atau perilakunya di alam berhubungan dengan kondisi lingkungan, apabila terjadi perubahan kualitas air maka akan berpengaruh terhadap keberadaan dan perilaku organisme tersebut, sehingga dapat digunakan sebagai penunjuk kualitas lingkungan. Jenis ideal yang dapat digunakan sebagai bioindikator adalah organisme akuatik yang tidak memiliki tulang belakang (makroinvertebrata)²¹.

Makroinvertebrata air terdiri dari larva Plecoptera (stonefly), larva Trichoptera (kutu air), larva Ephemeroptera (kumbang perahu), Platyhelminthes (cacing pipih), larva Odonata (capung), Crustaceae (udang-udangan), Mollusca (siput dan kerang), larva Hemiptera (kepik), Coleoptera (kumbang air), hirudinea (lintah), Oligochaeta (cacing), dan larva Diptera (Nyamuk, lalat). Makroinvertebrata ini lebih banyak dipakai dalam pemantauan kualitas air karena memenuhi beberapa kriteria dibawah ini :

- a) Sifat hidupnya yang relatif menetap/tidak berpindah-pindah, meskipun kualitas air tidak mengalami perubahan.
- b) Dapat dijumpai pada beberapa zona habitat akuatik, dengan berbagai kondisi kualitas air.
- c) Masa hidupnya cukup lama, sehingga keberadaannya memungkinkan untuk merekam kualitas lingkungan di sekitarnya.
- d) Terdiri atas beberapa jenis yang memberi respon berbeda terhadap kualitas air.
- e) Relatif lebih mudah untuk dikenali dibandingkan dengan jenis mikroorganisme
- f) Mudah dalam pengumpulan/pengambilannya, karena hanya dibutuhkan alat yang sederhana yang dapat dibuat sendiri.

²⁰ Joko Widiyanto and Ani Sulistyarsi, 'Biomonitoring Kualitas Air Sungai Madiun Dengan Bioindikator Makroinvertebrata', *Urnal Penelitian LPPM (Lembaga Penelitian Dan Pengabdian Kepada Masyarakat) IKIP PGRI MADIUN*, 4.1 (2016), 1-9.

²¹ Widiyanto and Sulistyarsi.

Ada beberapa alasan kenapa makro invertebrata dijadikan sebagai indikatornya. yaitu :

- a) hewan ini ada di hampir setiap sungai, bahkan di sungai yang tidak terdapat ikan
- b) sebagian besar siklus hidupnya di dalam air (mulai dari larva hingga dewasa)
- c) hewan ini berumur panjang (bisa sampai 1 tahun, bahkan lebih) sehingga bisa digunakan untuk pengamatan jangka panjang
- d) hewan ini hidupnya lebih tetap sehingga dapat mencerminkan kualitas air pada lokasi pengambilan contoh
- e) hewan ini cukup banyak jumlahnya dan mudah dikenal

Makroinvertebrata ini menempati beberapa daerah yang dipengaruhi oleh cahaya matahari. Sehingga beberapa jenis bioindikator sangat sensitif terhadap perubahan. Serta pemantauan kualitas air sungai dapat dilakukan dengan melakukan pemantauan pada satwa-satwa yang ada disungai. Sebagai bioindikator, biota makroinvertebrata dapat memenuhi tujuan pemantauan kualitas air yang hakiki, yaitu :

- a) Dapat memberikan petunjuk telah terjadi penurunan kualitas air
- b) Dapat mengukur efektivitas tindakan penanggulangan pencemaran
- c) Dapat menunjukkan kecenderungan untuk memprediksi perubahan-perubahan yang mungkin terjadi pada waktu yang akan datang

Tujuan biomonitoring adalah dengan pemantauan yang dilakukan dapat mencegah terjadinya paparan bahan kimia yang dapat menyebabkan gangguan kesehatan baik secara akut maupun kronis. pemantauan biologi suatu paparan merupakan aktifitas pencegahan yang sangat penting dan mendeteksi efek akibat bahan kimia. Hal ini disebut sebagai aktifitas survailen kesehatan (*Health Surveillance*). Khusus untuk petanda biologi yang peka (*sensitive biological marker*), suatu pemantauan biologi bertujuan untuk mendeteksi tanda keracunan secara dini sebagai aktifitas pencegahan²².

Manfaat biomonitoring adalah mengetahui data-data penting terkait meningkatnya kesehatan biologi serta mencegah terjadinya pencemaran lingkungan. Selain itu, Biomonitoring juga dapat membantu para ilmuwan dan manajer risiko dalam memprioritaskan bahan kimia untuk kegiatan tindak lanjut atau manajemen resiko.

Untuk melakukan biomonitoring, peralatan yang harus disiapkan diantaranya :

- a) jaring
- b) bak plastik
- c) mangkok / cetakan es bersekat

²² Dominggus Rumahlatu, 'Biomonitoring: Sebagai Alat Asesmen Kualitas Perairan Akibat Logam Berat Kadmium Pada Invertebrata Perairan', *SAINTIS*, 2012.

- d) sendok plastik
- e) panduan makro invertebrata
- f) lup, dan
- g) kertas dan pena

Tahapan yang harus dilakukan untuk melakukan biomonitoring yaitu :

- a) pilih bagian sungai yang dangkal dan tidak berarus deras pada musim kemarau, karena biasanya hewan makro invertebrata enderung lebih banyak daripada saat musim hujan
- b) isilah bak plastik dengan air (sepertiga bagian)
- c) pilih satu titik, menghadap ke hilir, kemudian aduk dasar sungai dengan jaring. setelah diangkat pindahkan hasil yang didapat ke dalam bak plastik. lakukan juga pada area tepi sungai (bawah tanaman tepi sungai, cekungan dalam akar pohon besar atau dibawah tonjolan tanah / batu yang menggantung di tepi sungai
- d) perhatikan di sekitar kerikil, diantara dedaunan atau coba memungut batu, mungkin saja ada hewan yang menempel
- e) sendoklah salah satu hewan secara perlahan dalam mangkuk plastik kecil atau dalam cetakan es bersekat. pastikan mereka mendapat cukup air
- f) amati hewan tersebut dengan lup
- g) untuk mendapatkan nama jenis hewan tersebut, cocokkan dengan gambar identifikasi (kartu identifikasi)
- h) catat semua jenis hewan yang ditemukan, berikut jumlahnya
- i) lakukan penghitungan indeks kualitas air, cocokkan nilainya pada tabel indeks kualitas air

3.2. Penggunaan Biomonitoring²³

Dalam tingkatan operasional, pengertian aquatik biomonitoring biasanya mengacu kepada upaya kompilasi data hasil pengujian biologi perairan baik di Laboratorium maupun Lapang. Oleh karena itu Biomonitoring ditinjau dari kategori minat komunitas pakar dalam pengembangan teknik operasional dikenal sebagai:

- a. *Bioassessments study*, melakukan pendalaman komunitas kehidupan perairan termasuk fungsi dan struktur komunitas.
- b. *Toxicity bioassays*, melakukan kegiatan pengujian di laboratorium dan menganalisa efek polutan terhadap bentuk bentuk kehidupan (flora dan fauna).

²³ Wage Komarawidjaja and Titiresmi, 'Teknik Biomonitoring Sebagai Alternatif "Tool" Pemantauan Kualitas Lingkungan Perairan', *Jurnal Teknik Lingkungan*, Edisi Khusus (2006), 144-47.

- c. *Behavioral bioassays*, mengkaji efek subletal terhadap flora dan fauna uji, sebagai dasar upaya peringatan dini (*early warning system*).
- d. *Bioaccumulation study*, melakukan kajian dosis kontaminan yang diserap flora dan fauna uji dan dampaknya dalam *food chain*.

3.2.1. Biomonitoring Logam²⁴

Biomonitoring logam dapat dilakukan dengan pemeriksaan suatu media untuk menentukan bahan logam. Media yang dipakai antara darah/urine, jaringan tubuh, ikan, binatang invertebrata, dan tanaman perairan.

- a) Logam yang dapat ditemukan pada darah/urine: Cadmium, Zat besi, Manganese, Tembaga, Merkuri, Zink
- b) Logam berat di atmosfer yang ditemukan pada jaringan burung: partikel timbal, Cadmium, Arsen, Merkuri. Logam berat tersebut berasal dari pabrik pengelasan logam dan secara tidak langsung burung memakan serangga dengan yang terkontaminasi oleh logam berat. Tempat akumulasi logam berat di dalam tubuh burung terletak pada jaringan dan bulu burung.
- c) Logam berat di perairan yang ditemukan pada ikan: Chromium, Tembaga, Timbal, Zink. Logam tersebut akan meningkat kadarnya, apabila ada peningkatan BOD di perairan.
- d) Logam berat di perairan yang ditemukan pada binatang invertebrata: Chromium, Cadmium, tembaga, timbal, cobalt, nikel. Adanya logam berat tersebut pada tubuh invertebrata merupakan indikator tercemarnya lingkungan.
- e) Tanaman perairan dan tanaman darat dapat dipakai sebagai bio indikator lingkungan yang terkontaminasi oleh logam berat. Pabrik pengecoran besi yang mengeluarkan bahan pencemar udara logam berat dapat dideteksi pada tanaman dengan analisis Neutron Activation Analysis.

3.2.2. Biomonitoring Zat Organik

Akumulasi zat organik pada beberapa spesies mamalia merupakan bio indikator yang potensial untuk mendeteksi pencemaran lingkungan. Beberapa zat organik yang dipakai indikator antara lain:

- a) perubahan non protein sulfhidril pada sel liver dari tikus sebagai indikator terpapar oleh pestisida.

²⁴ H.J. Mukono, *Toksikologi Lingkungan* (Surabaya: Airlangga University Press, 2010).

- b) Meningkatnya bilirubin pada tikus, menunjukkan adanya paparan oleh Tri Nitro Toluen (TNT).
- c) Terdapatnya hubungan antara pencemaran lingkungan dengan Poly Chlorinated Bifenil (PCB), dioxin, dan furan pada manusia.
- d) Terdapatnya dioxin, furan, PCB, DDE, dan lindane pada telur burung sebagai indikator tercemarnya lingkungan oleh zat organik
- e) Terakumulasinya PCB, pestisida, dan bahan antropogenik pada tubuh ikan sebagai indikator tercemarnya ekosistem perairan
- f) Meningkatnya aktifitas Mixed Function Oxidase (MFO) pada ikan di sungai yang tercemar oleh bahan organik, PAH, Dioxin, dan PCB.
- g) Aktivitas Xenobiotik – DNA adduct, Cytochrome P 450 induksi dan oryl hidrokarbon hidroksilase pada ikan dipakai sebagai biomarker pencemaran pantai oleh PCB dan DDT.
- h) Mengurangnya komunitas phytoplankton dapat dipakai sebagai biomonitoring pencemaran pestisida dalam perairan.

3.2.3. Biomonitoring Limbah Cair

Ada beberapa studi toksisitas yang dipakai untuk menilai buangan limbah cair antara lain pemakaian bakteri dan pemakaian invertebrata. Limbah pabrik kertas yang mengandung bahan kimia pemutih dilakukan studi memakai biota air misalnya ikan. Cara baru untuk menilai kualitas air laut yang terkontaminasi oleh bahan kimia pemutih adalah dengan cara bio assay antara lain: uji inhibisi pertumbuhan algae dan uji larva biota air.

3.2.4. Biomonitoring Pencemar Udara²⁵

Perubahan ambien atmosfer oleh adanya bahan pencemar udara akan dapat mempengaruhi kehidupan tanaman. Daun pinus jarum dapat dipakai sebagai indikator pencemaran alifatik hidrokarbon. Dengan pemeriksaan gas kromatografi ditemukan bahwa kadar hidrokarbon lebih tinggi pada daun pohon pinus yang berumur tua. Tanaman tingkat rendah antara lain lichen *parmalia sulcata* dapat sebagai indikator pencemaran udara. Dengan demikian maka lichen dapat dipakai sebagai biomonitor untuk pencemar udara.

3.2.5. Biomonitoring Asidifikasi

Perairan yang mempunyai pH rendah akan bersifat asam. Keasaman perairan dapat dideteksi dengan memakai biomarker biota yang hidup dalam perairan tersebut. Dalam keadaan pH rendah (pH=3), maka logam besi dan manganese akan terdeteksi dalam perairan. Efek

²⁵ H.J. Mukono, *Epidemiologi Lingkungan* (Surabaya: Airlangga University Press, 2002).

perairan dengan pH rendah, logam yang toksis dan Dissolve Organic Carbon (DOC) terhadap hewan amfibi akan menyebabkan terlambatnya metamorfosa, menurunnya daya tahan dan menurunnya berat badan hewan amfibi.

3.2.6. Biomonitoring Kesehatan Manusia

Biomonitoring Pb dan Cd pada wanita yang melahirkan, dilakukan dengan pemeriksaan ASI dan darah. Karyawan industri petrokimia yang terpapar dengan PAH pada pemeriksaan urine ditemukan biomarker hidroksipirene.

3.3. Pengertian Biomarker²⁶

Secara istilah Biomarker berasal dari kata Bio yang berarti biologis hidup atau makhluk hidup dan marker yang berarti Penanda, Sehingga Biomarker dapat diartikan sebagai penanda makhluk hidup. Akan tetapi, secara umum pengertian dari biomarker itu sendiri adalah petunjuk biologis yang di peroleh dari unsur biologis tubuh yang dapat digunakan untuk menunjuk adanya keterpaparan yang mengakibatkan timbulnya penyakit.

Biomarker adalah semua zat, struktur, atau proses yang bisa diukur dalam tubuh atau produk-produk serta pengaruhnya atau memprediksikan kejadian dampak atau penyakit. Biomarker bisa dikelompokkan sebagai penanda keterpaparan, penanda efek, dan penanda kerentanan. Jika biomarker diinginkan dapat berkontribusi bagi penilaian risiko kesehatan lingkungan dan kerja, maka biomarker-biomarker ini harus relevan dan absah.

Relevansi menunjuk pada kesesuaian biomarker untuk memberikan informasi tentang pertanyaan-pertanyaan yang diinginkan, urgensi bagi otoritas kesehatan lingkungan dan masyarakat dan para pembuat keputusan lainnya. Penggunaan biomarker yang relevan memungkinkan para pembuat keputusan untuk menjawab pertanyaan-pertanyaan kesehatan masyarakat yang digunakan dalam penelitian atau penilaian risiko dengan cara yang mengkontribusikan informasi bermanfaat yang tidak bisa didapatkan secara lebih baik oleh pendekatan lain, seperti kuisioner, pengukuran lingkungan atau review catatan. Sebagai contoh, keterpaparan kronis terhadap organoklorin diindikasikan dengan lebih baik oleh kadar organoklorin serum dibanding dengan kajian-kajian lain atau pengukuran kesehatan industri, dan kerusakan ginjal dini bisa diindikasikan secara lebih baik oleh berbagai biomarker urin dibanding oleh catatan-catatan morbiditas.

Relevansi juga berkaitan dengan apakah pertanyaan-pertanyaan tentang biomarker mana yang bisa memberikan informasi, merupakan pertanyaan yang penting; bukan hanya pertanyaan yang bisa dijawab, tetapi yang harus dijawab. Dengan demikian, kemampuan untuk mengukur biomarker setelah keterpaparan terhadap sebuah toksikan tidak sama pentingnya dengan pertanyaan seperti

²⁶ Palupi Widyastuti, *Bahaya Bahan Kimia Pada Kesehatan Manusia Dan Lingkungan* (Jakarta: EGC, 2005).

apakah individu yang terpapar toksikan tersebut berisiko meningkat untuk mengalami penyakit.

Dalam konsep pemajanan, Biomarker adalah bahan kimia, metabolisme, susceptibility characteristics, atau perubahan biologi dalam tubuh manusia atau kelompok risiko lainnya. Sedangkan pengertian secara umum, biomarker adalah “apa pun” (anything) yang dapat diukur dan dapat digunakan sebagai indikator atau parameter proses gangguan kejadian penyakit, ataupun masih dalam taraf respons fisiologis sebuah organisme.

Tabel 3.1. Jenis-jenis biomarker²⁷

No	Biomarker	Jenis Keterpaparan	Bahan Periksa	Penyakit
1.	Plumbun (Pb)	Polusi timbal	Saliva, darah	Keracunan Pb
2.	Hydrargyrum (Merkuri)	Polusi Hg	Darah, urine, rambut	Keracunan Hg
3.	Kadmium (Cd)	Polusi Cd, makanan	Feses, urine	Gangguan pernafasan, edema emfisema paru
4.	Alumunium (Al)	Polusi Al		Fibrosis paru
5.	Barium (Ba)	Polusi Ba	Darah	Iritasi perut, kerusakan hati
6.	Berilium (Be)	Polusi Be	Darah	Kerusakan paru-paru
7.	Besi (Fe)	Polusi Fe		Ginjal, hati, keracunan Fe
8.	Arsene (As)	Polusi As, makanan	Darah	Iritasi saluran makanan, luka di hati dan ginjal
9.	Kromium (Cr)	Polusi Cr	Darah, urine	Kanker paru-paru, kerusakan hati dan ginjal
10.	Kobald (Co)	Polusi Co, makanan	Darah, urine	Anemia
11.	Nikel (Ni)	Polusi Ni	Darah	Bronkitis kronis, serangan asma
12.	Selenium (Se)	Polusi Se	Darah, rambut	Hogdkins, kanker kulit
13.	Cufum (Cu)	Polusi Cu	Darah	Muntah-muntah, rasa panas di daerah lambung
14.	Arsenic	Polusi	Rambut	Kelumpuhan, gangguan pencernaan
15.	Asam Nitrat	Konstaminasi HN03	Kulit, saluran pencernaan, darah	Keracunan HN03
16.	Pestisida	Cairan pestisida	Urine	Keracunan akut
17.	Minyak Solar	Pencemaran solar	Kulit, darah	Kanker kulit, keracunan, iritasi
18.	Asam Hidrochlric	Kontaminasi HCL	Kulit, mata	Iritasi mata, bronchitis kronis
19.	Tembaga (Cu)	Polusi Cu	Kulit, mata	Eksim pada kulit, konjungtifitas pada mata
20.	Metanol	Polusi	Kulit, mata	Iritasi
21.	Amonia (NH3)	Polusi NH3	Sluran pencenaan, kulit	Keracunan NH3
22.	Asam Sulfat	Pencemaran H2SO4	Kulit, mata	Keracuna, iritasi

²⁷ Widyastuti.

