ISBN 978-623-198-147-9

PARAMETER LABOR LINGKUNGAN

Penulis :

Nurlita Pertiwi
Tarzan Purnomo
Gaspar Bao Balabuana
Rahmawati
Muhammad Lukman Baihaqi Alfakihuddin
Ali Makmur
Edwina Rudyarti
Jernita Sinaga

PARAMETER LABOR LINGKUNGAN

Nurlita Pertiwi
Tarzan Purnomo
Gaspar Bao Balabuana
Rahmawati
Muhammad Lukman Baihaqi Alfakihuddin
Ali Makmur
Edwina Rudyarti
Jernita Sinaga

PT GLOBAL EKSEKUTIF TEKNOLOGI

PARAMETER LABOR LINGKUNGAN

Penulis :
Nurlita Pertiwi
Tarzan Purnomo
Gaspar Bao Balabuana
Rahmawati
Muhammad Lukman Baihaqi Alfakihuddin
Ali Makmur
Edwina Rudyarti
Jernita Sinaga

ISBN : 978-623-198-147-9

Editor : Silvia Nengcy, SKM, M.Kes
Penyunting : Rantika Maida Sahara, S.Tr.Kes.
Desain Sampul dan Tata Letak : Atyka Trianisa, S.Pd

Penerbit : PT GLOBAL EKSEKUTIF TEKNOLOGI
Anggota IKAPI No. 033/SBA/2022

Redaksi :
Jl. Pasir Sebelah No. 30 RT 002 RW 001
Kelurahan Pasie Nan Tigo Kecamatan Koto Tangah
Padang Sumatera Barat
Website : www.globaleksekutifteknologi.co.id
Email : globaleksekutifteknologi@gmail.com

Cetakan pertama, Maret 2023

Hak cipta dilindungi undang-undang
Dilarang memperbanyak karya tulis ini dalam bentuk
dan dengan cara apapun tanpa izin tertulis dari penerbit.

KATA PENGANTAR

Segala Puji dan syukur atas kehadirat Allah SWT dalam segala kesempatan. Sholawat beriring salam dan doa kita sampaikan kepada Nabi Muhammad SAW. Alhamdulillah atas Rahmat dan Karunia-Nya penulis telah menyelesaikan Buku Parameter Labor Lingkungan ini.

Buku Ini Membahas Pendahuluan tentang pencemaran dan kualitas lingkungan, parameter kualitas air, Parameter kimia anorganik air, Parameter kimia organik air, parameter Udara, pengukuran kualitas udara, Kualifikasi sampah dan tata cara sampling sampah, Parameter pencemaran udara dan tata cara analisis.

Proses penulisan buku ini berhasil diselesaikan atas kerjasama tim penulis. Demi kualitas yang lebih baik dan kepuasan para pembaca, saran dan masukan yang membangun dari pembaca sangat kami harapkan.

Penulis ucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah mendukung dalam penyelesaian buku ini. Terutama pihak yang telah membantu terbitnya buku ini dan telah mempercayakan mendorong, dan menginisiasi terbitnya buku ini. Semoga buku ini dapat bermanfaat bagi masyarakat Indonesia.

Padang, Maret 2023

Penulis

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR ..... **i**
DAFAR ISI ..... **ii**
DAFTAR GAMBAR ..... **v**
DAFTAR TBEL ..... **vi**
BAB 1 PENDAHULUAN TENTANG PENCEMARAN DAN KUALITAS LINGKUNGAN **1**
1.1 Pencemaran dan Kualitas Hidup Manusia 1
1.2 Kualitas Lingkungan 2
1.3 Pencemaran 8
1.3.1 Pencemaran Tanah 9
1.3.2 Pencemaran Air 12
1.3.3 Pencemaran Udara 15
1.4 Penutup 17
DAFTAR PUSTAKA 18
BAB 2 PARAMETER KUALITAS AIR **23**
2.1 Pendahuluan 23
2.2 Lingkungan Perairan 25
2.3 Karakteristik Air 26
2.4 Kualitas Air 27
2.5 Parameter Kualitas Air 30
2.5.1 Parameter Indeks Kualitas Air 31
2.5.2 Klasifikasi dan Kriteria Mutu Air 34
2.6 Parameter Kualitas Air Tawar 40
2.7 Parameter Kualitas Air Laut 42
2.8 Penentuan Status Kualitas Air 43
2.9 Indeks Kualitas Air 45
2.10 Pemantauan Kualitas Air 48
DAFTAR PUSTAKA 50
BAB 3 PARAMETER KIMIA ANORGANIK AIR **53**
3.1 Pendahuluan 53
3.2 Parameter Kimia Anorganik 53

3.2.1 Air minum dalam kemasan (AMDK) 53
3.2.2 Air Permukaan 58
3.2.3 Air Tanah 61
DAFTAR PUSTAKA 62
BAB 4 PARAMETER KIMIA ORGANIK AIR 63
4.1 Pendahuluan 63
4.2 Oksigen Terlarut/*Dissolved Oxygen* (DO) 65
4.2.1 Titrasi Iodometri 67
4.2.2 Elektrometri (DO meter) 69
4.3 Chemical Oxygen Demand (COD) 70
4.3.1 Pembuatan Kurva Kalibrasi 71
4.3.2 Pengukuran Larutan Uji COD 100 mg/L sampai dengan 900 mg/L 72
4.3.3 Pengukuran Larutan Uji Lebih Kecil dari atau sama dengan 90 mg/L 72
4.3.4 Metode Titrimetri 73
4.4 Biological Oxygen Demand (BOD) 74
4.5 Nilai Permanganat 79
4.5.1 Penentuan Angka Permanganat Secara Titrimetri 82
4.5.2 Penentuan Angka Permanganat Secara Spektrometri 84
DAFTAR PUSTAKA 86
BAB 5 PARAMETER UDARA 89
5.1 Pendahuluan 89
5.2 Empat Tipe polutan 90
5.2.1 Ozon 90
5.2.2 Materi partikulat 90
5.2.3 Karbon monoksida 91
5.2.4 Sulfur dioksida 92
5.3 Siapa yang rentan terhadap udara buruk? 92
5.4 Apa yang harus dilakukan ketika kualitas udara buruk 94
5.5 Faktor-faktor lain yang mempengaruhi kualitas udara 95
DAFTAR PUSTAKA 97

BAB 6 PENGUKURAN KUALITAS UDARA 101
6.1 Pengertian Kualitas Udara 101
6.2 Karakteristik Udara yang Masih Bersih 105
6.3 Indeks Standar Pencemaran Udara (ISPU) 107
6.4 Faktor Utama Mempengaruhi Kualitas Udara 111
6.5 Parameter Kualitas Udara 115
DAFTAR PUSTAKA 120
BAB 7 KUALIFIKASI SAMPAH DAN TATA CARA SAMPLING SAMPAH 125
7.1 Kualifikasi Sampah 125
7.2 Tata Cara Sampling Sampah 128
DAFTAR PUSTAKA 134
BAB 8 PARAMETER PENCEMARAN UDARA DAN TATA CARA ANALISIS 135
8.1 Pendahuluan 135
8.2 Metode Analisis dan Baku Mutu Udara. 138
8.2.1 Metode Analisis Laboratorium 139
8.2.2 Metode Analisis Tematik 140
8.2.3 Metode Analisis Penilaian Para Ahli 141
8.3 Parameter Pencemaran Udara 142
8.4 Standar Analisis Kualitas Udara 146
8.4.1 Parameter dan Baku Mutu Udara di Lingkungan 147
DAFTAR PUSTAKA 154
BIODATA PENULIS

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 : Bidang Pengelolaan Lingkungan 4
Gambar 1.2 : pencapaian kualitas lingkungan di Indonesia 5
Gambar 1.3 : Pencapaian Target IKLH tahun 202 16
Gambar 2.1 : Penggunaan air berdasarkan Kelas air 36
Gambar 3.1 : Hasil analisis logam Kadmium 56
Gambar 3.2 : Hasil analisis kandungan Timbal (Pb) pada air minum dalam kemasan di kota Batam 57
Gambar 3.3 : Hasil analisis kandungan Tembaga (Cu) pada air minum dalam kemasan di kota Batam 58
Gambar 3.4 : Kondisi tepi sungai Winongo di sebagian kota Yogyakarta 59
Gambar 3.5 : Pelebaran pada alur sungai, akibat banji dan erosi60
Gambar 5.1 : Stasiun Pemantau Udara 89
Gambar 5.2 : Sakit Asma 93
Gambar 5.3 : Penanman pohon 94
Gambar 5.4 : Pembakaran Hutan 95
Gambar 5.5 : Penyebab Pemanansa Global 96
Gambar 7.1 : Konsep Pengambilan dan Pengukuran Timbulan Sampah 125
Gambar 8.1 : Susunan Lembaran Kulit Bumi dan Lapisan Gas di Udara 136