No	Biomarker	Jenis Keterpaparan	Bahan Periksa	Penyakit
23.	Avtur	Polusi	Kulit, mata	Iritasi saluran mata, gangguan pencernaan
24.	Cotinine	Nicotine rokok	Saliva, darah	Kanker paru
25.	DDE	DDT	Jaringan lemak	Keracunan DDT
26.	Aflatoxin	Makanan tercemar	Cairan tubuh	Kanker hati
27.	Kadmium Oksida (Cd)	Polusi kadmium (Inhalasi)	Mulut, darah dan Sistem Ekskresi (Ginjal)	Kanker Prostat, Cedera Sel, Ginjal
28.	Eksotoksin	Makanan Tercemar	Darah	Gangguan Saluran Pencernaan
29.	Sianida (HCN)	Polusi Sianida	Inhalasi, Kulit, mulut dan mata	Paru-Paru dan kerusakan pada mata
30.	Thalium	Makanan Tercemar	Kulit, Mulut Dan darah	Kerusakan Ginjal, Perubahan Sisten Fungsi Endokrin
31.	Bakteri <i>Clostridium Botulinum</i>	Keracunan Makanan dan Injeksi	Sistem Saraf	Botulisme
32.	Chlor	Inhalasi	Paru-Paru	Edema Paru
33.	Chrom	Absorpsi Melalui Kulit, Keracunan Akut	Mulut, Darah	Kerusakan Hati
34.	Amoniak (NH ₃)	Polusi Amoniak (Inhalasi)	Paru-paru, Mata, Inhalasi, Gastro intestinal (tertelan)	Edema Paru, Pneumonia
35.	Nikotin	Inhalasi dan Injeksi	Darah dan Urine	Gangguan sistem Saraf Pusat
36.	Gas Karbon monoksida (co)	Polusi co, Inhalasi	Pembuluh Darah, Paru-paru	Jantung, Stroke dan Kanker
37.	Bakteri <i>Mycobacterium Tuberculosis</i>	Inhalasi, saluran Pernapasan	Dahak	Tuberkolosis Paru
38.	Plasmodium	Kulit	Darah	Malaria
39.	Karbon Tetraklorida	Polusi Karbon Tetraklorida Dan Keracunan Akut	Inhalasi, Kulit, Mulut	Kerusakan Sistem Saraf Pusat, Hati, Ginjal dan Pembuluh darah
40.	Hydrogen sulfide (H ₂ S)	Polusi H ₂ S	Inhalasi	Infeksi saluran pernapasan
41.	Nitrogen oksida (NO)	Polusi Nitrogen oksida (dari kendaraan bermotor)	Inhalasi	Infeksi saluran pernapasan, gangguan system saraf
42.	Hidrokarbon (HC)	Polusi Hidrokarbon (dari kendaraan bermotor)	Inhalasi	Asma, gangguan hati, gangguan paru-paru, kanker
43.	Entamoeba	Makanan	Feses	Disentri

No	Biomarker	Jenis Keterpaparan	Bahan Periksa	Penyakit
	histolitytica			
44.	Asbes	Tercemar dalam air minum	Intestinal	Asbestosis (keracunan asbes)
45.	Bakteri Salmonella thyphosa	Makanan	Darah, feses	Tifoid
46.	Bakteri Vibrio kolera	Makanan	Feses	Kolera
47.	Organofosfat	Pestisida	Inhalasi, kulit, intestinal	Keracunan organofosfat
48.	Karbamat	Pestisida, insektisida	Inhalasi, kulit, intestinal	Keracunan karbamat
49.	Sakarín	Makanan	-	Kanker mukosa kandung kemih
50.	Siklamat	Makanan	-	Leukemia
51.	Rhodamin B	Makanan	-	Kanker hati dan gangguan pencernaan
52.	Boraks	Pestisida dan makanan	-	Merusak fungsi hati, lemak, ginjal
53.	Formalin	Makanan	-	Merusak hati, otak, jantung, system saraf pusat
54.	HIV	Injeksi, free sex, transmisi perinatal	Darah	AIDS
55.	Polychlorinated biphenyl (PCB)	Polusi PCB	Darah	Karsinogenik
56.	Uranium	Polusi uranium	Inhalasi	Karsinoma bronkus
57.	Vinil clorida	Polusi vinil clorida	Inhalasi	Hepatotoksik

3.4. Tujuan Pemeriksaan Biomarker²⁸

Tujuan pemeriksaan biomarker ini yaitu untuk mengamati dampak efek toksik senyawa yang ada di lingkungan dalam pemantauan organisme serta kesehatan manusia. Selain itu, tujuan pemeriksaan biomarker adalah untuk mengembangkan penanda tahap awal dalam rangkaian yang dapat berhubungan (sebaiknya secara kuantitatif) untuk hasil/ pengukuran secara klinis.

Efek kesehatan biomarker yang muncul kemudian memerlukan intervensi dalam bentuk percobaan obat. Contoh meliputi hiperplasia jaringan, polip, dan tumor. Digunakan sebagai indikator atau parameter proses gangguan kejadian penyakit, ataupun masih dalam taraf respons fisiologis sebuah organisme.

²⁸ Yulianto and Amaloyah.

BAB 4

INSTRUMEN ANALISA KUALITAS LINGKUNGAN

4.1. Pengertian Instrumen

Secara umum instrumen adalah suatu alat yang digunakan untuk mengukur fenomena alam maupun fenomena sosial yang diamati. Terdapat berbagai macam pendapat pakar mengenai pengertian instrument. Instrument merupakan alat bantu bagi peneliti dalam menyimpulkan data. Djaali menegemukakan dalam bidang penelitian instrument diartikan sebagai alat untuk mengumpulkan data mengenai variable-variabel penelitian. Alat ukur (*instrument*) yang dibuat/disusun untuk melakukan pengukuran sebelum digunakan harus terlebih dahulu dikalibrasi atau divalidasi. Jadi instrument dapat digunakan untuk mengukur phenomena alam yang akan diamati, namun terlebih dahulu dilakukan kalibrasi sebelum dipergunakan.

4.2. Instrumen Pengukuran Sampel Air²⁹

Metode pengambilan sampel air dimaksudkan sebagai pegangan dalam pengambilan sampel air di lapangan untuk uji kualitas air. Tujuan metode ini untuk mendapatkan sampel yang andal. Metode pengambilan sampel ini meliputi persyaratan dan tata cara pengambilan sampel kualitas air untuk keperluan pemeriksaan kualitas air yang mencakup pemeriksaan sifat fisik, kimia, mikrobiologi, biologi dan lain-lain.

Beberapa pengertian yang dimaksud dalam metode ini meliputi :

1. Sumber air adalah air permukaan, air tanah dan air meteorik
2. Air permukaan adalah air yang terdiri dari: air sungai, air danau, air waduk, air saluran, mata air, air rawa dan air gua / air karst
3. Air tanah bebas adalah air dari akifer yang hanya sebagian terisi air dan terletak pada suatu dasar yang kedap air serta mempunyai permukaan bebas
4. Air tanah tertekan adalah air dari akifer yang sepenuhnya jenuh air dengan bagian atas dan bawahnya dibatasi oleh lapisan yang kedap air
5. *Akifer* adalah suatu lapisan pembawa air
6. *Epilimnion* adalah lapisan atas danau/waduk yang suhunya relatif sama
7. *Termoklin/metalimnion* adalah lapisan danau yang mengalami penurunan suhu yang cukup besar (lebih dari 1°C/m) ke arah dasar danau

²⁹ SNI, SNI 03-7016-2004: Tata Cara Pengambilan Contoh Dalam Rangka Pemantauan Kualitas Air Pada Suatu Daerah Pengaliran Sungai, 2004.

8. *Hipolimnion* adalah lapisan bawah danau yang mempunyai suhu relatif sama dan lebih dingin dari lapisan di atasnya, biasanya lapisan ini mengandung kadar oksigen yang rendah dan relatif stabil
9. Air meteorik adalah air meteorik dari labu ukur di stasion meteor, air meteorik yang ditampung langsung dari hujan dan air meteorik dari bak penampung air hujan
10. Sampel adalah sampel uji air untuk keperluan pemeriksaan kualitas air.

4.2.1. Peralatan³⁰

1. Persyaratan alat pengambil sampel

Alat pengambil sampel harus memenuhi persyaratan sebagai berikut :

- 1) Terbuat dari bahan yang tidak mempengaruhi sifat sampel (misalnya untuk keperluan pemeriksaan logam, alat pengambil sampel tidak terbuat dari logam)
- 2) Mudah dicuci dari bekas sampel sebelumnya
- 3) Sampel mudah dipindahkan ke dalam botol penampungan tanpa ada sisa bahan tersuspensi di dalamnya
- 4) Kapasitas alat 1 - 5 L tergantung dari maksud pemeriksaan
- 5) Mudah dan aman dibawa.

2. Jenis alat pengambil sampel

Beberapa jenis alat pengambil sampel yang dapat digunakan meliputi :

- 1) Alat pengambil sampel sederhana berupa :
 - a. Botol biasa, ember plastik atau gayung plastik yang bertangkai panjang dapat digunakan pada permukaan air secara langsung. Alat sederhana ini paling sering digunakan untuk mengambil air permukaan atau air sungai yang relatif dangkal.
 - b. Botol biasa yang diberi pemberat yang digunakan pada kedalaman tertentu
- 2) Alat pengambil sampel setempat secara mendatar, dipergunakan untuk mengambil sampel di sungai atau di tempat yang airnya mengalir pada kedalaman tertentu, sampel alat ini adalah tipe Wohlenberg
- 3) Alat pengambil sampel setempat secara tegak, dipergunakan untuk mengambil sampel pada lokasi yang airnya tenang atau alirannya sangat lambat seperti di danau, waduk, dan muara sungai pada kedalaman tertentu, sampel alat ini adalah tipe Ruttner
- 4) Alat pengambil sampel pada kedalaman yang terpadu, digunakan untuk pemeriksaan zat padat tersuspensi atau untuk mendapatkan sampel yang mewakili semua lapisan air,

³⁰ 'Metode Pengambilan Contoh Uji Kualitas Air'
<https://dinus.ac.id/repository/docs/ajar/TM_6_Teknik_Sampling_Kualitas_Air.pdf>.

sampel alat ini adalah tipe USDH Alat Pengambil Sampel Air Tipe Kedalaman Terpadu (Integrated Depth Sampler - USHD)

- 5) Alat pengambil sampel secara otomatis yang dilengkapi alat pengatur waktu dan volume yang diambil, digunakan untuk sampel gabungan waktu dari air limbah atau air sungai yang tercemar, agar diperoleh kualitas air rata-rata selama periode tertentu,
- 6) Alat pengambil untuk pemeriksaan gas terlarut yang dilengkapi tutup, sehingga alat dapat ditutup segera setelah terisi penuh ; sampel alat ini adalah tipe Cascila
- 7) Alat pengambil sampel untuk pemeriksaan bakteriologi adalah botol gelas yang di tutup kapas/aluminium foil, tahan terhadap panas dan tekanan selama proses sterilisasi;
- 8) Alat pengambil sampel untuk pemeriksaan plankton berupa jaring yang berpori 173 mesh/inci, yang biasa digunakan adalah jaring plankton no.20/SI
- 9) Alat pengambil sampel untuk pemeriksaan hewan benthos disesuaikan dengan jenis habitat hewan benthos yang akan diambil, beberapa sampel alat untuk jenis habitat tertentu, antara lain:
 - a. *Eckman grab*, dibuat dari baja, yang beratnya + 3,2 kg, dengan ukuran 15 x 15 cm, dipergunakan untuk pengambilan sampel pada sumber air yang alirannya relatif kecil dan mempunyai dasar lumpur dan pasir
 - b. *Jala Surber*, terbuat dari benang nilon yang ditenun dan mempunyai ukuran mata jaring 0,595 mm dalam keadaan terbuka, panjang jala 69 cm dan ukuran permukaan depan 30,5 cm x 30,5 cm, alat ini biasa dipergunakan pada sumber air yang alirannya deras dan mempunyai dasar berbatu-batu,
 - c. *Petersen grab*, terbuat dari baja yang luasnya antara 0,06 - 0,09 m² dengan berat antara 13,7 - 31,8 kg biasanya dipergunakan pada sumber air yang mempunyai dasar keras, misalnya lempung, batu dan pasir
 - d. *Ponar grab*, terbuat dari baja seluas 23x23 cm dengan berat ±20 kg banyak digunakan di danau yang dalam dan pada dasar sumber air yang bervariasi
- 10) Jaring apung terbuat dari benang nilon yang ditenun, mempunyai ukuran mata jaring 0,595 mm dan luas 929 cm² dipergunakan untuk mengumpulkan hewan yang hidup dipermukaan sumber air dan lamanya waktu yang dipergunakan dalam satu kali pengambilan adalah tiga jam.

3. Alat ekstraksi

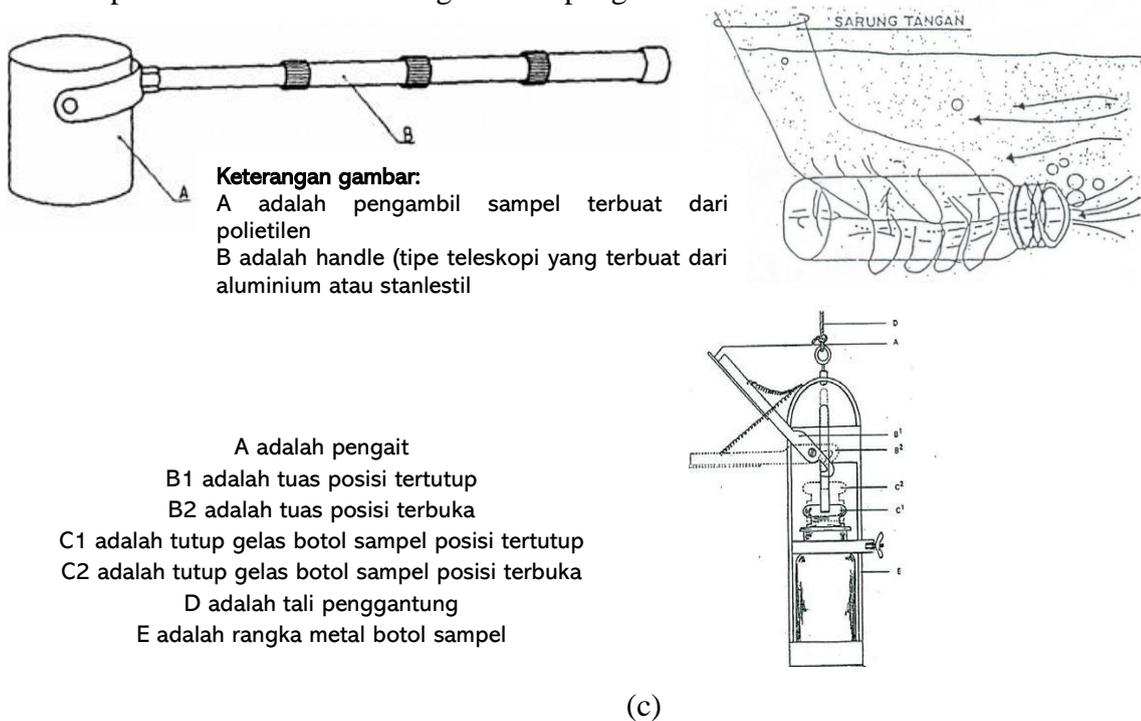
Alat ini terbuat dari bahan gelas atau tenun yang tembus pandang dan mudah memisahkan fase pelarut dari sampel.

4. Alat penyaring

Alat ini dilengkapi dengan pompa isap atau pompa tekan agar dapat menahan kertas saring yang mempunyai ukuran pori 0,45/um.

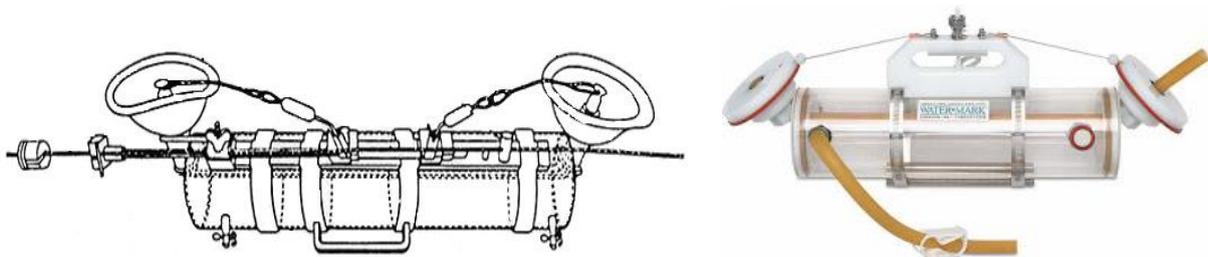
5. Alat pendingin

Alat ini dapat menyimpan sampel pada 4°C, dapat membekukan sampel bila diperlukan dan mudah diangkut ke lapangan.

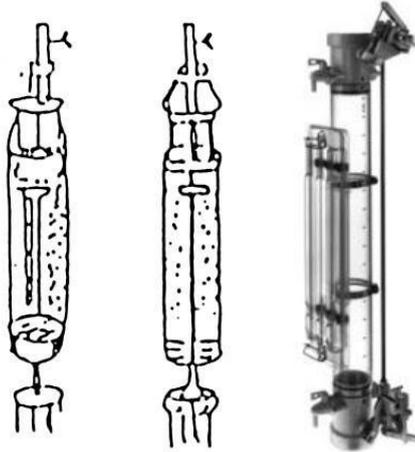


Gambar 4.1. Alat Pengambil Sampel Air Sederhana

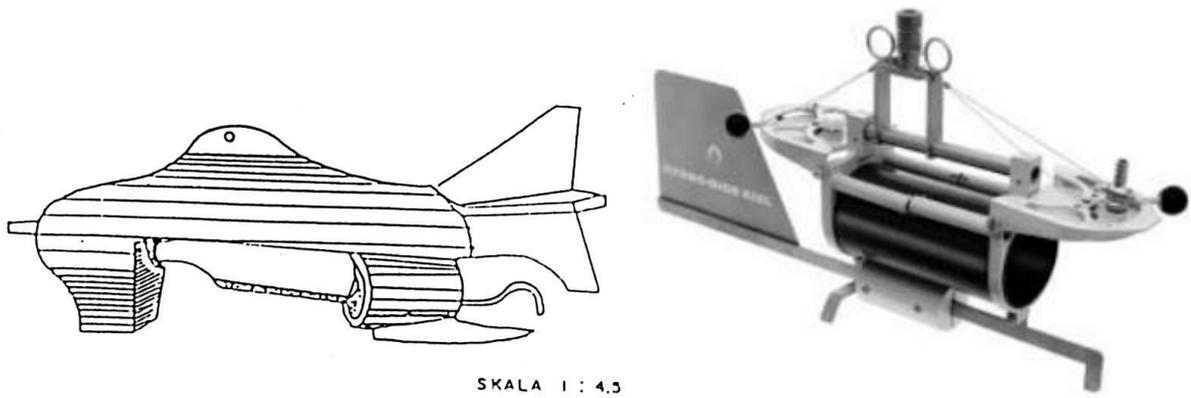
(a) gayung bertangkai panjang (b) botol biasa secara langsung (c) botol biasa dengan pemberat



Gambar 4.2. Alat Pengambil Sampel Air Tipe Vertikal/Mendatar (Wohlenberg)

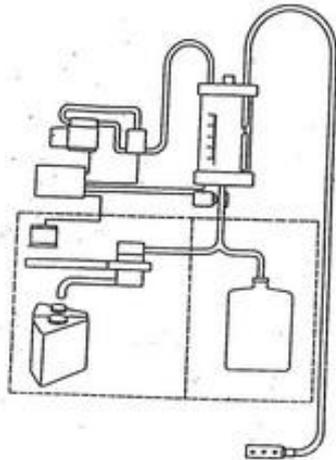


Gambar 4.3. Alat Pengambil Sampel Air Tipe Tegak (*Ruttner*)

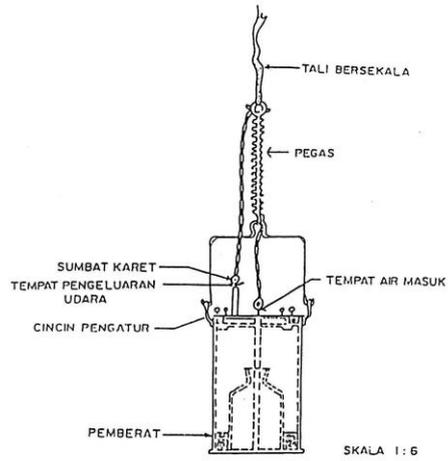


SKALA 1 : 4.5

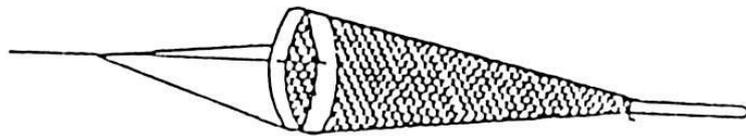
Gambar 4.4. Alat Pengambil Sampel Tipe Kedalaman Terpadu (*Integrated Depth Sampler-USDH*)



Gambar 4.5. Alat Pengambil Sampel Air Otomatis



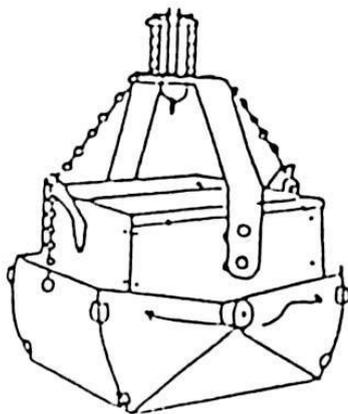
Gambar 4.6. Alat Pengambil Sampel Gas Terlarut Tipe Casella (Termasuk Oksigen Terlarut)



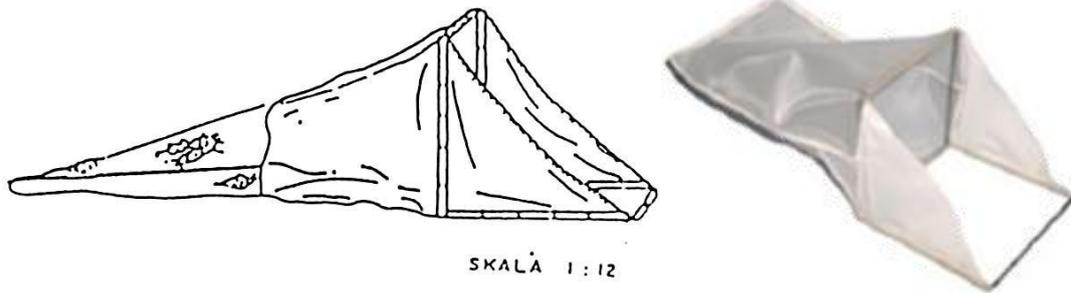
SKALA 1 : 20



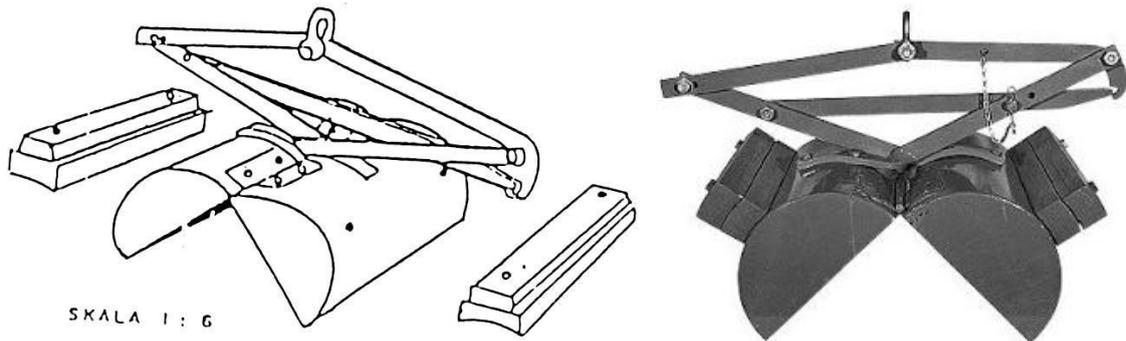
Gambar 4.7. Alat Pengambil Sampel Plankton



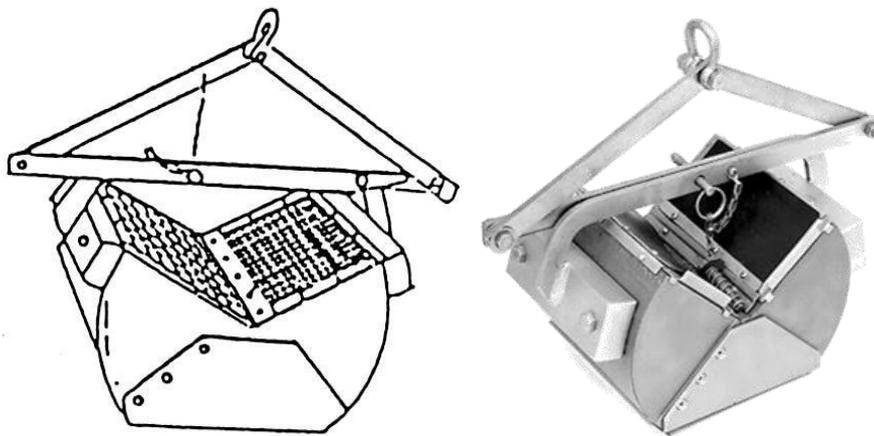
Gambar 4.8. Alat Pengambil Sampel Hewan Benthos Tipe *Eckman Grab*



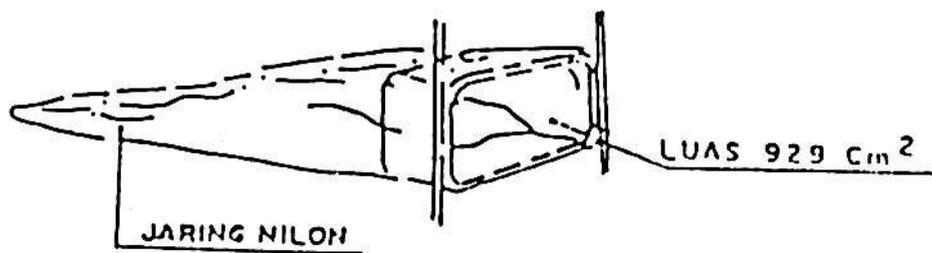
Gambar 4.9. Alat Pengambil Sampel Hewan Benthos Tipe *Jala Surber*



Gambar 4.10. Alat Pengambil Sampel Hewan Benthos Tipe *Petersen Grab*



Gambar 4.11. Alat Pengambil Sampel Hewan Benthos Tipe *Ponar Grab*



Gambar 4.12. Alat Pengambil Sampel Hewan Dipermukaan Air Tipe Jaring Apung

4.2.2. Bahan³¹

1. Bahan kimia untuk pengawet

Bahan kimia yang digunakan untuk pengawet harus memenuhi persyaratan bahan kimia untuk analisis dan tidak mengganggu atau mengubah kadar zat yang akan diperiksa.

2. Wadah Sampel

Wadah yang digunakan untuk menyimpan sampel harus memenuhi persyaratan sebagai berikut :

1. Terbuat dari bahan gelas atau plastik
2. Dapat ditutup dengan kuat dan rapat
3. Mudah dicuci
4. Tidak mudah pecah
5. Wadah sampel untuk pemeriksaan mikrobiologi harus dapat disterilkan
6. Tidak menyerap zat-zat kimia dari sampel
7. Tidak melarutkan zat-zat kimia ke dalam sampel
8. Tidak menimbulkan reaksi antara bahan wadah dengan sampel.

4.2.3. Sarana pengambilan sampel

Sarana yang dapat digunakan adalah :

1. Sedapat mungkin menggunakan jembatan atau lintasan gantung sebagai tempat pengambilan sampel
2. Bila sarana pada poin tersebut diatas tidak ada, maka dapat menggunakan perahu
3. Untuk sumber air yang dangkal, dapat dilakukan dengan merawas.

4.2.4. Volume sampel

Volume sampel yang diambil untuk keperluan pemeriksaan di lapangan dan laboratorium bergantung dari jenis pemeriksaan yang diperlukan sebagai berikut :

1. Untuk pemeriksaan sifat fisik air diperlukan lebih kurang 2 L
2. Untuk pemeriksaan sifat kimia air diperlukan lebih kurang 5 L
3. Untuk pemeriksaan bakteriologi diperlukan lebih kurang 100 mL
4. Untuk pemeriksaan biologi air (klorofil) diperlukan 0,5 - 20 L (tergantung pada kadar klorofil di dalam sampel).

³¹ 'Metode Pengambilan Contoh Uji Kualitas Air'.

4.3. Instrumen Pengukuran Sampel Udara

Kualitas udara berpengaruh akan kesehatan masyarakat di sekitar, hasil sisa pembakaran dari kendaraan banyak mengandung CO₂, dimana zat ini merupakan racun bagi manusia. Pencemaran udara ini harus selalu diukur menggunakan Alat Pengukuran Kualitas Udara atau seperti perangkat untuk mengukur kualitas udara secara indoor yaitu salah satunya Air Quality meter, dengan melakukan pengukuran dan monitoring lingkungan maka akan didapatkan data yang konkret untuk mengendalikan pencemaran udara pada lingkungan masyarakat, sehingga data tersebut dapat menjadi himbuan dan acuan dalam hal menanggulangi dan mencegah pencemaran udara lebih luas.

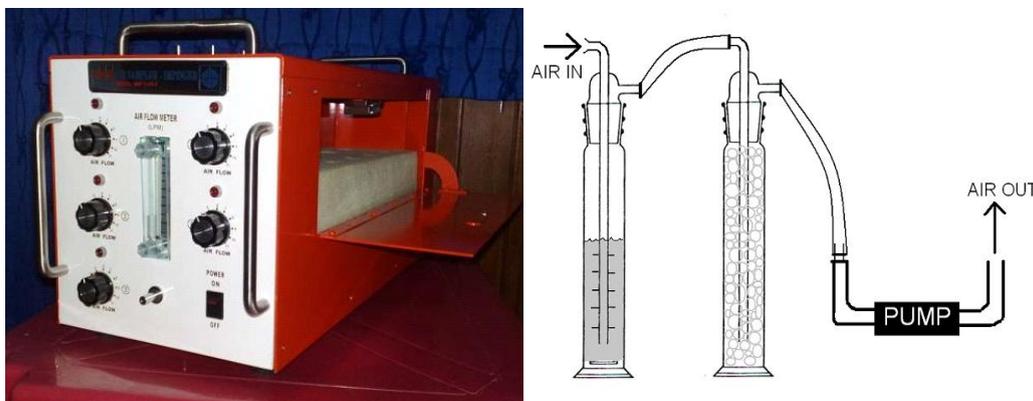
Alat pengukuran kualitas udara sangat diperlukan sesuai dengan peraturan daerah yang ada, contoh Peraturan Daerah Khusus Ibukota Jakarta no. 2 tahun 2005 tentang Pengendalian pencemaran udara pengertian Udara Ambien adalah udara bebas di permukaan bumi pada lapisan troposfir yang berada di dalam wilayah yurisdiksi Republik Indonesia yang dibutuhkan dan mempengaruhi kesehatan manusia, makhluk hidup dan unsur lingkungan hidup lainnya.

4.3.1. Aktif Sampling / Secara Konvensional

Aktif sampling adalah pengambilan sampel udara dengan menggunakan peralatan mekanik, misalnya pompa untuk mengalirkan udara kedalam media sampling. Pada sampling aktif, terdapat 3 elemen utama, yaitu:

- 1) Calibrator digunakan untuk menunjukkan berapa banyak udara yang telah di dorong atau diisap, dengan kalibrator pompa dapat dikalibrasi sehingga volume udara yang terisap dapat ditentukan secara akurat.
- 2) Sampling pump pompa yang digunakan untuk mendorong atau mengisap udara
- 3) Sampling media, media yang digunakan untuk mengumpulkan kontaminan udara

Untuk menetapkan kadar gas-gas berbahaya secara konvensional, digunakan alat yang disebut air sampler impinger.



Gambar 4.13. Air Sampler Impinger

Peralatan impinger secara keseluruhan terdiri dari :

- 1) Pompa vakum : dibuat dengan sistem vibrasi ganda yang tahan korosi. Kecepatan hisap stabil dan dapat diatur dengan potensiometer
- 2) Tabung impinger : tempat reaksi antara kontaminan udara dengan larutan penangkap. Dapat lebih dari satu tabung.
- 3) Moisture adsorber : tabung berisi bahan penyerap uap air (desikan) untuk melindungi pompa dari korosi.
- 4) Flow meter, yaitu alat pengukur kecepatan aliran udara dengan metoda bubbleflow.

Sampling udara dengan impinger pada hakikatnya terdiri dari beberapa langkah yaitu:

- 1) Menarik udara dengan pompa hisap ke dalam tabung impinger yang berisilarutan 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.

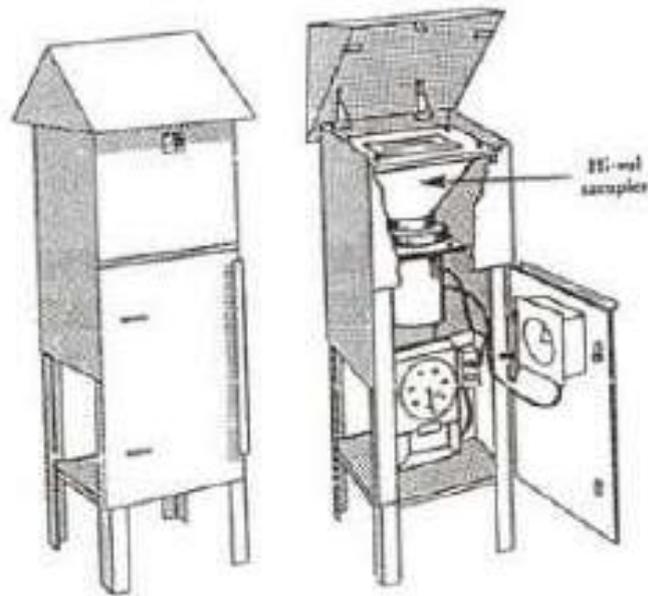
4.3.2. Secara Passive Sampling

Pasif sampling adalah pengambilan sampel udara tanpa menggunakan peralatan pompa, namun melalui proses perpindahan aliran udara secara fisik, yaitu difusi secara alami ke lapisan udara statik, atau media sampling ataupun secara proses permeasi melalui membran.

- 1) Partikulat atau debu adalah suatu benda padat yang tersuspensi di udara dengan ukuran dari 0,3 μ m sampai 100 μ m. Berdasarkan besarnya debu dapat dibedakan menjadi 2 bagian yaitu besar yaitu debu dengan ukuran >10 μ m disebut dengan *dust fall* / debu jatuh, dan yang ukurannya <10 μ m disebut dengan Suspended Partikulate Matter (SPM). Debu yang ukurannya kurang dari 10 μ m bersifat melayang-layang di udara.
- 2) Pengukuran yang digunakan untuk mengukur debu SPM, ada 3 jenis antara lain:

a) **HVS** (*High Volume Sampler*)

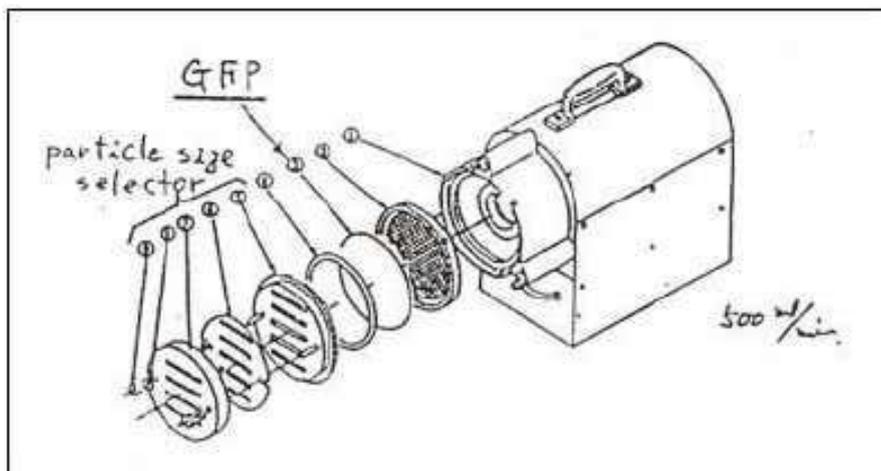
Cara ini dikembangkan sejak tahun 1948 menggunakan filter berbentuk segi empat seukuran kertas A4 yang mempunyai porositas 0,3-0,45 μ m dengan kecepatan pompa 1000-1500 lpm. Pengukuran berdasar metoda ini untuk penentuan sebagai TSP (*Total Suspended Partikulate*). Alat ini dapat digunakan selama 24 jam setiap pengambilan sampel udara ambien. Bentuk alat HVS dapat dilihat pada gambar 2 berikut.



Gambar 4.14. alat HVS (*High Volume Sampler*)

b) **MVS** (*Middle Volume Sampler*)

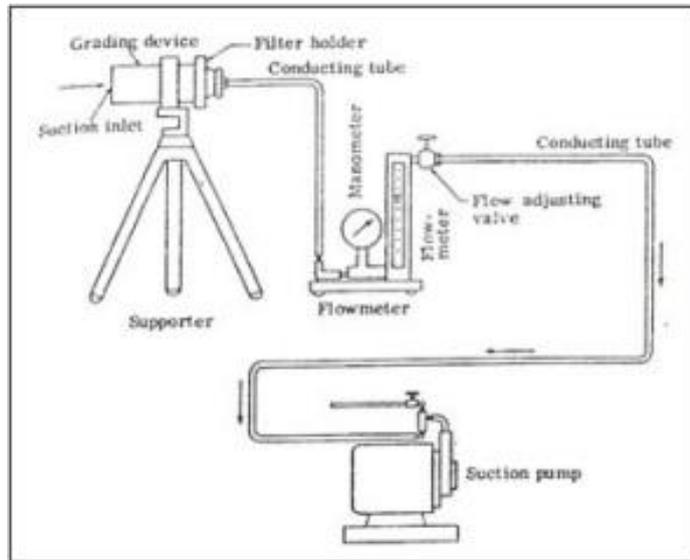
Cara ini menggunakan filter berbentuk bulat dengan porositas $0,3 - 0,45 \mu\text{m}$, kecepatan pompa yang dipakai untuk pengangkatan suspensi *Partikulate Matter* ini adalah 50-500lpm.



Gambar 4.15. alat **MVS** (*Middle Volume Sampler*)

c) **LVS** (*Low Volume Sampler*)

Cara ini menggunakan filter berbentuk lingkaran bulat dengan porositas $0,3-0,45 \mu\text{m}$ dengan kecepatan pompa yang dipakai untuk penangkapan suspensi SPM 10-30 lpm



Gambar 4.16. alat LVS (*Low Volume Sampler*)

4.4. Prinsip dan metode instrumen

Prinsip utama pemilihan instrumen adalah memahami sepenuhnya tujuan penelitian, sehingga peneliti dapat memilih instrumen yang dirahapkan dapat mengantar ke tujuan penelitian. Tujuan penelitian menentukan instrumen apa yang akan digunakan. Ada beberapa kriteria penampilan instrumen yang baik untuk mengontrol ataupun untuk mengukur variabel, yaitu:

a. Akurasi (*accuracy*)

1. Akurasi dari suatu instrument pada hakekatnya berkaitan erat dengan validitas (*kesahihan*) instrumen tersebut.
2. Apakah instrumen benar-benar dapat mengukur apa yang hendak diukur.
3. Apakah masukan yang diukur (*measured*) hanya terdiri dari masukan yang hendak diukur saja ataukah kemasukan unsur-unsur lain.
4. Pengontrolan yang ketat terhadap kemurnian masukan ini adalah sangat penting agar pengaruh luar dapat dieliminasi.
5. Kegagalan pengontrolan ini akan menyebabkan menurunnya akurasi output atau validitas hasil pengukuran.
6. Validitas tentang apa yang hendak diukur disebut validitas kualitatif.
7. Instrument dapat mengukur dengan cermat dalam batas yang hendak diukur, maka validitas yang diperoleh adalah validitas kuantitatif.

b. Persisi (*precision*)

1. Persisi instrumen berkaitan erat dengan keterandalan (*reliability*), yaitu kemampuan memberikan kesesuaian hasil pada pengulangan pengukuran.

2. Instrumen mempunyai presisi yang baik jika dapat menjamin bahwa inputnya sama memberikan output yang selalu sama baik kapan saja, di mana saja, oleh dan kepada siapa saja instrumen ini digunakan memberikan hasil konsisten (*ajeg*).
3. Instrumen dengan presisi yang baik belum tentu akurasinya baik dan sebaliknya.
4. Instrumen yang baik tentu akurasi dan presisinya baik.