DAFTAR TABEL

Tabel 1.1 : Kriteria Penentuan Kualitas Lingkungan.....6
Tabel 2.1 : Baku Mutu Air Berdasarkan Kelas Air.....34
Tabel 2.2 : Pembagian Kelas Air dan Peruntukannya Berdasarkan PP No.82/2001. (PP.No.22/2021).....35
Tabel 2.3 : Pembagian Golongan Air.....36
Tabel 2.4 : Parameter Kualitas Air Tawar.....41
Tabel 2.5 : Kategori Tingkat Indeks Pencemaran Air.....46
Tabel 2.6 : Indeks Kualitas Air (IKA).....48
Tabel 3.1 : Persyaratan Parameter Kimia Anorganik Air Minum dalam Kemasan (AMDK).....54
Tabel 3.2 : Persyaratan Parameter Kimia Anorganik Air Minum dalam Kemasan (AMDK).....56
Tabel 3.3 : Beban pencemaran di masing-masing sungai.....60
Tabel 3.4 : Parameter kualitas Air, Metode, dan alat yang digunakan.....61
Tabel 6.1 : Nilai Indeks Standar Pencemar Udara.....109
Tabel 8.1 : Komponen Gas di Udara Bersih.....136
Tabel 8.2 : Parameter Dasar ISPU dan Periode Waktu Pengukuran.....143
Tabel 8.3 : Indeks Standar Analisis Pencemar Udara.....143
Tabel 8.4 : Analisis Parameter Carbon Monoksida (CO).....144
Tabel 8.5 : Indeks Standar Analisis Parameter Nitrogen (NO_2).....145
Tabel 8.6 : Indeks Standar Analisis Parameter Ozone (O_3).....145
Tabel 8.7 : Indeks Standar Analisis Parameter Sulfur Dioksida (SO_2).....146

Tabel 8.8 : Parameter Baku Mutu Udara Ambien dan Tingkat Kebauan 148
Tabel 8.9 : Parameter Baku Mutu Udara Emisi Cerobong Asap 150
Tabel 8.10 : Parameter Baku Mutu Udara Emisi untu Industri Besi dan Baja 151
Tabel 8.11 : Parameter Baku Mutu Udara Emisi untuk Industri Pulp dan Kertas 152
Tabel 8.12 : Parameter Baku Mutu Udara Emisi Kegiatan PLTU Menggunakan Bahan Bakar Batubara 153
Tabel 8.13 : Parameter Baku Mutu Udara Emisi untuk Industri Semen 153

BAB 1
PENDAHULUAN TENTANG PENCEMARAN DAN KUALITAS LINGKUNGAN

Oleh Nurlita Pertiwi

1.1 Pencemaran dan Kualitas Hidup Manusia

Kehidupan manusia tidak dapat dipisahkan dengan kualitas lingkungan. Interaksi manusia dengan lingkungan berlangsung secara terus menerus dan terjadi saling ketergantungan antara manusia dan semua sistem yang ada dalam lingkungan. Kebutuhan akan udara dan air bersih menjadi bukti bahwa manusia sangat tergantung pada kualitas lingkungan. Berbagai fakta menunjukkan bahwa terjadinya penurunan kualitas kehidupan manusia disebabkan oleh rendahnya kualitas lingkungannya.

Fakta menarik tentang keterkaitan antara kualitas hidup manusia dengan kondisi lingkungan terungkap pada berbagai kajian. (Afroz et al., 2003) menguraikan hasil penelitiannya bahwa kesehatan jangka pendek dan jangka panjang manusia dipengaruhi oleh kualitas udara pada lingkungan sekitarnya. Gangguan kesehatan berupa penyakit akut dapat terjadi akibat kondisi udara yang buruk. Sebagai contoh gejala gangguan pernapasan pada manusia biasamya terjadi setelah menghirup udara yang buruk. Kejadian penyakit infaksi saluran pernafasan selalu dihubungkan dengan kejadian asap rokok, asap kendaraan atau kondisi kualitas udara yang buruk. (Sudaryanto et al., 2022) menguraikan bahwa kejadian kesakitan pernafasan pada balita dan anak-anak serta orang dewasa sebagian besar disebabkan oleh paparan polutan melalui udara. WHO merilis bahwa sekitar 3,8 juta kematian dini di