Masing-masing metode dan instrumen mempunyai kelebihan dan kekurangan. Dalam melaksanakan satu penilaian biasanya digunakan lebih dari satu metode atau instrumen, agar kelemahan yang satu dapat ditutup dengan kebaikan yang lain. Kadang-kadang sesuatu metode merupakan keharusan untuk dipakai dalam penelitian. Tetapi kadang-kadang merupakan salah satu alternatif saja, sehingga pilihan metode yang dapat digunakan dapat dipilih-pilih. Beberapa metode telah ditetapkan oleh Standar Nasional Indonesia (SNI) dijelaskan pada tabel berikut:

Tabel 4.1. SNI Kualitas Air dan Air Limbah³²

NO.	NOMOR SNI	JUDUL
1.	SNI 6989.1:2019	Air dan air limbah – Bagian 1 : Cara uji daya hantar listrik (DHL)
2.	SNI 6989.2:2009	Air dan air limbah – Bagian 2 : Cara uji Kebutuhan Oksigen Kimiawi (<i>Chemical Oxygen Demand/COD</i>) dengan refluks tertutup secara spektrofotometri
3.	SNI 6989.2:2019	Air dan air limbah – Bagian 2 : Cara uji kebutuhan oksigen kimiawi (<i>chemical oxygen demand / COD</i>) dengan refluks tertutup secara spektrofotometri
4.	SNI 06-6989.3-2004	Air dan air limbah – Bagian 3 : Cara uji padatan tersuspensi total (<i>Total Suspended Solid, TSS</i>) secara gravimetri
5.	SNI 6989.3:2019	Air dan air limbah – Bagian 3 : Cara uji padatan tersuspensi total (<i>Total Suspended Solids, TSS</i>) secara gravimetri
6.	SNI 6989.4:2009	Air dan air limbah – Bagian 4 : Cara uji besi (Fe) secara Spektrofotometri Serapan atom (SSA)-nyala
7.	SNI 6989.5:2009	Air dan air limbah – Bagian 5 : Cara uji mangan (Mn) secara Spektrofotometri Serapan atom (SSA)-nyala
8.	SNI 6989.6:2009	Air dan air limbah – Bagian 6 : Cara uji tembaga (Cu) secara Spektrofotometri Serapan Atom (SSA)-nyala
9.	SNI 6989.7:2009	Air dan air limbah – Bagian 7 : Cara uji seng (Zn) secara Spektrofotometri Serapan Atom (SSA)-nyala
10.	SNI 6989.8:2009	Air dan air limbah – Bagian 8 : Cara uji timbal (Pb) secara Spektrofotometri Serapan Atom (SSA)-nyala
11.	SNI 06-6989.9-2004	Air dan air limbah – Bagian 9 : Cara uji nitrit (NO ₂ -N) secara spektrofotometri
12.	SNI 6989.10-2011	Air dan air limbah – Bagian 10 : Cara uji minyak dan lemak secara gravimetri

³² KemenLHK, 'SNI Kualitas Air Dan Air Limbah', 2019 <<http://standardisasi.menlhk.go.id/>>.

NO.	NOMOR SNI	JUDUL
13.	SNI 06-6989.11-2004	Air dan air limbah – Bagian 11 : Cara uji derajat keasaman (pH) dengan menggunakan alat pH meter
14.	SNI 6989.11:2019	Air dan air limbah – Bagian 11 : Cara uji derajat keasaman (pH) dengan menggunakan pH meter
15.	SNI 06-6989.12-2004	Air dan air limbah – Bagian 12 : Cara uji kesadahan total kalsium (Ca) dan magnesium (Mg) dengan metode titrimetri
16.	SNI 06-6989.13-2004	Air dan air limbah – Bagian 13 : Cara uji kalsium (Ca) dengan metode titrimetri
17.	SNI 06-6989.14-2004	Air dan Air limbah – Bagian 14 : Cara uji oksigen terlarut secara yodometri (modifikasi azida)
18.	SNI 06-6989.15-2004	Air dan air limbah – Bagian 15 : Cara uji kebutuhan oksigen kimiawi (KOK) refluks terbuka dengan refluks terbuka secara spektrofotometri
19.	SNI 6989.15:2019	Air dan air limbah – Bagian 15 : Cara uji kebutuhan oksigen kimiawi (<i>chemical oxygen demand</i> /COD) dengan refluks terbuka secara titrimetri
20.	SNI 6989.16:2009	Air dan air limbah – Bagian 16 : Cara uji kadmium (Cd) secara Spektrofotometri Serapan atom (SSA)-nyala
21.	SNI 6989.17:2009	Air dan air limbah – Bagian 17 : Cara uji krom total (Cr-T) secara Spektrofotometer Serapan Atom (SSA)-nyala
22.	SNI 6989.18:2009	Air dan air limbah – Bagian 18 : Cara uji nikel (Ni) secara Spektrofotometri Serapan Atom (SSA)-nyala
23.	SNI 6989.19:2009	Air dan air limbah – Bagian 19 : Cara uji klorida (Cl ⁻) dengan metode argentometri
24.	SNI 6989.20:2009	Air dan air limbah – Bagian 20 : Cara uji sulfat (SO ₄ ²⁻) secara turbidimetri
25.	SNI 6989.20:2019	Air dan air limbah – Bagian 20 : Cara uji Sulfat (SO ₄ ²⁻) secara turbidimetri
26.	SNI 06-6989.21-2004	Air dan air limbah – Bagian 21 : Cara uji kadar fenol secara spektrofotometri
27.	SNI 06-6989.22-2004	Air dan air limbah – Bagian 22 : Cara uji nilai permanganat secara titrimetri
28.	SNI 06-6989.23-2005	Air dan air limbah – Bagian 23 : Cara uji suhu dengan termometer
29.	SNI 06-6989.24-2005	Air dan air limbah – Bagian 24 : Cara uji warna secara perbandingan visual
30.	SNI 06-6989.25-2005	Air dan air limbah – Bagian 25 : Cara uji kekeruhan dengan nefelometer
31.	SNI 06-6989.26-2005	Air dan air limbah – Bagian 26 : Cara uji kadar padatan total secara gravimetri
32.	SNI 6989.26:2019	Cara uji padatan total (Total Solids, TS) secara gravimetri
33.	SNI 06-6989.27-2005	Air dan air limbah – Bagian 27 : Cara uji kadar padatan terlarut total secara gravimetri
34.	SNI 6989.27:2019	Air dan air limbah – Bagian 27 : Cara uji padatan terlarut

NO.	NOMOR SNI	JUDUL
		total (Total Dissolved Solids, TDS) secara gravimetri
35.	SNI 06-6989.28-2005	Air dan air limbah – Bagian 28 : Cara uji karbon organik total (TOC)
36.	SNI06-6989.29-2005	Air dan air limbah – Bagian 29 : Cara uji fluorida (F ⁻) secara spektrofotometri dengan SPADNS
37.	SNI 06-6989.30-2005	Air dan air limbah – Bagian 30 : Cara uji kadar amonia dengan spektrofotometer secara fenat
38.	SNI 06-6989.31-2005	Air dan air limbah – Bagian 31 : Cara uji kadar fosfat dengan spektrofotometer secara asam askorbat
39.	SNI 06-6989.32-2005	Air dan air limbah – Bagian 32 : Cara uji kadar sulfit (SO ₃ ²⁻) secara titrimetri
40.	SNI 06-6989.33-2005	Air dan air limbah – Bagian 33 : Cara uji kadar perak (Ag) dengan Spektrofotometer Serapan Atom (SSA)
41.	SNI 6989.34:2009	Air dan air limbah – Bagian 34 : Cara uji aluminium (Al) secara Spektrofotometer Serapan Atom (SSA)-nyala
42.	SNI 06-6989.35-2005	Air dan air limbah – Bagian 35 : Cara uji kadar aluminium (Al) terlarut dengan spektrofotometer secara eriokromsianin R
43.	SNI 06-6989.36-2005	Air dan air limbah – Bagian 36 : Cara uji kadar aluminium (Al) dengan Spektrofotometer Serapan Atom (SSA) secara tungku karbon
44.	SNI 06-6989.37-2005	Air dan air limbah – Bagian 37 : Cara uji kadar kadmium (Cd) dengan Spektrofotometer Serapan Atom (SSA) secara ekstraksi
45.	SNI 06-6989.38-2005	Air dan air limbah – Bagian 38 : Cara uji kadar kadmium (Cd) dengan Spektrofotometer Serapan Atom (SSA) secara tungku karbon
46.	SNI 06-6989.39-2005	Air dan air limbah – Bagian 39 : Cara uji kadar barium (Ba) dengan Spektrofotometer Serapan Atom (SSA)
47.	SNI 06-6989.40-2005	Air dan air limbah – Bagian 40 : Cara uji kadar barium (Ba) dengan Spektrofotometer Serapan Atom (SSA) secara tungku karbon
48.	SNI 06-6989.41-2005	Air dan air limbah – Bagian 41 : Cara uji kadar mangan (Mn) dengan Spektrofotometer Serapan Atom (SSA) secara ekstraksi
49.	SNI 06-6989.42-2005	Air dan air limbah – Bagian 42 : Cara uji kadar mangan (Mn) dengan Spektrofotometer Serapan Atom (SSA) secara tungku karbon
50.	SNI 06-6989.43-2005	Air dan air limbah – Bagian 43 : Cara uji kadar seng (Zn) dengan Spektrofotometer Serapan Atom (SSA) secara ekstraksi
51.	SNI 06-6989.44-2005	Air dan air limbah – Bagian 44 : Cara uji kadar seng (Zn) dengan Spektrofotometer Serapan Atom (SSA) secara tungku karbon

NO.	NOMOR SNI	JUDUL
52.	SNI 06-6989.45-2005	Air dan air limbah – Bagian 47 : Cara uji kadar timbal (Pb) dengan Spektrofotometer Serapan Atom (SSA) secara ekstraksi
53.	SNI 6989.46:2009	Air dan air limbah – Bagian 46 : Cara uji kadar timbal (Pb) dengan Spektrofotometer Serapan Atom (SSA) – tungku karbon
54.	SNI 06-6989.47-2005	Air dan air limbah – Bagian 47 : Cara uji kadar nikel (Ni) dengan Spektrofotometer Serapan Atom (SSA) secara ekstraksi
55.	SNI 06-6989.48-2005	Air dan air limbah – Bagian 48 : Cara uji kadar nikel (Ni) dengan Spektrofotometer Serapan Atom (SSA) secara tungku karbon
56.	SNI 06-6989.49-2005	Air dan air limbah – Bagian 49 : Cara uji kadar besi (Fe) dengan Spektrofotometer Serapan Atom (SSA) secara ekstraksi
57.	SNI 06-6989.50-2005	Air dan air limbah – Bagian 50 : Cara uji kadar besi (Fe) dengan Spektrofotometer Serapan Atom (SSA) secara tungku karbon
58.	SNI 06-6989.51-2005	Air dan air limbah – Bagian 51 : Cara uji kadar surfaktan anionik dengan spektrofotometer secara biru metilen
59.	SNI 06-6989.52-2005	Air dan air limbah – Bagian 52 : Cara uji kadar nitrogen organik secara makro kjedahl dan titrasi
60.	SNI 6989.53-2010	Air dan air limbah – Bagian 53 : Cara uji kadar krom heksavalen (Cr-VI) dengan Spektrofotometer Serapan Atom (SSA) secara ekstraksi
61.	SNI 06-6989.54-2005	Air dan air limbah – Bagian 54 : Cara uji kadar arsen (As) dengan Spektrofotometer Serapan Atom (SSA) secara tungku karbon
62.	SNI 06-6989.55-2005	Air dan air limbah – Bagian 55 : Cara uji kadar magnesium (Mg) dengan Spektrofotometer Serapan Atom (SSA)
63.	SNI 06-6989.56-2005	Air dan air limbah – Bagian 56 : Cara uji kadar kalsium (Ca) dengan Spektrofotometer Serapan Atom (SSA)
64.	SNI 6989.57:2008	Air dan air limbah – Bagian 57: Metode pengambilan contoh air permukaan
65.	SNI 6989.58:2008	Air dan air limbah – Bagian 58: Metode pengambilan contoh air tanah
66.	SNI 6989.59:2008	Air dan air limbah – Bagian 59: Metode pengambilan contoh air limbah
67.	SNI 6989.63:2009	Air dan air limbah – Bagian 63: Cara uji perak (Ag) secara Spektrofotometri Serapan Atom (SSA)-tungku karbon
68.	SNI 6989.64:2009	Air dan air limbah – Bagian 64: Cara uji timah (Sn) secara Spektrofotometri Serapan Atom (SSA)-tungku karbon
69.	SNI 6989.65:2009	Air dan air limbah – Bagian 65: Cara uji krom (Cr) secara Spektrofotometri Serapan Atom (SSA)-tungku karbon

NO.	NOMOR SNI	JUDUL
70.	SNI 6989.66:2009	Air dan air limbah – Bagian 66: Cara uji tembaga (Cu) secara Spektrofotometri Serapan Atom (SSA)-tungku karbon
71.	SNI 6989.67:2009	Air dan air limbah – Bagian 67: Cara uji tembaga (Cu) secara ekstraksi dengan Spektrofotometri Serapan Atom (SSA)-nyala
72.	SNI 6989.68:2009	Air dan air limbah – Bagian 68: Cara uji kobal (Co) secara Spektrofotometri Serapan Atom (SSA)-nyala
73.	SNI 6989.69:2009	Air dan air limbah – Bagian 69: Cara uji kalium (K) secara Spektrofotometri Serapan Atom (SSA)-nyala
74.	SNI 6989.70:2009	Air dan air limbah – Bagian 70: Cara uji sulfida dengan biru metilen secara spektrofotometri
75.	SNI 6989.71:2009	Air dan air limbah – Bagian 71: Cara uji krom heksavalen (Cr-VI) dalam contoh uji secara spektrofotometri
76.	SNI 6989.72:2009	Air dan air limbah – Bagian 72: Cara uji Kebutuhan Oksigen Biokimia (Biochemical Oxygen Demand/BOD)
77.	SNI 6989.73:2009	Air dan air limbah – Bagian 73: Cara uji Kebutuhan Oksigen Kimiawi (Chemical Oxygen Demand/COD) dengan refluks tertutup secara titrimetri
78.	SNI 6989.73:2019	Air dan air limbah – Bagian 73 : Cara uji kebutuhan oksigen kimiawi (<i>chemical oxygen demand / COD</i>) dengan refluks tertutup secara titrimetri
79.	SNI 6989.74:2009	Air dan air limbah – Bagian 74: Cara uji nitrat (NO_3^-) secara elektroda selektif ion
80.	SNI 6989.75:2009	Air dan air limbah – Bagian 75: Cara uji sulfida secara iodometri
81.	SNI 6989.76:2011	Air dan air limbah – Bagian 76: Cara uji sianida total (CN^- -T) secara elektroda selektif ion
82.	SNI 6989.77:2011	Air dan air limbah – Bagian 77: Cara uji sianida total (CN^-) secara spektrofotometri
83.	SNI 6989.78:2011	Air dan air limbah – Bagian 78: Cara uji raksa (Hg) secara Spektrofotometri Serapan Atom (SSA) – uap dingin atau Mercury Analyzer
84.	SNI 6989-78:2019	Air dan air limbah – Bagian 78: Cara uji air raksa atau merkuri (Hg) secara Spektrometri Serapan Atom (SSA) – uap dingin
85.	SNI 6989.79:2011	Air dan air limbah – Bagian 79: Cara uji nitrat (NO_3^- -N) dengan spektrofotometer UV-visibel secara reduksi kadmium
86.	SNI 6989.80:2011	Air dan air limbah – Bagian 80: cara uji warna secara spektrofotometri
87.	SNI 6989-81:2018	Air dan air limbah – Bagian 81: Cara uji Arsen (As) secara Spektrofotometri Serapan Atom (SSA) – generator hidrida
88.	SNI 6989-82:2018	Air dan air limbah – Bagian 82: Cara uji logam menggunakan spectrometer emisi atom <i>Inductively Coupled Plasma Optical Emission Spectrometric (ICP-OES)</i>
89.	SNI 6989-83:2018	Air dan air limbah – Bagian 83: Cara uji Selenium (Se)

NO.	NOMOR SNI	JUDUL
		secara Spektrofotometri Serapan Atom (SSA) – generator hidrida
90.	SNI 6989-84:2019	Air dan air limbah – Bagian 84 : Cara uji kadar logam terlarut dan logam total secara Spektrometri Serapan Atom (SSA) – nyala
91.	SNI ISO 17381:2003	Kualitas air – Pemilihan dan penerapan metode <i>test kit</i> siap pakai untuk analisis air
92.	SNI ISO 15839:2003	Kualitas air – Sensor/peralatan analisis <i>on-line</i> untuk air – Spesifikasi dan uji kinerja

Tabel 4.2. SNI Kualitas Udara – Emisi Sumber Tidak Bergerak³³

No.	Nomor SNI	Judul SNI
1	SNI 19-7117.1-2005	Emisi gas buang – Sumber tidak bergerak – Bagian 1: Penentuan kecepatan alir
2	SNI 19-7117.2-2005	Emisi gas buang – Sumber tidak bergerak – Bagian 2: Penentuan lokasi dan titik-titik lintas pengambilan contoh uji partikel
3	SNI 19-7117.3.1-2005	Emisi gas buang – Sumber tidak bergerak – Bagian 3: Oksida-oksida sulfur (SO _x) – Seksi 1: Cara uji dengan metoda turbidimetri menggunakan spektrofotometer
4	SNI 19-7117.3.2-2005	Emisi gas buang – Sumber tidak bergerak – Bagian 3: Oksida-oksida sulfur (SO _x) – Seksi 2: Cara uji dengan metoda netralisasi titrimetri <i>titrimetry</i>
5	SNI 19-7117.4-2005	Emisi gas buang – Sumber tidak bergerak – Bagian 4: Cara uji kadar uap air dengan metoda gravimetrik
6	SNI 19-7117.5-2005	Emisi gas buang – Sumber tidak bergerak – Bagian 5: Cara uji oksida-oksida nitrogen dengan metoda Phenol Disulphonic Acid (PDS) menggunakan spektrofotometer
7	SNI 19-7117.6-2005	Emisi gas buang – Sumber tidak bergerak – Bagian 6: Cara uji kadar amoniak (NH ₃) dengan metoda indofenol menggunakan spektrofotometer
8	SNI 19-7117.7-2005	Emisi gas buang – Sumber tidak bergerak – Bagian 7: Cara uji kadar hidrogen Sulfida (H ₂ S) dengan metoda biru metilen menggunakan spektrofotometer
9	SNI 19-7117.8-2005	Emisi gas buang – Sumber tidak bergerak – Bagian 8: Cara uji kadar hidrogen klorida (HCl) dengan metoda merkuri tiosianat menggunakan spektrofotometer
10	SNI 19-7117.9-2005	Emisi gas buang – Sumber tidak bergerak – Bagian 9: Cara uji kadar hidrogen fluorida (HF) dengan metoda kompleks lanthanum alizarin menggunakan spektrofotometer
11	SNI 19-7117.10-2005	Emisi gas buang – Sumber tidak bergerak – Bagian 10: Cara uji konsentrasi CO, CO ₂ , dan O ₂ dengan peralatan analisis otomatis

³³ KemenLHK, 'Daftar SNI Komite Teknis 13 – 03 Kualitas Lingkungan - Kualitas Udara', 2019 <<http://standardisasi.menlhk.go.id/>>.