dunia disebabkan karena polusi udara. Data secara rinci tentang penyakit penyebab kematian yaitu 27% akibat pneumonia, 20% akibat penyakit paru obstruktif kronik dan 27% akibat penyakit jantung iskemia. Selain itu, adanya gangguan pertumbuhan pada bayi dan balita juga dapat disebabkan oleh pencemaran udara. Hal ini didukung dengan tingginya kejadian stunting yang terkait dengan paparan polusi udara.

Fakta pencemaran air di Indonesia juga menjadi masalah terhadap gangguan kualitas hidup manusia. Sugiester *et al* (2021) menguraikan beberapa fakta pencemaran sungai di Indonesia yang terkait dengan kesehatan manusia. Hasil analisa kualitas air dari parameter kimia, fisika, serta biologi yang melebihi baku mutu menyebabkan terjadinya gangguan kesehatan pada masyarakat seperti penyakit gangguan kulit, dermatitis dan diare. Insiden penyakit umumnya terkait dengan aktivitas masyarakat dalam pemanfaatan air yang terkontaminasi. Masyarakat yang bermukim di tepi sungai menggunakan air dalam kegiatan domestik seperti mandi, mencuci pakaian dan peralatan makan. Kegiatan tersebut menyebabkan masuknya bahan pencemar dalam badan manusia. Semakin tinggi konsentrasi pencemar dalam air, maka semakin besar pula risiko kejadian penyakit.

Dengan berbagai rsiko tersebut di atas, maka pengetahuan tentang pencemaran dan kualitas lingkungan menjadi aspek penting dalam peningkatan kualitas kehidupan manusia.

1.2 Kualitas Lingkungan

(Johnson *et al*., 1997) menguraikan bahwa kualitas lingkungan merupakan ukuran terhadap kondisi lingkungan yang dikaitkan dengan kebutuhan makhluk hidup termasuk kebutuhan manusia. Udara yang berkualitas adalah kondisi udara yang sesuai dengan kebutuhan hidup spesies. Selanjutnya (Felce & Perry, 1995) menguraikan bahwa Kualitas lingkungan hidup merupakan kondisi lingkungan yang ditandai dengan keadaan unsur atau

komponennya baik yang terkait dengan komponen biotik maupun komponen abiotik yang sesuai standard mutu lingkungan.

(Rapoport, 1990) menguraikan kualitas lingkungan sebagai gambaran internal seseorang atau kesan yang muncul dengan adanya kenyataan eksternal yang diketahui atau dirasakan melalui pengalamannya. kesan atau representasi tersebut sebagai bentuk penilaian manusia terhadap lingkungan.

Pengertian tentang kualitas lingkungan dalam undang undang no 32 tahun 2009 tentang perlindungan dan pengelolaan lingkungan hidup dikaitkan dengan dua istilah yaitu daya dukung dan daya tampung. Daya dukung lingkungan hidup terkait dengan kemampuan ekosistem sebagai habitat makhluk hidup untuk mendukung semua aktivitas dalam ekosistem serta kemampuan ekosistem tersebut menjaga keseimbangan. Sedangkan daya tampung lingkungan hidup terkait dengan banyaknya energi atau zat lain yang ditransfer oleh makhluk hidup kedalam lingkungan serta kemampuan lingkungan tersebut menetralisir adanya komponen tersebut.

Kualitas lingkungan menjadi parameter penting dalam suatu penentuan kebijakan. sehingga setiap negara mengeluarkan standar sebagai ukuran polusi suatu kawasan. standar tersebut menjadi dasar aturan atau berdampak konsekuensi akan suatu kebijakan yang penting. dengan standar tersebut, maka wilayah tercemar akan menandakan kualitas sumber daya di kawasan tersebut dan berdampak terhadap kondisi politik dan ekonomi. ukuran kualitas lingkungan juga menjadi acuan bagi pemerintah suatu negara untuk menyediakan dana pengurangan polusi sebagai bagian penyediaan lingkungan yang mendukung kehidupan rakyatnya. standar kualitas lingkungan juga menjadi informasi akan tingkat emisi pada suatu kawasan yang terkait dengan risiko epidemi atau tingkat Kesehatan masyarakat.