12	SNI 19-7117.11-2005	Emisi gas buang – Sumber tidak bergerak – Bagian 11: Cara uji opasitas menggunakan skala Ringelmann untuk asap hitam
13	SNI 19-7117.12-2005	Emisi gas buang – Sumber tidak bergerak – Bagian 12: Penentuan total partikel secara isokinetik
14	SNI 7117. 13:2009	Emisi gas buang – Sumber tidak bergerak- Bagian 13: Penentuan lokasi dan titik-titik lintas untuk pengambilan contoh uji partikulat dan kecepatan linier
15	SNI 7117. 14:2009	Emisi gas buang – Sumber tidak bergerak- Bagian 14: Penentuan kecepatan linier
16	SNI 7117. 15:2009	Emisi gas buang – Sumber tidak bergerak- Bagian 15: Penentuan berat molekul kering
17	SNI 7117. 16:2009	Emisi gas buang – Sumber tidak bergerak- Bagian 16: Penentuan kadar uap air secara gravimetri
18	SNI 7117. 17:2009	Emisi gas buang – Sumber tidak bergerak- Bagian 17: Penentuan kadar partikulat secara isokinetik
19	SNI 7117. 18:2009	Emisi gas buang – Sumber tidak bergerak- Bagian 18: Cara uji sulfur dioksida (SO ₂) secara turbidimetri menggunakan spektrofotometer
20	SNI 7117. 19:2009	Emisi gas buang – Sumber tidak bergerak- Bagian 19: Cara uji Total Reduced Sulfur (TRS) secara turbidimetri dengan alat spektrofotometer
21	SNI 7117. 20:2009	Emisi gas buang – Sumber tidak bergerak- Bagian 20: Penentuan kadar logam

Tabel 4.3. SNI Kualitas Udara – Emisi Sumber Bergerak³⁴

No.	Nomor SNI	Judul SNI
1	SNI 09-7118.1-2005	Emisi gas buang – Sumber bergerak – Bagian 1: Cara uji kendaraan bermotor kategori M, N dan O berpengerak penyalan cetus api pada kondisi idle
2	SNI 09-7118.2-2005	Emisi gas buang – Sumber bergerak – Bagian 2: Cara uji kendaraan bermotor kategori M, N dan O berpengerak penyalan kompresi pada kondisi akselari bebas
3	SNI 7118-2-2018	Emisi gas buang – Sumber bergerak – Bagian 2: Cara uji emisi asap alat berat dan kendaraan bermotor kategori M, N dan O berpengerak motor bakar penyalan kompresi pada kondisi akselerasi bebas
4	SNI 09-7118.3-2005	Emisi gas buang – Sumber bergerak – Bagian 3: Cara uji kendaraan bermotor kategori L pada kondisi idle

³⁴ KemenLHK, 'Daftar SNI Komite Teknis 13 – 03 Kualitas Lingkungan - Kualitas Udara'.

Tabel 4.4. SNI Kualitas Udara – Ambien³⁵

No.	Nomor SNI	Judul SNI
1	SNI 19-7119.1-2005	Udara ambien – Bagian 1: Cara uji kadar amoniak (NH ₃) dengan metoda indofenol menggunakan spektrofotometer
2	SNI 19-7119.2-2005	Udara ambien – Bagian 2: Cara uji kadar nitrogen oksida (NO ₂) dengan metoda Griess Saltman menggunakan spektrofotometer
3	SNI 7119-2:2017	Udara ambien – Bagian 2: Cara uji kadar nitrogen oksida (NO ₂) dengan metoda Griess Saltman menggunakan spektrofotometer
4	SNI 19-7119.3-2005	Udara ambien – Bagian 3: Cara uji partikel tersuspensi total menggunakan peralatan <i>High Volume Air Sampler</i> (HVAS) dengan metoda gravimetri
5	SNI 7119-3:2017	Udara ambien – Bagian 3: Cara uji partikel tersuspensi total menggunakan peralatan <i>High Volume Air Sampler</i> (HVAS) dengan metoda gravimetri
6	SNI 19-7119.4-2005	Udara ambien – Bagian 4: Cara uji kadar timbal (Pb) dengan metoda destruksi basah menggunakan spektrofotometer serapan
7	SNI 7119-4:2017	Udara ambien – Bagian 4: Cara uji kadar timbal (Pb) dengan metoda destruksi cara basah menggunakan spektrofotometer serapan atom
8	SNI 19-7119.5-2005	Udara ambien – Bagian 5: Cara uji kadar sulfat indeks dengan media PbO ₂ candle secara turbidimetri menggunakan spektrofotometer
9	SNI 19-7119.6-2005	Udara ambien – Bagian 6: Penentuan lokasi pengambilan contoh uji pemantauan kualitas udara ambien
10	SNI 19-7119.7-2005	Udara ambien – Bagian 7: Cara uji kadar sulfur dioksida (SO ₂) dengan metoda pararosanilin menggunakan spektrofotometer
11	SNI 7119-7:2017	Udara ambien – Bagian 7: Cara uji kadar sulfur dioksida (SO ₂) dengan metoda pararosanilin menggunakan spektrofotometer
12	SNI 19-7119.8-2005	Udara ambien – Bagian 8: Cara uji kadar oksidan dengan metoda neutral buffer kalium iodida (NBKI) menggunakan spektrofotometer
13	SNI 7119-8:2017	Udara ambien – Bagian 8: Cara uji kadar oksidan dengan metoda neutral buffer kalium iodida (NBKI) menggunakan spektrofotometer
14	SNI 19-7119.9-2005	Udara ambien – Bagian 9: Penentuan lokasi pengambilan contoh uji pemantauan kualitas udara roadside
15	SNI 7119.10:2011	Udara ambien – Bagian 10: Cara uji kadar karbon monoksida (CO) menggunakan metode <i>Non Dispersive Infra Red</i> (NDIR)
16	SNI 7119.13:2009	Udara ambien – Bagian 13: Cara uji hidrokarbon (HC) menggunakan hydrocarbon analyzer dengan detektor ionisasi nyala (Flame Ionization Detector/FID)
17	SNI 7119.14:2016	Udara ambien – Bagian 14: Cara uji partikel dengan ukuran ≤ 2,5 μm (PM _{2.5}) menggunakan peralatan <i>High Volume Air Sampler</i> (HVAS) dengan metoda gravimetri
18	SNI 7119.15:2016	Udara ambien – Bagian 15: Cara uji partikel dengan ukuran ≤ 10 μm (PM ₁₀) menggunakan peralatan <i>High Volume Air Sampler</i> (HVAS) dengan metoda gravimetri

³⁵ KemenLHK, 'Daftar SNI Komite Teknis 13 – 03 Kualitas Lingkungan - Kualitas Udara'.

BAB 5

METODE DAN TEKNIK SAMPLING ANALISIS KUALITAS AIR

Penilaian kualitas pada lingkungan merupakan kegiatan pengumpulan sejumlah kecil sampel dari populasi yang banyak namun masih mewakili secara keseluruhan (*Representative*). Oleh karena itu, pengambilan sampel harus mewakili kumpulannya dan mempertimbangkan hal-hal sebagai berikut: perencanaan pengambilan sampel, petugas pengambil sampel, prosedur pengambilan sampel, peralatan pengambil sampel yang digunakan, frekuensi pengambilan sampel, keselamatan kerja dan dokumentasi terkait pengambilan sampel. Proses pengambilan sampel jika tidak dilakukan secara benar, maka secanggih apapun peralatan yang dipergunakan tidak akan menghasilkan data yang dapat menggambarkan kondisi sesungguhnya.

5.1. Kaidah Pengambilan Sampel Air³⁶

Persiapan yang harus dilakukan sebelum pengambilan sampel di lapangan adalah personel pengambil sampel, persiapan peralatan pengambil sampel, persiapan peralatan pengukuran di lapangan, persiapan peralatan pendukung, persiapan prosedur pengambilan sampel, persiapan wadah sampel, persiapan bahan pengawet (bila diperlukan), kalibrasi alat pengukur parameter lapangan, persiapan dokumentasi, persiapan pengendalian mutu lapangan dan persiapan rekaman lapangan.

5.1.1. Tujuan Pengukuran

Tujuan pengukuran Sampling Air adalah untuk mendapatkan sampel yang andal. Metode pengambilan sampel ini meliputi persyaratan dan tata cara pengambilan sampel kualitas air untuk keperluan pemeriksaan kualitas air yang mencakup pemeriksaan sifat fisik, kimia, mikrobiologi, biologi dan lain-lain.

5.1.2. Syarat Pengukuran Sampel Air

Dalam pengambilan sampel air, ada beberapa persyaratan yang harus dipenuhi yakni:

1. Sampel air yang mewakili populasi (Representatif). Agar sampel air yang diambil Representatif maka:
 - a. Pemilihan lokasi yang tepat
 - b. Teknik pengambilan sampel
 - c. Metode pengawetan sampel
2. Metode analisis dengan tingkat akurasi dan presisi yang dapat diterima
3. Peralatan dan instrumentasi yang terkalibrasi
4. SDM yang memadai (analisis dan laboran dengan pengetahuan dan keterampilannya)

³⁶ 'Metode Pengambilan Contoh Uji Kualitas Air'.

5.1.3. Perencanaan

Pengambilan sampel yang telah direncanakan dengan baik akan mendukung pelaksanaan yang optimal. Dengan demikian pengambilan sampel merupakan tahap awal yang dilakukan dalam penentuan kualitas air, yang akan menentukan hasil pekerjaan pada berikutnya. Secara garis besar prosedur pengambilan sampel terdiri dari perencanaan, persiapan, pelaksanaan pengambilan sampel serta *Quality Assurance* (QA) dan *Quality Control* (QC) pengambilan sampel. Hal penting bagi pengambil sampel sebelum ke lapangan adalah menyusun perencanaan dalam suatu dokumen yang membantu dalam setiap tahapan pengambilan sampel secara jelas dan sistematis.

Beberapa hal yang perlu dilakukan dalam perencanaan pengambilan sampel adalah :

1. Menentukan tujuan pengambilan sampel
2. Menentukan alat pengambil sampel yang sesuai;
3. Menentukan apakah pengambilan sampel harus sesuai dengan standar atau peraturan tertentu;
4. Menentukan metode analisis;
5. Pemilihan teknik sampling dan menentukan apakah sampling dilakukan secara random atau acak;
6. Menentukan jumlah, volume dan jenis wadah sampel;
7. Menentukan waktu, lokasi sampling dan jenis sampel;
8. Menentukan frekuensi sampling;
9. Menyiapkan pengendalian mutu;
10. Menyiapkan dokumentasi (daftar periksa persiapan pengambilan sampel, formulir rekaman data pengambilan sampel, laporan pengambilan sampel)
11. Pengamanan sampel terdiri dari :
 - a. Identifikasi/pengkodean sampel
 - b. Pengemasan sampel
 - c. Penyegehan wadah sampel, bila diperlukan
 - d. Tindakan pencegahan selama transportasi ke laboratorium, jika ada ketidaksesuaian
 - e. Penyimpanan sampel di laboratorium

5.1.4. Pola Kerja

Urutan pelaksanaan pengambilan sampel kualitas air adalah sebagai berikut :

1. Menentukan lokasi pengambilan sampel
2. Menentukan titik pengambilan sampel

3. Melakukan pengambilan sampel
4. Melakukan pemeriksaan kualitas air di lapangan
5. Melakukan pengolahan pendahuluan dan pengawetan sampel
6. Pengepakan sampel dan pengangkutan ke laboratorium.

5.2. Lokasi pengambilan sampel³⁷

Lokasi pengambilan sampel ditentukan berdasarkan pada tujuan pemeriksaan. Lokasi pengambilan sampel dilakukan pada air permukaan dan air tanah. Lokasi pengambilan sampel di air permukaan dapat berasal dari daerah pengaliran sungai dan danau/waduk sedangkan lokasi pengambilan sampel di air tanah dapat berasal dari Lokasi pengambilan sampel air tanah dapat berasal dari air tanah bebas (tidak tertekan) dan air tanah tertekan.

5.2.1. Sungai

Pemantauan kualitas air pada suatu daerah pengaliran sungai berdasarkan pada:

- (a) Sumber air alamiah, yaitu lokasi pada tempat yang belum terjadi atau masih sedikit pencemaran
- (b) Sumber air tercemar, yaitu lokasi pada tempat yang telah mengalami perubahan atau di hilir sumber pencemar
- (c) Sumber air yang dimanfaatkan, yaitu lokasi pada tempat penyadapan pemanfaatan sumber air tersebut

5.2.2. Danau/Waduk

Pemantauan kualitas air pada danau/waduk berdasarkan pada :

- a) Daerah masuknya air sungai ke danau/waduk. Penentuan lokasi ini untuk mengetahui kualitas air oleh masuknya air sungai ke badan air danau/waduk;
- b) Pada bagian tengah danau/waduk untuk mengetahui kualitas air danau/waduk pada umumnya;
- c) Daerah pemanfaatan air danau/waduk yaitu lokasi tertentu dimana air danau/waduk dimanfaatkan untuk bahan baku air minum, perikanan, pertanian, pembangkit listrik tenaga air, dan lain sebagainya. Penentuan lokasi ini untuk mengetahui kualitas air danau/waduk yang akan dimanfaatkan untuk suatu aktifitas tertentu;
- d) daerah keluarnya air danau/waduk. Penentuan lokasi ini untuk mengetahui kualitas air danau/waduk secara keseluruhan bila dibandingkan dengan daerah masuknya air ke danau/waduk.

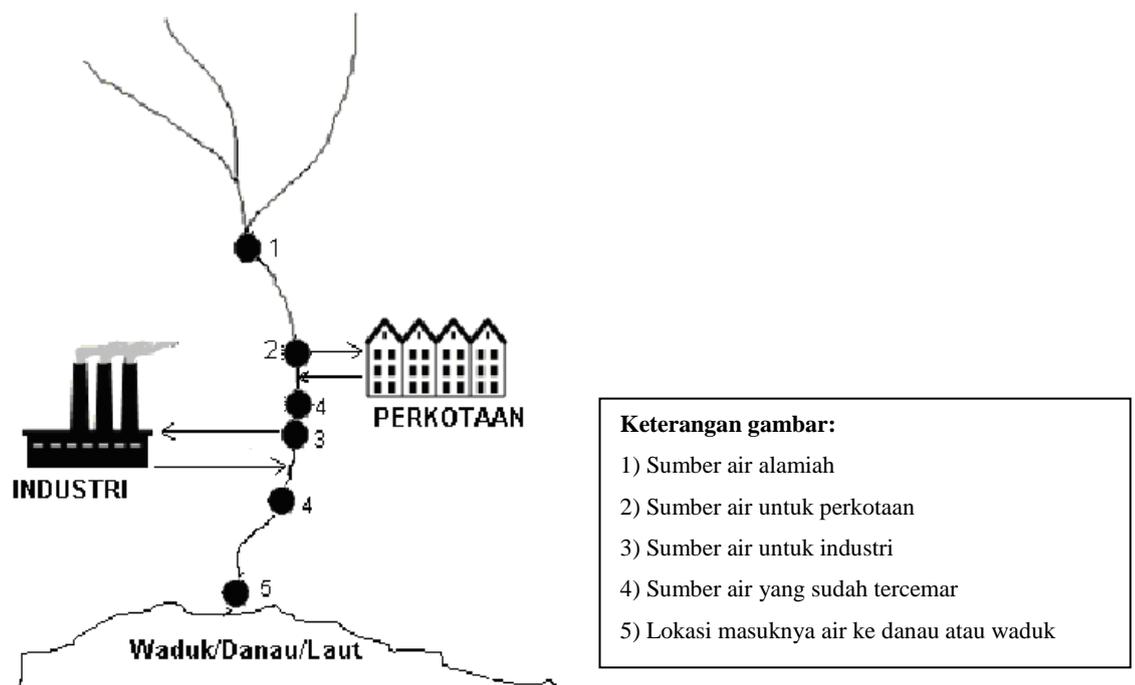
³⁷ SNI, 'SNI 6989.57:2008 Air Dan Air Limbah – Bagian 57: Metode Pengambilan Contoh Air Permukaan', 2008; SNI, SNI 6989.58:2008 Air Dan Air Limbah - Bagian 58: Metoda Pengambilan Contoh Air Tanah, 2008.

5.2.3. Air tanah bebas (tidak tertekan)

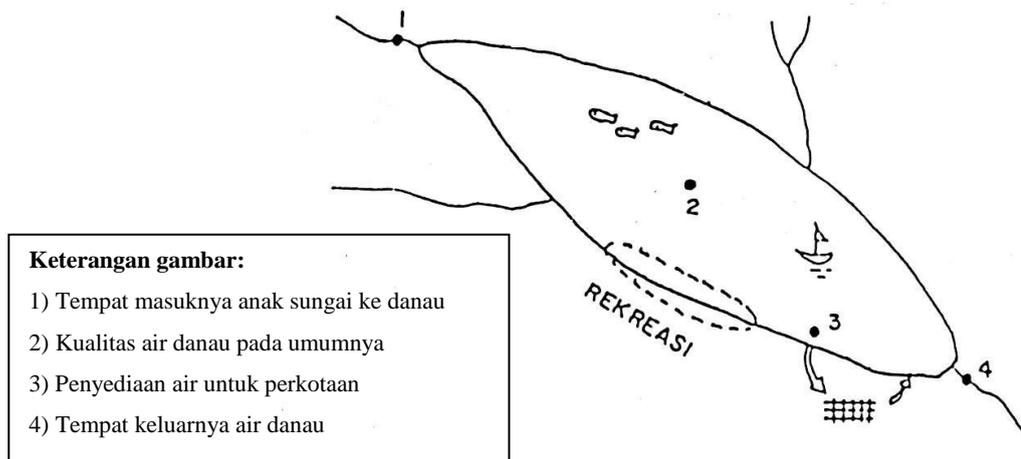
- (a) Di sebelah hulu dan hilir dari lokasi penimbunan/pembuangan sampah kota/industri
- (b) Di sebelah hilir daerah pertanian yang intensif menggunakan pestisida dan pupuk kimia
- (c) Di daerah pantai dimana terjadi penyusupan air asin
- (d) Tempat-tempat lain yang dianggap perlu.

5.2.4. Air tanah tertekan

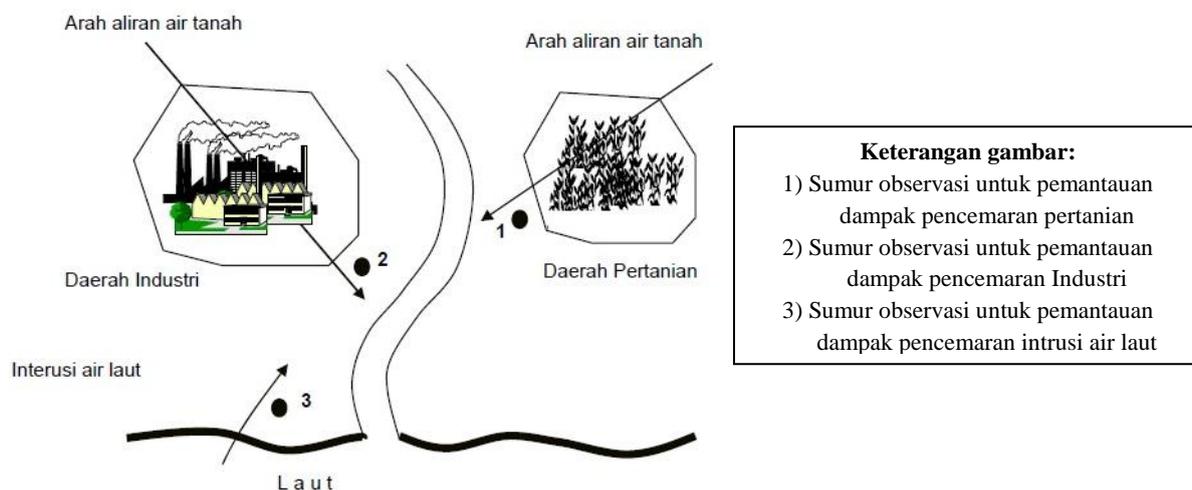
- (a) Di sumur produksi air tanah untuk pemenuhan kebutuhan perkotaan, pedesaan, pertanian dan industri
- (b) Di sumur produksi air tanah PAM maupun sarana umum
- (c) Di sumur-sumur pemantauan kualitas air tanah
- (d) Di lokasi kawasan industri
- (e) Di sumur observasi untuk pengawasan imbuhan
- (f) Pada sumur observasi air tanah di suatu cekungan air tanah artesis (misalnya : cekungan artesis Bandung)
- (g) Pada sumur observasi di wilayah pesisir dimana terjadi penyusupan air asin
- (h) Pada sumur observasi penimbunan/pengolahan limbah industri bahan berbahaya



Gambar 5.1. Sampel Lokasi Pengambilan Air Sungai



Gambar 5.2. Sampel Lokasi Pengambilan Air Danau/Waduk



Gambar 5.3. Sampel Lokasi Pengambilan Air Tanah

5.3. Titik Pengambilan Sampel

5.3.1. Sungai

Dalam pengambilan titik sampel, pada prinsipnya dipilih lokasi yang dianggap bercampur sempurna.

1. Hindari pengambilan sampel di tempat yang diam (stagnan)
2. Jika sungai terdiri dari beberapa aliran yang terpisah, pilih aliran yang terbesar
3. Jika ada anak sungai dari air limbah, sampling dilakukan pada sungai utama sebelum dan sesudah pencampuran dari anak sungai dan di lokasi anak sungai
4. lokasi sampling air dipengaruhi kecepatan air (SNI 06-2421-1991) :

Tabel 5.1. Lokasi sampling air dipengaruhi kecepatan air sungai

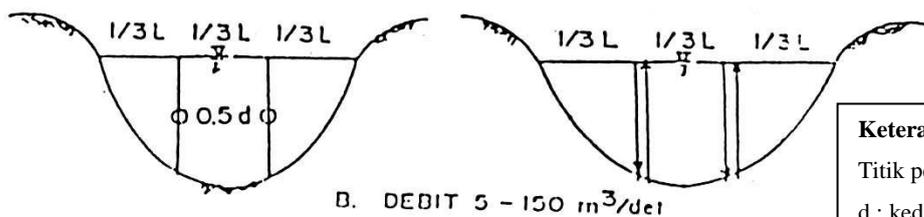
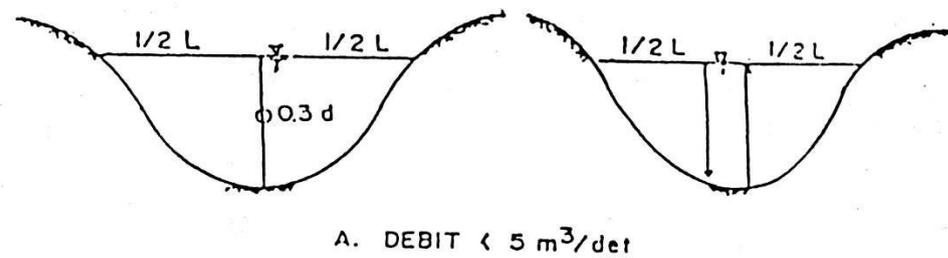
Debit air	Lokasi Sampling
< 5 m ³ /s	Satu titik di tengah sungai pada 0,5 x kedalaman dari permukaan
5 – 150 m ³ /s	Dua titik, @ 1/3 dan 2/3 lebar sungai pada 0,5 x kedalaman sungai
> 150 m ³ /s	Minimum 6 titik, @ 1/4, 1/2, 3/4, lebar sungai pada 0,2 dan 0,8 x kedalaman sungai

5.3.2. Danau/Waduk

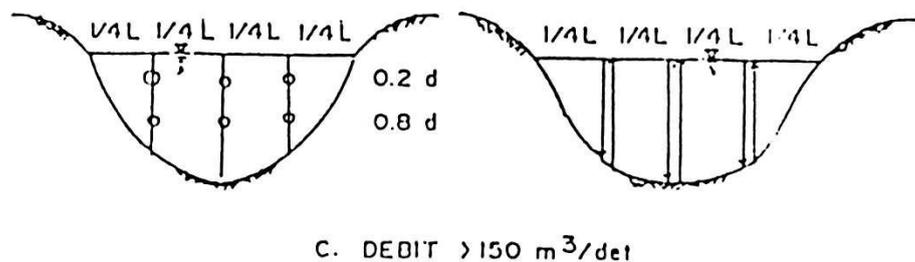
Titik pengambilan Sampel air danau dipengaruhi oleh kedalaman air (SNI 06-2421-1991)

Tabel 5.2. Lokasi sampling air dipengaruhi kedalaman air danau

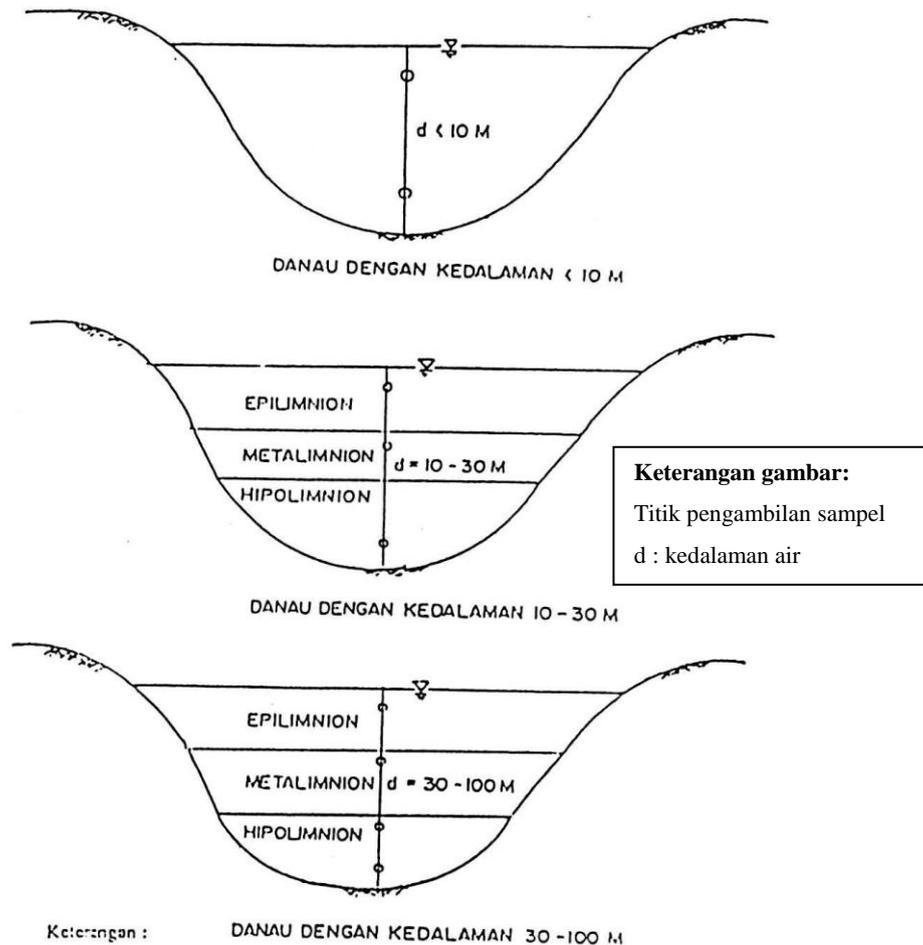
Debit air	Lokasi Sampling
< 10 m	Dua titik, permukaan dan dasar danau
10 – 30 m	Tiga titik, permukaan, tengah dan dasar
30 – 100 m	Empat titik, permukaan, tengah dan dasar



Keterangan gambar:
 Titik pengambilan sampel
 d : kedalaman air
 L : lebar sungai



Gambar 5.4. Titik Pengambilan Sampel Air Sungai



Gambar 5.5. Titik Pengambilan Sampel Waduk / Danau

5.3.3. Air Tanah Bebas

- (a) Pada sumur gali sampel diambil pada kedalaman 20 cm di bawah permukaan air dan sebaiknya diambil pada pagi hari ;
- (b) Pada sumur bor dengan pompa tangan /mesin, sampel diambil dari kran/mulut pompa tempat keluarnya air setelah air dibuang selama lebih kurang lima menit.

5.3.4. Air Tanah Tertekan (Artesis)

- (a) Pada sumur bor eksplorasi sampel diambil pada titik yang telah ditentukan sesuai keperluan eksplorasi
- (b) Pada sumur observasi sampel diambil pada dasar sumur setelah air dalam sumur bor/pipa dibuang sampai habis (dikuras) sebanyak tiga kali ;
- (c) Pada sumur produksi sampel diambil pada kran/mulut pompa keluarnya air.

5.4. Pengambilan sampel

Beberapa tahapan pekerjaan yang dilakukan dalam pengambilan sampel dilapangan sampai sampel sebelum dibawa dan dianalisis di laboratorium yaitu menyiapkan wadah sampel, membilas alat pengambil sampel dengan air suling, membilas alat pengambil sampel sebanyak 3x dengan

sampel yang akan di ambil, mengambil sampel sesuai dengan titik sampling dan memasukannya ke dalam wadah yang sesuai, melakukan dan memberi bahan pengawet yang sesuai ke dalam sampel yang sudah diambil, memberi label pada wadah sampel, mengamankan sampel serta wadahnya misalnya disegel dengan benar, mengukur parameter lapangan dan mencatat kondisi lapangan.

5.4.1. Pengambilan sampel untuk pemeriksaan sifat fisik dan kimia air

Tahapan pengambilan sampel untuk keperluan ini adalah :

- (a) Menyiapkan alat pengambil sampel yang sesuai dengan keadaan sumber air ;
- (b) Membilas alat dengan sampel yang akan diambil, sebanyak tiga kali ;
- (c) Mengambil sampel sesuai dengan keperluan dan campurkan dalam penampung sementara hingga merata ;
- (d) Apabila sampel diambil dari beberapa titik, maka volume sampel yang diambil dari setiap titik harus sama.

5.4.2. Pengambilan sampel untuk pemeriksaan oksigen terlarut

Pengambilan sampel untuk pemeriksaan oksigen terlarut dapat dilakukan dengan dua cara, yakni secara langsung dan dengan alat khusus. Tahapan pengambilan sampel dengan cara langsung adalah sebagai berikut :

- (a) Siapkan botol KOB yang bersih dan mempunyai volume + 300 mL serta dilengkapi dengan tutup asah
- (b) Celupkan botol dengan hati-hati ke dalam air dengan posisi mulut botol searah dengan aliran air, sehingga air masuk ke dalam botol dengan tenang, atau dapat pula dengan menggunakan sifon
- (c) Isi botol sampai penuh dan hindarkan terjadinya turbulensi dan gelembung udara selama pengisian, kemudian botol ditutup
- (d) sampel siap untuk dianalisis.

Sedangkan pengambilan sampel air dengan alat khusus, tahapan pengambilan sampel dilakukan dengan cara sebagai berikut :

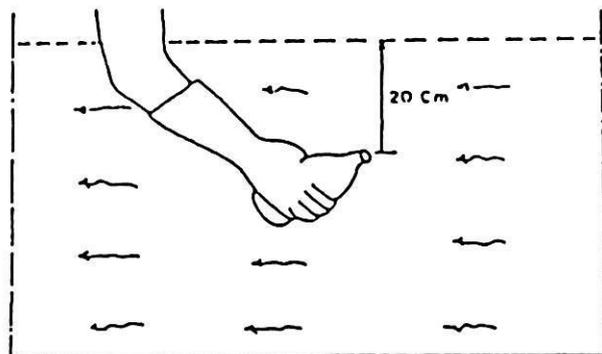
- (a) Siapkan botol KOB yang bersih dan mempunyai volume + 300 mL serta dilengkapi dengan tutup asah
- (b) Masukkan botol ke dalam alat khusus
- (c) Ikuti prosedur pemakaian alat tersebut.

5.4.3. Pemeriksaan mikrobiologi

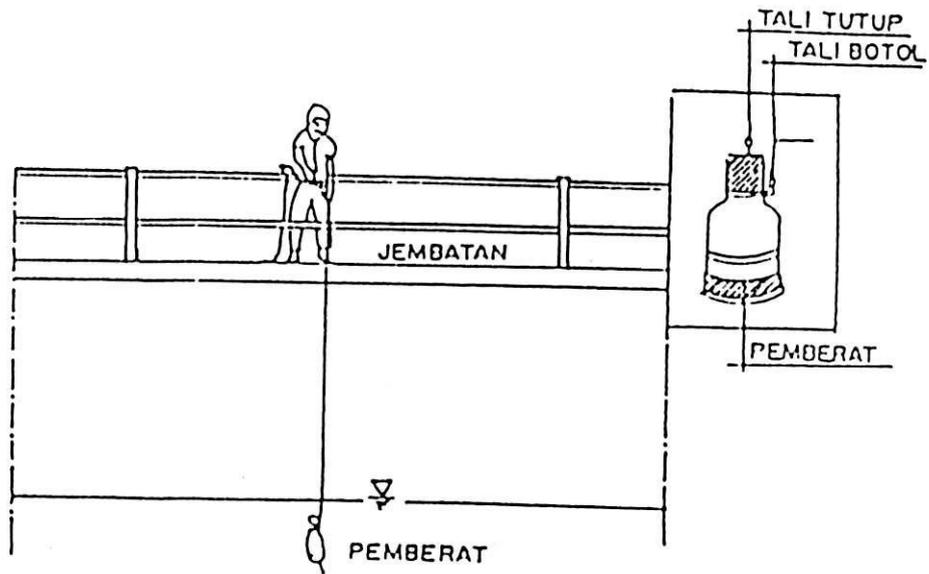
Pengambilan sampel untuk pemeriksaan mikrobiologi dapat dilakukan pada air permukaan dan air tanah dengan penjelasan sebagai berikut :

- 1) Air permukaan secara langsung tahapan pengambilan sampel ini sebagai berikut :

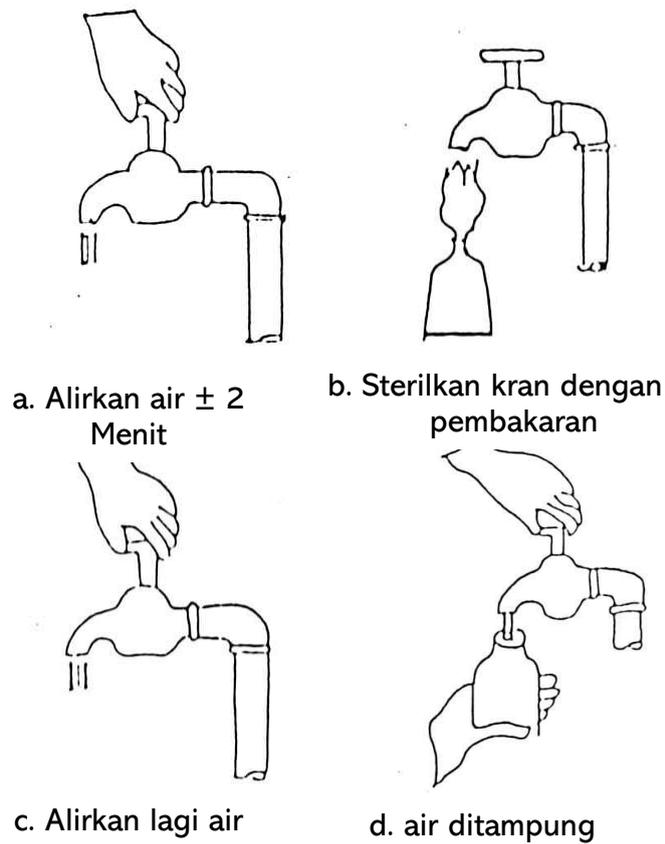
- (a) Siapkan botol yang volumenya paling sedikit 100 mL dan telah disterilkan pada suhu 120°C selama 15 menit atau dengan cara sterilisasi lain
 - (b) Ambil sampel dengan cara memegang botol steril bagian bawah dan celupkan botol stem + 20 cm di bawah permukaan air dengan posisi mulut botol berlawanan dengan arah aliran.
- 2) Air permukaan secara tidak langsung dari jembatan atau lintasan gantung tahapan pengambilan ini sebagai berikut :
- (a) Siapkan botol steril yang tutupnya terbungkus kertas aluminium
 - (b) Ikat botol dengan tali dan pasang pemberat di bagian dasar botol
 - (c) Buka pembungkus kertas di bagian mulut botol dan turunkan botol perlahan-lahan ke dalam permukaan air
 - (d) Tarik tali sambil digulung
 - (e) Buang sebagian isi botol hingga volumenya $\pm 3/4$ volume botol.
 - (f) Bakar bagian mulut botol, kemudian botol ditutup kembali.
- 3) Air tanah pada sumur gali, tahapan pengambilan sampel sama dengan pengambilan sampel pada air permukaan dari jembatan atau lintasan gantung;
- 4) Air tanah pada kran air tahapan pengambilan sampel sebagai berikut :
- (a) Siapkan botol steril yang tutupnya terbungkus kertas aluminium
 - (b) Buka kran selama 1 - 2 menit
 - (c) Sterilkan kran dengan cara membakar mulut kran sampai keluar uap air
 - (d) Alirkan lagi air selama 1 - 2 menit
 - (e) Buka tutup botol steril dan isi sampai $\pm 3/4$ volume botol
 - (f) Bakar bagian mulut botol, kemudian botol ditutup lagi.



Gambar 5.6. Pengambilan Sampel untuk Pemeriksaan Mikrobiologi Pada Air Secara Langsung



Gambar 5.7. Pengambilan Sampel untuk Pemeriksaan Mikrobiologi Pada Air Permukaan dari Jembatan



Gambar 5.8. Cara Pengambilan Sampel Untuk Pemeriksaan Mikrobiologi Dari Sumur Produksi

5.4.4. Metode Pengambilan sampel

Metode pengambilan sampel air yang paling sering digunakan terdiri dari tiga macam, yaitu *grab sample*, *integrated sample* dan *composite sample*

- 1) *Grab sample* yaitu sampel yang dikumpulkan atau diambil pada satu tempat pada suatu saat saja. Hasilnya hanya menggambarkan saat sampling dilakukan saja . Hasilnya tidak mewakili jadi bisa sangat tinggi atau rendah. Metode ini tidak dapat digunakan sebagai dasar untuk mengambil keputusan dalam perencanaan dll.
- 2) *Integrated sample* yaitu sampel campuran dari beberapa waktu pengambilan dengan kata lain grab sampel yang diulang, Pengambilan sampel komposit dapat dilakukan secara manual atau otomatis dengan menggunakan peralatan yang dapat mengambil air pada waktu waktu tertentu sekaligus dapat mengukur debit air. Pengambilan sampel secara otomatis hanya dilakukan jika ingin mengetahui gambaran karakteristik air secara terus menerus.
- 3) *Composite sample* yaitu sampel gabungan yang diambil secara terpisah dari beberapa tempat, dengan volume yang sama
- 4) *Continue sampel* yaitu sampling air yang bersifat monitoring kualitas air secara terus menerus.