Kebijakan pemerintah tentang pemantauan kualitas lingkungan hidup juga terkait dengan kebijakan otonomi daerah.

Setiap wilayah provinsi dan kabupaten/kota harus menerapkan urusan pemerintahan dalam delapan bidang (gambar 1.1).

Gambar 1.1 : Bidang Pengelolaan Lingkungan

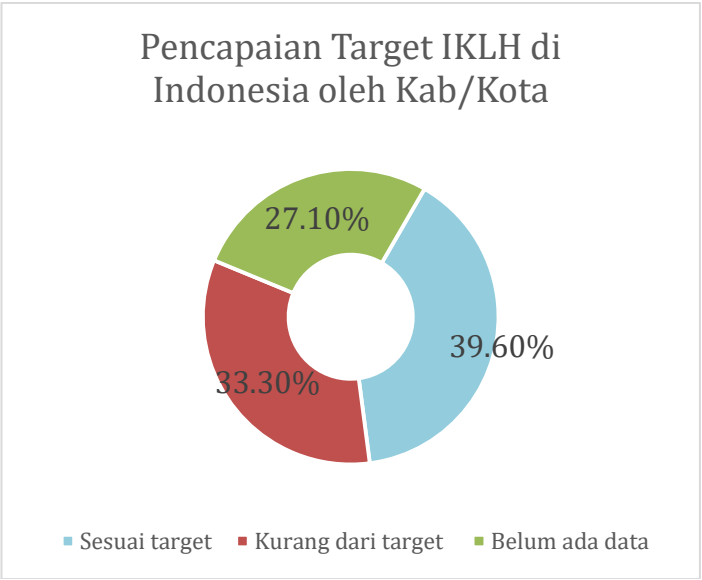
Secara khusus, pemerintah Indonesia telah mengeluarkan kebijakan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia Nomor 27 tahun 2021 tentang indeks kualitas lingkungan hidup. Kebijakan tersebut sebagai acuan bagi pemerintah dalam menentukan kualitas lingkungan hidup pada semua wilayah di Indonesia. Kualitas tersebut merupakan parameter kongkret tentang kondisi kualitas air, kualitas udara, kualitas lahan, serta kualitas air laut. Indeks kualitas lahan mencakup kualitas tutupan lahan dan kualitas ekosistem gambut.
Dalam penetapan indeks tersebut, maka pemantauan terhadap obyek dilakukan dengan cermat pada beberapa wilayah. Indeks tersebut merupakan gambaran atau indikasi tentang kondisi lingkungan pada periode tertentu. Dengan adanya indeks tersebut, maka pemerintah daerah dapat menentukan strategi pembangunan jangka panjang dan jangka pendek.

Selain itu, indeks kualitas lingkungan hidup suatu daerah juga menjadi informasi tentang kualitas kinerja pengelolaan lingkungan. Data Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan

(2021) menguraikan pencapaian kualitas lingkungan hidup di Indonesia pada gambar 1.2.

Gambar 1.2 : Pencapaian Kualitas Lingkungan Di Indonesia

Berdasarkan gambar 1.2 kualitas lingkungan menunjukkan kondisi yang lebih baik sejak 2019. Bahkan nilai indeks tersebut meningkat signifikan dari tahun ke tahun. Namun demikian, pencapaian tersebut tidak merata pada seluruh Kabupaten/Kota. Data menunjukkan bahwa jumlah Kabupaten/Kota yang memenuhi target IKLH hanya mencapai 39.60% pada tahun 2021 (Gambar 3) Dengan kata lain, penerapan kebijakan lingkungan hidup belum merata pada semua wilayah Indonesia.



Gambar 1.3 : Pencapaian Target IKLH tahun 2021

Pengukuran pencapaian target tersebut tertuang dalam regulasi tentang Indeks Kualitas Lingkungan Hidup sebagaimana diuraikan pada tabel 1.1.