5.4.5. Pemeriksaan sampel di lapangan

Pekerjaan yang dilakukan meliputi :

- 1) Pemeriksaan unsur-unsur yang dapat berubah dengan cepat, dilakukan langsung setelah pengambilan sampel; unsure-unsur tersebut antara lain ; pH, suhu, daya hantar listrik, alkalinitas, asiditas dan oksigen terlarut
- 2) Semua hasil pemeriksaan dicatat dalam buku catatan khusus pemeriksaan di lapangan, yang meliputi nama sumber air, tanggal pengambilan sampel, jam, keadaan cuaca, bahan pengawet yang ditambahkan dan nama petugas

5.5. Pengolahan Pendahuluan Dan Pengawetan Sampel

5.5.1. Penyaringan

Penyaringan sampel dilakukan untuk pemeriksaan parameter terlarut sebagai berikut:

- 1) Sampel yang akan disaring diukur volumenya sesuai dengan keperluan
- 2) Masukkan kedalam alat penyaring yang telah dilengkapi kertas saring yang mempunyai ukuran pori 0-0,45 μm dan saring sampai selesai
- 3) Air saringan ditampung ke dalam wadah yang telah disiapkan sesuai dengan keperluan.

5.5.2. Ekstraksi sampel untuk pemeriksaan pestisida

Ekstraksi sampel untuk pemeriksaan ini dilakukan sebagai berikut :

- 1) Sampel dikocok secara merata dan ukur volumenya sebanyak 1 L dengan gelas ukur;
- 2) Tuangkan sampel ke dalam labu ekstrak;
- 3) Bilas gelas ukur dengan 60 mL campuran pelarut organik (n-hexana 85 % dan Diethyl Ether 15 %), kemudian tuangkan pelarut organik tersebut ke dalam labu ekstrak dan kocok selama 2 menit
- 4) Biarkan sampai terjadi pemisahan fase paling sedikit + 10 menit;
- 5) Tampung fase air dari labu ekstrak ke dalam gelas ukur dan secara hati-hati tuangkanlah lapisan fase organik melalui kolom yang berdiameter luar 2 cm dan berisi Na₂SO₄ bebas air setinggi 10 cm ke dalam wadah khusus;
- 6) Tuangkan kembali fase air di dalam gelas ukur tadi ke dalam labu ekstrak;
- 7) Ulangi langkah (3) sampai (6) 2 kali lagi;
- 8) Bilas kolom dengan pelarut hexana + 20 mL;
- 9) Satukan hasil ekstrak dalam botol khusus.

5.5.3. Ekstraksi sampel untuk pemeriksaan minyak dan lemak

Ekstraksi sampel untuk pemeriksaan ini dilakukan sebagai berikut :

- 1) Diukur 1 L sampel dengan gelas ukur
- 2) Ditambahkan 5 mL asam klorida (HCl 1:1), sampai pH < 2
- 3) Dimasukkan ke dalam labu ekstrak
- 4) Gelas ukur tadi dibilas secara hati-hati dengan 30 mL pelarut organik (jenis pelarut organik disesuaikan dengan metode pemeriksaan yang digunakan), dan masukkan ke dalam labu ekstrak
- 5) Dikocok kuat-kuat selama 2 menit dan bila terjadi emulsi yang stabil (tidak terjadi pemisahan fase yang jelas), dikocok lagi selama 5-10 menit
- 6) Dibiarkan sampai terjadi pemisahan fase
- 7) Fase organiknya dikeluarkan melalui corong yang berisi kertas saring dan Na₂SO₄ ke dalam wadah sampel khusus
- 8) Dimasukkan lagi 30 mL pelarut organik ke dalam labu ekstrak
- 9) Ulangi langkah (5) sampai (8) 2 kali lagi
- 10) Hasil ekstrak disatukan ke dalam wadah sampel khusus
- 11) Kertas saring dicuci dengan 10 - 20 mL pelarut organik dan disatukan dengan hasil ekstrak ke dalam wadah sampel khusus tadi.

5.5.4. Pengawetan Sampel

Pengawetan sampel berfungsi untuk memperlambat proses perubahan kimia dan biologis yang tidak terelakan. Pengawetan sangat sukar karena hampir semua pengawet mengganggu untuk beberapa pengujian. Menyimpan sampel pada suhu rendah (4°C) mungkin merupakan cara terbaik. Untuk mengawetkan sampel sampai hari berikutnya penggunaan reagent pengawet dapat dilakukan selama tidak mengganggu proses analisa dan penambahan ke dalam botol dilakukan sebelum pengisian sampel sehingga sampel dapat diawetkan secepatnya. Tidak ada satu metode pengawetan yang memuaskan karena itu dipilih pengawetan yang sesuai dengan tujuan pemeriksaan. Semua metode pengawetan kemungkinan kurang memadai untuk bahan-bahan tersuspensi. Penggunaan formaldehid tidak dianjurkan karena mempengaruhi sangat banyak pemeriksaan.

Metode pengawasan pada umumnya terbatas pada kontrol pH, penambahan zat kimia, pendinginan dan pembekuan. Parameter-parameter tertentu lebih banyak dipengaruhi oleh penyimpanan sampel sebelum dianalisa daripada yang lainnya. Beberapa jenis kation dapat hilang karena diserap oleh dinding wadah gelas seperti aluminium (Al), Kadmium (Kd), Krom (Cr), Tembaga (Cu), Besi (Fe), Timbal (Pb), Mangan (Mn), Perak (Ag) dan Seng (Zn). Sebaiknya untuk parameter-parameter diatas, sampel diambil secara terpisah dan ditampung dalam botol bersih serta diasamkan dengan HCl pekat atau H₂SO₄ pekat sampai pH 2,0 untuk mengurangi absorpsi pada dinding wadah. Parameter pH, temperatur dan gas terlarut harus segera diperiksa di lapangan karena parameter tersebut mudah sekali berubah dalam waktu singkat.

Air sampel yang diperoleh dari lokasi pengambilan sampel sebelum dilakukan pengukuran atau selama penyimpanan memerlukan penanganan. Rekomendasi penanganan air sampel (water sample) terutama menyangkut preservasi atau pengawetan, jenis wadah dan lamanya penyimpanan adalah sebagai berikut:

Pengawetan sampel meliputi perlakuan pendinginan, pengaturan pH, penambahan bahan kimia untuk mengikat polutan yang akan dianalisis.

1. Perlakuan pendinginan sampel dengan menggunakan *dry ice* dalam *ice box* pada suhu $4^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$, kemudian wadah sampel ditutup rapat sehingga tidak ada pengaruh udara dari luar.
2. Perlakuan pengaturan pH bertujuan untuk cross check penambahan bahan kimia sebagai bahan pengawet pada sampel yang ditentukan berdasarkan parameter uji (sesuai persyaratan).

3. Perlakuan penambahan bahan kimia dilakukan setelah sampel diambil, untuk tetap memelihara keutuhan dan memastikan tidak terkontaminasi, atau mencegah terjadinya perubahan. Bahan kimia yang digunakan untuk pengawetan harus memenuhi persyaratan parameter uji untuk analisis dan tidak mengganggu atau mengubah kadar zat yang akan di uji, dengan tujuan menghambat aktivitas mikroorganisme dan mengurangi penguapan gas serta bahan-bahan organik, yang dilakukan mulai dari lokasi pengambilan sampel sampai analisis di laboratorium.

Batas penyimpanan maksimum sampel tergantung pada karakteristik sampel, sifat parameter uji dan teknik pengawetan. Penggolongan cara pengawetan sampel air dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 5.3. Cara pengawetan berdasarkan parameter

Parameter yang Diukur	Cara Pengawetan
BOD, asiditas - alkalinitas, warna, konduktivitas	Pendinginan T = 4°C
COD, ZO total, Fosfat, Ammonia	Penambahan H ₂ SO ₄ pekat s.d. pH <2 Pendinginan T = 4°C
Logam berat, kesadahan	Penambahan HNO ₃ pekat s.d. pH <2 Pendinginan T = 4°C
H ₂ S, CN-	Penambahan NaOH sampai pH 12

5.5.5. Waktu Pengambilan Sampel

Interval waktu pengambilan sampel diatur agar sampel diambil pada Hari dan jam yang berbeda sehingga dapat diketahui perbedaan kualitas air setiap hari maupun setiap jam. Caranya dilakukan dengan menggeser jam dan hari pengambilan pada waktu pengambilan sampel berikutnya, misalnya pengambilan pertama hari senin jam 06.00 pengambilan berikutnya hari selasa jam 07.00 dan seterusnya. Waktu pengambilan sampel dilakukan berdasarkan keperluan sebagai berikut :

- 1) Untuk keperluan survei pendahuluan dalam rangka pengenalan daerah, waktu pengambilan sampel dapat dilaksanakan pada saat survey.
- 2) Untuk keperluan perencanaan dan pemanfaatan diperlukan data pemantauan kualitas air, yang diambil pada waktu tertentu dan periode yang tetap, tergantung pada jenis sumber air dan tingkat pencemarannya sebagai berikut :
 - (a) Sungai/saluran yang tercemar berat, setiap dua minggu sekali selama setahun
 - (b) Sungai/saluran yang tercemar ringan sampai sedang, sebulan sekali selama setahun
 - (c) Sungai/saluran alami yang belum tercemar, tiga bulan sekali selama setahun
 - (d) Danau/waduk setiap dua bulan sekali selama setahun

(e) Air tanah setiap tiga bulan sekali selama setahun

(f) Air meteorik sesuai dengan keperluan.

3) Untuk studi dan penelitian, disesuaikan dengan keperluan dan tujuan studi/penelitian tersebut.

5.6. Pengepakan dan pengangkutan sampel

Sampel yang telah dimasukkan ke dalam wadah, diberi label. Pada label tersebut dicantumkan keterangan mengenai lokasi pengambilan, tanggal dan jam pengambilan, cuaca, jenis pengawet yang ditambahkan, petugas yang mengambil sampel dan sketsa lokasi. Wadah-wadah sampel yang telah ditutup rapat dimasukkan ke dalam kotak yang telah dirancang secara khusus agar sampel tidak tertumpah selama pengangkutan ke laboratorium.

5.7. Penyajian data hasil pemeriksaan lapangan

Hasil pemeriksaan lapangan disajikan sebagai berikut :

1. hasil perhitungan pemeriksaan di lapangan dicatat dalam buku catatan lapangan;
2. diteliti kembali secara perhitungan dan satuan yang dipakai;
3. data dari catatan lapangan dipindahkan ke formulir.

BAB 6

METODE DAN TEKNIK SAMPLING ANALISIS UDARA

Penilaian kualitas udara juga mempertimbangkan pengumpulan sejumlah kecil sampel dari populasi yang banyak namun masih mewakili secara keseluruhan (*Representative*). Oleh karena itu, pengambilan sampel harus mewakili kumpulannya dan mempertimbangkan hal-hal sebagai berikut: perencanaan pengambilan sampel, petugas pengambil sampel, prosedur pengambilan sampel, peralatan pengambil sampel yang digunakan, frekuensi pengambilan sampel, keselamatan kerja dan dokumentasi terkait pengambilan sampel. Proses pengambilan sampel jika tidak dilakukan secara benar, maka secanggih apapun peralatan yang dipergunakan tidak akan menghasilkan data yang dapat menggambarkan kondisi sesungguhnya.

6.1. Kaidah Pengambilan Sampel Udara

Komponen udara terdiri dari berbagai gas dalam kadar yang tetap pada permukaan bumi, kecuali gas metani yang mempunyai kadar yang berbeda-beda tergantung daerah atau lokasi. 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.

Pemantauan lingkungan khususnya pengukuran kualitas udara menjadi konsekuensi bagi perusahaan dan kegiatan yang mengemisikan pencemaran udara. Pemantauan udara meliputi udara emisi dan udara ambien diperlukan untuk pemenuhan peraturan dan memprediksi dampak pencemaran emisi udara di lingkungan. Tujuan dari pengukuran kualitas udara antara lain untuk :

- 1) Data pemenuhan baku mutu
- 2) Evaluasi kinerja alat pengendali pencemaran udara
- 3) Pengendalian proses
- 4) Pembuktian dalam proses hukum
- 5) Penelitian, dll.

Agar hasil pengukuran kualitas udara baik yang digunakan oleh pihak eksternal maupun internal oleh perusahaan dapat dipertanggung jawabkan objektivitas dan validasinya maka pemantauan haruslah memperhatikan hal-hal berikut.

- 1) Kaidah pemantauan
- 2) Baku mutu kualitas udara
- 3) Sampling
- 4) Satuan-satuan dalam pemantauan.

Teknik sampling kualitas udara dilihat dari lokasi pemantauannya terbagi dalam 2 kategori yaitu teknik sampling udara emisi dan teknik sampling udara ambien. Sampling udara emisi adalah teknik sampling udara pada sumbernya seperti cerobong pabrik dan pada saluran knalpot kendaraan bermotor. Teknik 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 2 kelompok besar yaitu pemantauan kualitas udara secara aktif (konvensional) dan secara pasif. Dari sisi parameter yang akan diukur, pemantauan kualitas udara terdiri dari gas dan partikulat.

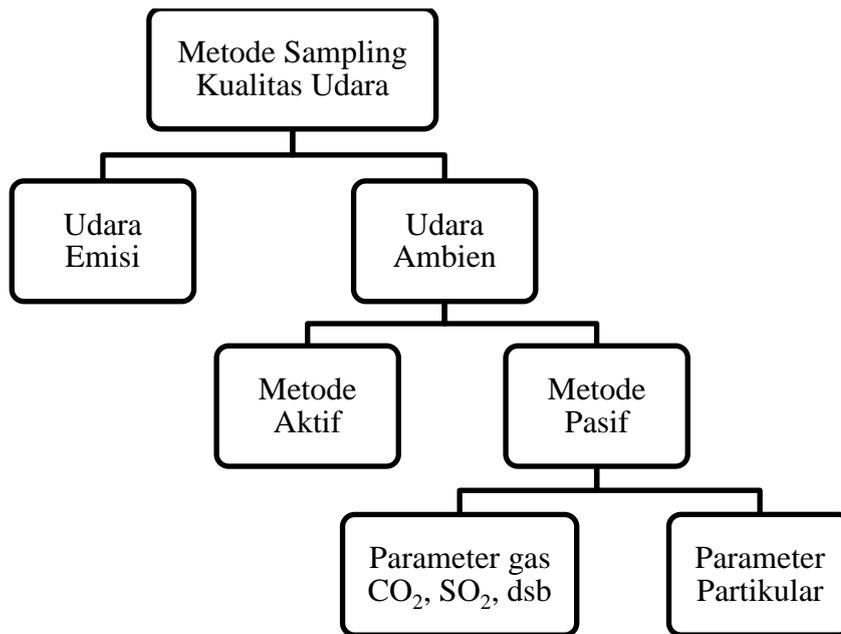
Di tinjau dari tujuan dan lokasinya, sampling atau pengambilan contoh udara dapat dibedakan menjadi sampling ambien dan sampling emisi sumber.

- 1) Udara ambien adalah udara sekitar kita di lapisan troposfer yang ada di sekitar kita sehari-hari kita hirup. Dalam keadaan normal, udara ambien ini akan terdiri dari gas nitrogen (78%), oksigen (20%), argon (0,93%) dan gas karbon dioksida (0,03%).
- 2) Udara emisi adalah udara yang langsung dikeluarkan oleh sumber emisi seperti knalpot kendaraan bermotor dan cerobong gas buang pabrik. Tergantung dari pengelolaan lingkungannya, udara emisi bisa mencemari udara ambien atau tidak mencemari udara ambien.

Dalam penentuan lokasi pengambilan sampel uji, yang perlu diperhatikan adalah bahwa data yang diperoleh harus dapat mewakili daerah yang sedang dipantau, yang telah memenuhi persyaratan yang ditetapkan.

Sampling udara bertujuan untuk :

- 1) Memenuhi dan mematuhi baku mutu udara ambien,
- 2) Menyediakan data untuk evaluasi kualitas udara di industri,
- 3) Observasi terhadap kecenderungan adanya pencemaran,
- 4) Menentukan prosedur pencegahan dan penanganan pencemaran,
- 5) Memantau sumber pencemar spesifik dari proses industri. Sampling emisi sumber bertujuan untuk :
- 6) Mengetahui besaran emisi pencemar untuk dibandingkan dengan baku emisi,
- 7) Mengetahui tingkat emisi dari laju produksi / operasi industri.



Gambar 6.1. klasifikasi sampling kualitas udara Pemantauan parameter partikulat secara konvensional (aktif sampling) dan metoda

6.2. Lokasi sampling udara emisi cerobong industri³⁸

Pengambilan sampel emisi cerobong industri membutuhkan sarana pendukung sebagai berikut:

- 1) Tangga besi dan selubung pengaman berupa pelat besi
- 2) Lantai kerja dengan ketentuan sebagai berikut:
 - a) dapat menahan beban minimal 500 kilogram
 - b) mempunyai keleluasaan kerja bagi minimal tiga orang
 - c) mempunyai lebar terhadap lubang pengambilan sampel sebesar 1,2 meter dengan lantai melingkari cerobong
 - d) mempunyai pagar pengaman minimal setinggi satu meter
 - e) dilengkapi dengan katrol pengangkat alat pengambilan sampel
- 3) Stop kontak yang sesuai dengan peralatan yang digunakan
- 4) Sumber aliran listrik dekat dengan lubang pengambilan sampel
- 5) Perlengkapan keamanan bagi pengambil sampel (Kepka Bapedal 205/1996, lampiran III)

³⁸ 'Pengambilan Sampel Analisa Kualitas Udara' <https://dinus.ac.id/repository/docs/ajar/TM-10-Teknik_Sampling_Kualitas_Udara_2.pdf>.

6.2.1. Penentuan Lokasi Pengambilan Sampel

Pengambilan sampel dilakukan pada bagian cerobong yang berukuran 8 kali diameter bawah atau 2 kali diameter atas dan bebas dari gangguan aliran seperti bengkokan, ekspansi atau penyusutan aliran di dalam cerobong.

Untuk cerobong dengan diameter dalam cerobong atas (d) lebih kecil daripada diameter dalam cerobong bawah (D), diameter ekuivalen (D_e) harus ditentukan dulu dengan perhitungan sebagai berikut:

$$D_e = (2.d.D) / (d + D)$$

Untuk cerobong berpenampang empat persegi panjang diameter ekuivalen (D_e) dapat ditentukan dengan rumus sebagai berikut:

$$D_e = (2.L.W) / (L + W)$$

Keterangan: L = panjang cerobong dan W = lebar cerobong.

6.2.2. Penentuan titik sampel³⁹

Titik lintas (*traverse point*) adalah jumlah minimum titik pengambilan sampel representatif melalui penampang lintang cerobong. Penentuannya dilakukan pada saat sampel partikel emisi gas buang sumber tidak bergerak diambil. Titik tersebut ditentukan berdasarkan bentuk penampang cerobong, yaitu:

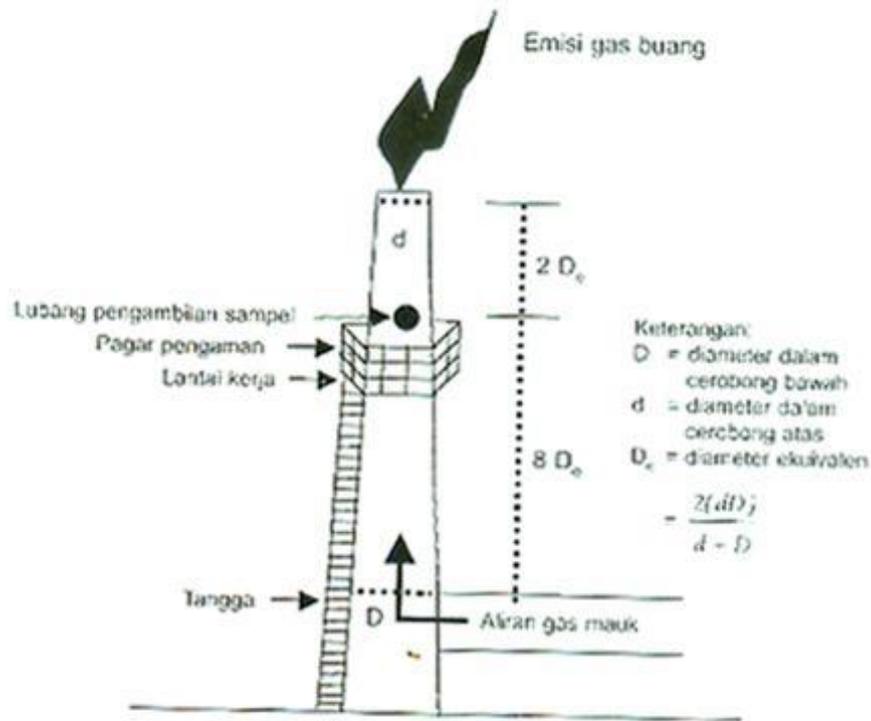
- 1) Penampang cerobong berbentuk lingkaran

Apabila diameter cerobongnya telah diketahui, jumlah pembagian jari-jari dan titik lintasnya ditentukan berdasarkan tabel 1. Sementara itu, jarak titik lintas terhadap pusat cerobong ditentukan dengan perkalian konstanta jari-jari cerobong sebagaimana diilustrasikan dalam gambar 12.

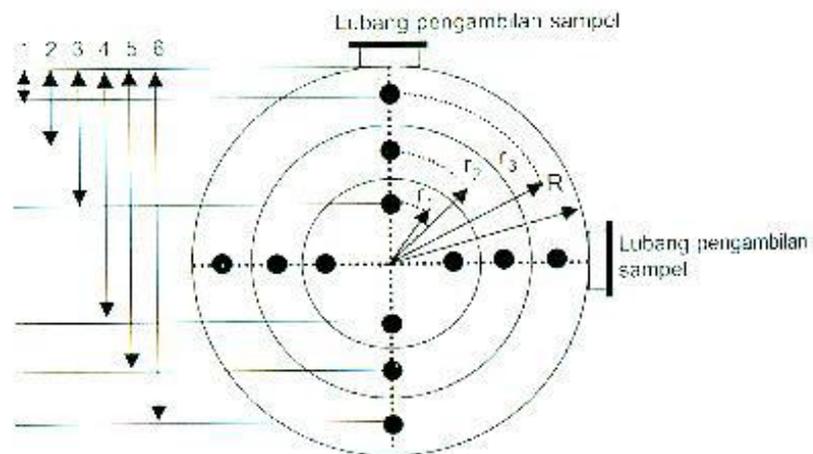
Tabel 6.1. Titik lintas pengukuran untuk cerobong berbentuk lingkaran

Diameter pipa cerobong $2R$ (m)	Jumlah pembagian jari-jari	Jumlah titik lintas pengukuran	Jarak dari pusat pipa cerobong ke titik lintas pengukuran (m)				
			r1	r2	r3	r4	r5
≤ 1	1	4	0,707R	-	-	-	-
$1 < 2R \leq 2$	2	8	0,500R	0,866R	-	-	-
$2 < 2R \leq 4$	3	12	0,408R	0,707R	0,913R	-	-
$4 < 2R \leq 4,5$	4	16	0,354R	0,612R	0,791R	0,935R	-
$> 4,5$	5	20	0,316R	0,548R	0,707R	0,837R	0,949R

³⁹ SNI, SNI 19-7117.2-2005 Tentang Emisi Gas Buang - Sumber Tidak Bergerak - Bagian 2: Penentuan Lokasi Dan Titik-Titik Lintas Pengambilan Contoh Uji Partikel, 2005.



Gambar 6.2. Penempatan lubang pengambilan sampel pada cerobong serta sarana pendukungnya



Gambar 6.3. Ilustrasi titik-titik lintas pengukuran untuk cerobong berbentuk lingkaran dengan pembagi jari-jari 3 dan jumlah titik 12

2) Penampang cerobong berbentuk persegi panjang atau bujur sangkar

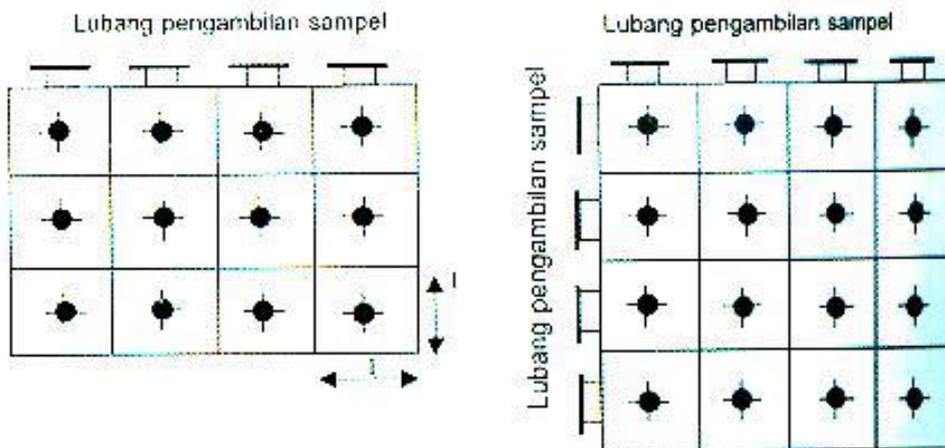
Untuk cerobong berbentuk persegi panjang atau bujur sangkar penentuan titik lintas pengukuran berdasarkan tabel 2. dan gambar 13. mengilustrasikan titik-titik lintas pengukuran untuk cerobong ini.

Tabel 6.2. Titik lintas pengukuran untuk cerobong berbentuk persegi panjang atau bujur sangkar

Luas penampang cerobong (A) m ²	Panjang sisi pembagi (I) m
≤ 1	$I \leq 0,5$
$1 < A \leq 4$	$I \leq 0,667$
$4 < A \leq 20$	$I \leq 1$

Tabel 6.3. Penentuan matriks berdasarkan jumlah titik lintas pada penampang cerobong persegi panjang dan bujur sangkar

Jumlah titik lintas	Matriks
9	3 x 3
12	3 x 4
16	4 x 4
20	5 x 4
25	5 x 5
30	6 x 5
36	6 x 6
42	7 x 6
49	7 x 7



Gambar 6.4. Cerobong berbentuk persegi panjang dan bujur sangkar dengan 12 titik lintas dan 16 titik lintas pengukuran

6.3. Lokasi sampling udara ambien⁴⁰

Secara umum, sampel udara ambien diambil di daerah pemukiman penduduk, perkantoran, kawasan industri, atau daerah lain yang dianggap penting. Tujuannya adalah untuk mengetahui kualitas udara yang dapat dipengaruhi oleh kegiatan tertentu. Titik pemantauan kualitas udara

⁴⁰ SNI, 'SNI 19-7119.6-2005: Udara Ambien Bagian 6 Penentuan Lokasi Pengambilan Contoh Uji Pemantauan Kualitas Udara Ambien', 2005.

ambien ditetapkan dengan mempertimbangkan faktor meteorologi (arah dan kecepatan angin), dan faktor geografi seperti topografi, dan tata guna lahan.

Kriteria berikut ini dapat dipakai dalam penentuan suatu lokasi pemantauankualitas udara ambien:

- 1) Area dengan konsentrasi pencemar tinggi. Daerah yang didahulukan untuk dipantau hendaknya daerah-daerah dengan konsentrasi pencemar yang tinggi. Satu atau lebih stasiun pemantau mungkin dibutuhkan di sekitar daerah yang emisinya besar.
- 2) Area dengan kepadatan penduduk tinggi. Daerah-daerah dengan kepadatan penduduk yang tinggi, terutama ketika terjadi pencemaran yang berat.
- 3) Di daerah sekitar lokasi penelitian yang diperuntukkan untuk kawasan studi maka stasiun pengambil contoh uji perlu ditempatkan di sekeliling daerah/kawasan.
- 4) Di daerah proyeksi. Untuk menentukan efek akibat perkembangan mendatang dilingkungannya, stasiun perlu juga ditempatkan di daerah-daerah yang diproyeksikan.
- 5) Mewakili seluruh wilayah studi. Informasi kualitas udara di seluruh wilayah studi harus diperoleh agar kualitas udara diseluruh wilayah dapat dipantau (dievaluasi).

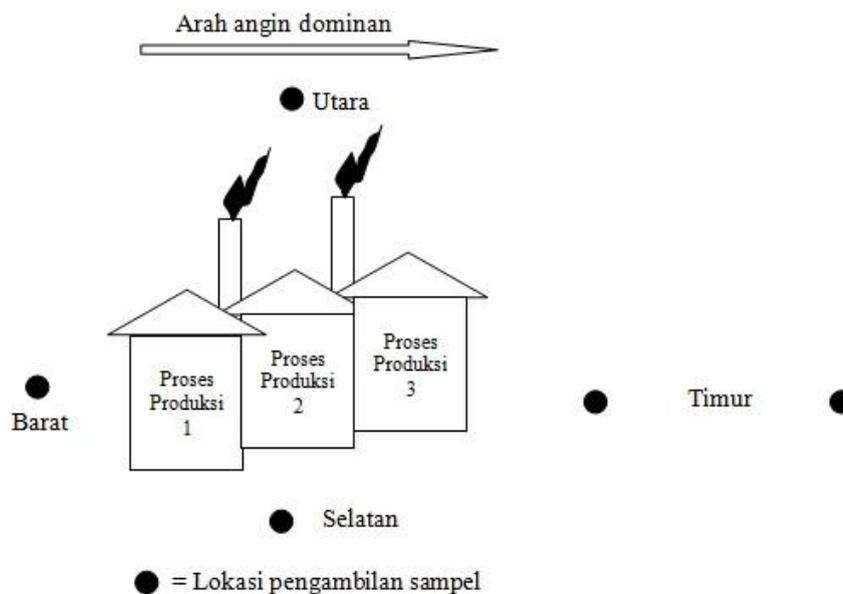
Beberapa petunjuk yang dapat digunakan dalam pemilihan titik pengambilan contoh uji adalah:

- 1) Hindari tempat yang dapat merubah konsentrasi akibat adanya absorpsi, atau adsorpsi (seperti dekat dengan gedung-gedung atau pohon-pohonan).
- 2) Hindari tempat dimana pengganggu kimia terhadap bahan pencemar yang akan diukur dapat terjadi: emisi dari kendaraan bermotor yang dapat mengotori pada saat mengukur ozon, amoniak dari pabrik refrigerant yang dapat mengotori pada saat mengukur gas-gas asam.
- 3) Hindari tempat dimana pengganggu fisika dapat menghasilkan suatu hasil yang mengganggu pada saat mengukur debu (partikulat matter) tidak boleh dekat dengan incinerator baik domestik maupun komersial, gangguan listrik terhadap peralatan pengambil contoh uji dari jaringan listrik tegangan tinggi. Letakkan peralatan di daerah dengan gedung/bangunan yang rendah dan saling berjauhan.
- 4) Apabila pemantauan bersifat kontinyu, maka pemilihan lokasi harus mempertimbangkan perubahan kondisi peruntukan pada masa datang.

6.3.1. Penentuan lokasi pengambilan sampel

Kriteria daerah berikut ini dapat digunakan sebagai pertimbangan dalam penentuan lokasi pengambilan sampel udara ambien, yaitu:

- 1) daerah yang mempunyai konsentrasi pencemar tinggi;
- 2) daerah dengan kepadatan penduduk tinggi;
- 3) daerah yang diperkirakan menerima paparan pencemar akibat emisi cerobong industri;
- 4) daerah proyeksi untuk menentukan dampak akibat perkembangan pembangunan mendatang; dan
- 5) daerah sekitar lokasi penelitian yang diperuntukkan bagi kawasan studi

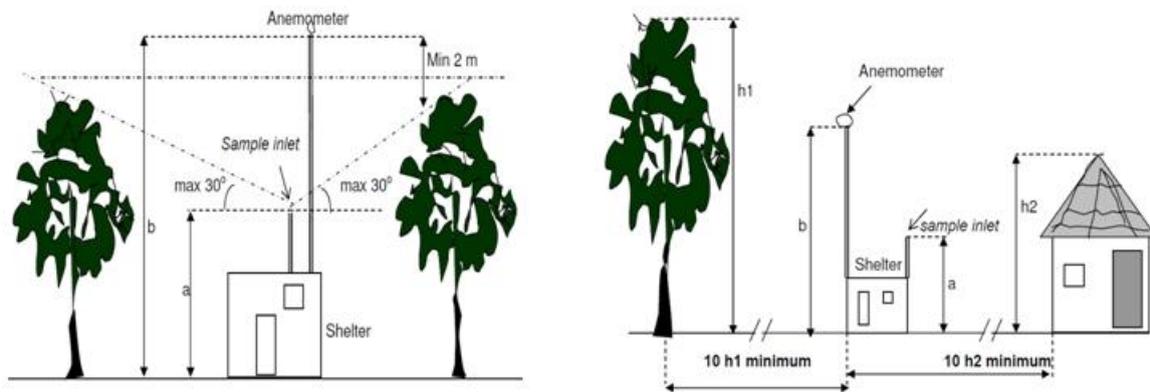


Gambar 6.5. Lokasi pengambilan sampel udara ambien

Sedangkan penentuan titik pengambilan sampel udara ambien harus mempertimbangkan faktor meteorologi yaitu arah angin, kecepatan angin, suhu udara, kelembaan serta faktor geografi seperti topografi dan tata guna lahan. Beberapa petunjuk yang dapat digunakan sebagai acuan dalam penentuan titik pengambilan sampel udara ambien adalah:

- 1) hindari daerah yang dekat dengan gedung atau bangunan dan/atau pepohonan sehingga dapat menimbulkan terjadinya proses absorpsi atau adsorpsi pencemar udara ke gedung atau pepohonan tersebut;
- 2) hindari daerah dimana pengganggu yang bersifat kimia dapat mempengaruhi pencemar udara yang akan diukur, misalnya gas emisi dari kendaraan bermotor akan dapat mengganggu secara kimiawi pada saat mengukur ozon;
- 3) hindari daerah dimana pengganggu fisika dapat mempengaruhi hasil pengukuran, sebagai ilustrasi, pada saat mengukur total partikulat di udara ambien tidak diperkenankan dekat dengan insinerator atau dapur.

6.3.2. Penentuan titik sampel



a = tinggi shelter + 0,5 m (minimal 3 m)

b = minimal 2,5 kali tinggi sampel inlet udara (minimal 10 m)

h_1 = tinggi pohon;

h_2 = tinggi rumah atau bangunan.

Gambar 6.6. Lokasi stasiun pemantau udara ambien

Adapun persyaratan penempatan peralatan pengambilan sampel udara ambien adalah:

- 1) letakkan peralatan pada daerah yang aman dari pencurian, kerusakan, gangguan orang-orang yang tidak bertanggung jawab;
- 2) letakkan peralatan pada daerah yang dilengkapi dengan sumber listrik dan bebas dari daerah banjir;
- 3) sedapat mungkin peralatan diletakkan di daerah terbuka atau di daerah yang mempunyai gedung atau bangunan yang relatif rendah dan saling berjauhan. Penempatan peralatan pengambilan sampel udara ambien diatap bangunan lebih baik untuk daerah yang mempunyai cukup kepadatan pemukiman atau perkantoran. Apabila peralatan diletakkan diatap gedung maka harus dihindari pengaruh emisi gas buang dari dapur, insinerator atau sumber lainnya;
- 4) probe ditempatkan pada jarak minimal 15 m dari jalan raya dengan ketinggian 1,5 m dari permukaan tanah;
- 5) untuk pengambilan sampel partikulat minimal 2 m di atas permukaan tanah untuk hindari debu jalanan.

DAFTAR PUSTAKA

- Achmadi, Umar Fahmi, *Manajemen Penyakit Berbasis Wilayah* (Penerbit Universitas Indonesia, 2008)
- Darmono, *Lingkungan Hidup Dan Pencemaran* (Universitas Indonesia, 2006)
- KBBI, *Kamus Besar Bahasa Indonesia (KBBI)* (PT Raja Grifindo Persada, 2016)
- KemenLHK, 'Daftar SNI Komite Teknis 13 – 03 Kualitas Lingkungan - Kualitas Udara', 2019
<<http://standardisasi.menlhk.go.id/>>
- , 'SNI Kualitas Air Dan Air Limbah', 2019 <<http://standardisasi.menlhk.go.id/>>
- Komarawidjaja, Wage, and Titiresmi, 'Teknik Biomonitoring Sebagai Alternatif "Tool" Pemantauan Kualitas Lingkungan Perairan', *Jurnal Teknik Lingkungan*, Edisi Khusus (2006), 144–47
- Marpaung, Watni, *Pengantar Hadis-Hadis Kesehatan* (Wal Ashri Publisihing, 2018)
- 'Metode Pengambilan Contoh Uji Kualitas Air'
<https://dinus.ac.id/repository/docs/ajar/TM_6_Teknik_Sampling_Kualitas_Air.pdf>
- Mukono, H.J., *Epidemiologi Lingkungan* (Surabaya: Airlangga University Press, 2002)
- , *Toksikologi Lingkungan* (Surabaya: Airlangga University Press, 2010)
- Pemerintah Indonesia, *Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 033 Tahun 2012 Tentang Bahan Tambahan Pangan*, 2012
- , *Peraturan Pemerintah Nomor 41 Tahun 1999 - Pengendalian Pencemaran Udara*, 1999
- , *Undang-Undang Republik Indonesia. Nomor 32 Tahun 2009. Tentang Perlindungan Dan Pengelolaan Lingkungan Hidup*, 2009
- , *Undang Undang Republik Indonesia No 32 Tahun 2009 Tentang Perlindungan Dan Pengelolaan Lingkungan Hidup*, 2009
- 'Pengambilan Sampel Analisa Kualitas Udara' <https://dinus.ac.id/repository/docs/ajar/TM-10-Teknik_Sampling_Kualitas_Udara_2.pdf>
- Prabowo, Kuart, and Burhan Muslim, *Penyehatan Udara* (BPPSDMK Kemenkes RI, 2018)
- Puspawati, Catur, and P Haryono, *Penyehatan Tanah* (BPPSDMK Kemenkes RI, 2018)
- Rizal, Reda, *Analisis Kualitas Lingkungan*, 2017
- Rumahlatu, Dominggus, 'Biomonitoring: Sebagai Alat Asesmen Kualitas Perairan Akibat Logam Berat Kadmium Pada Invertebrata Perairan', *SAINTIS*, 2012
- SNI, *SNI 03-7016-2004: Tata Cara Pengambilan Contoh Dalam Rangka Pemantauan Kualitas Air Pada Suatu Daerah Pengaliran Sungai*, 2004
- , *SNI 19-7117.2-2005 Tentang Emisi Gas Buang - Sumber Tidak Bergerak - Bagian 2: Penentuan Lokasi Dan Titik-Titik Lintas Pengambilan Contoh Uji Partikel*, 2005

- , ‘SNI 19-7119.6-2005: Udara Ambien Bagian 6 Penentuan Lokasi Pengambilan Contoh Uji Pemantauan Kualitas Udara Ambien’, 2005
- , ‘SNI 6989.57:2008 Air Dan Air Limbah – Bagian 57: Metode Pengambilan Contoh Air Permukaan’, 2008
- , *SNI 6989.58:2008 Air Dan Air Limbah - Bagian 58: Metoda Pengambilan Contoh Air Tanah*, 2008
- Widiyanto, Joko, and Ani Sulistyarsi, ‘Biomonitoring Kualitas Air Sungai Madiun Dengan Bioindikator Makroinvertebrata’, *Urnal Penelitian LPPM (Lembaga Penelitian Dan Pengabdian Kepada Masyarakat) IKIP PGRI MADIUN*, 4.1 (2016), 1–9
- Widyastuti, Palupi, *Bahaya Bahan Kimia Pada Kesehatan Manusia Dan Lingkungan* (Jakarta: EGC, 2005)
- Yulianto, and Nurul Amaloyah, *Toksikologi Lingkungan* (BPPSDMK Kemenkes RI, 2017)