Tabel 1.1 : Kriteria Penentuan Kualitas Lingkungan

No	Objek	Lokasi Pemantauan
1	Air	Sumber pencemar;
		Outlet daerah aliran sungai utama;
		Titik intake pengolahan air minum;
		Danau, waduk atau situ; dan/atau e.
		Aliran badan air kawasan hulu yang belum terpengaruh aktivitas manusia

No	Objek	Lokasi Pemantauan
2	Udara Ambien	Daerah padat transportasi yang meliputi jalan utama dengan lalu lintas padat;
		Daerah atau kawasan industri
		Pemukiman padat penduduk
		Kawasan perkantoran yang tidak terpengaruh langsung transportasi
3	Air Laut	Muara sungai utama
		Lokasi yang berpotensi terdampak dari kegiatan daratan atau lautan; dan/atau
		Ekosistem penting berupa: mangrove, terumbu karang, padang lamun, estuari dan ekosistem penting lainnya
4	Lahan	Tutupan lahan: Kawasan hutan dan areal penggunaan lain.
		Ekosistem gambut: Ekosistem dengan fungsi lindung dan Ekosistem dengan fungsi budi daya.

Hasil penilaian kualitas air disajikan dalam parameter indeks kualitas air yang terbagi atas empat tingkatan yaitu: memenuhi baku mutu, tercemar ringan, tercemar sedang dan tercemar berat. Selanjutnya indeks kualitas udara, kualitas lahan dan kualitas air laut dikategorikan dalam lima tingkatan yaitu sangat baik, baik, sedang, kurang dan sangat kurang. Uraian secara rinci tentang tahapan analisis indeks kualitas lingkungan tertuang

dalam Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia Nomor 27 tahun 2021.

1.3 Pencemaran

Definisi pencemaran menurut undang-undang nomor 32 tahun 2009 tentang perlindungan dan pengelolaan lingkungan hidup adalah masuk atau dimasukkannya makhluk hidup, zat, energi, dan/atau komponen lain ke dalam lingkungan hidup oleh kegiatan manusia sehingga melampaui baku mutu lingkungan hidup yang telah ditetapkan. Selanjutnya pengertian baku mutu lingkungan hidup dalam kebijakan tersebut adalah adalah ukuran batas atau kadar makhluk hidup, zat, energi, atau komponen yang ada atau harus ada dan/atau unsur pencemar yang ditenggang keberadaannya dalam suatu sumber daya tertentu sebagai unsur lingkungan hidup.

Pencemaran identik dengan istilah polusi. odum (1971) menguraikan bahwa polusi adalah perubahan yang tidak diinginkan pada karakteristik fisik, kimia, atau biologis dari udara, tanah, dan air. kondisi tersebut berdampak terhadap kerugian manusia atau elemen biotik lainnya. bahkan polusi dapat merusak kondisi sumber daya alam sebagai bahan baku pendukung kehidupan manusia.

Bahan pencemar disebut juga sebagai polutan. konsentrasi bahan pencemar di alam akan berdampak pada bahaya ditimbulkan terhadap kehidupan manusia atau makhluk hidup. keberadaan bahan pencemar di alam dapat berkurang secara alami dan adapula yang harus diatasi dengan usaha dan teknologi. namun besarnya konsentrasi bahan pencemar akan meningkatkan biaya kegiatan pemulihan lingkungan. oleh karena itu, masuknya bahan pencemar pada lingkungan harus dicegah. secara umum masalah pencemaran dilihat dari media yang dicemari. oleh karena itu, pencemaran dapat dikategorikan dalam tiga kelompok, yaitu

pencemaran udara (*air pollution*), pencemaran air (*water pollution*), dan pencemaran tanah (*soil pollution*).

1.3.1 Pencemaran Tanah

Pencemaran tanah atau adanya polutan atau bahan pencemar di dalam tanah yang terjadi akibat aktivitas manusia. Keberadaan zat tersebut dapat menurunkan kualitas tanah dan mengganggu fungsi tanah.

Pencemaran tanah dapat terjadi secara alamiah dan akibat aktivitas manusia. Kejadian secara alamiah yang menyebabkan polusi tanah seperti adanya bangkai binatang, daun-daun yang berguguran yang masuk ke dalam tanah. Selanjutnya bentuk pencemaran tanah akibat aktivitas manusia seperti limbah industri, limbah pertanian dan limbah domestik.

Uraian tentang fakta pencemaran tanah akibat limbah industri disajikan sebagai berikut:

1. Kandungan logam berat pada lahan sawah di Desa Jelegong, Kecamatan Rancaekek Kabupaten Bandung terjadi akibat limbah industri tekstil. Kandungan logam berat yaitu Cr atau Kromium dengan konsentrasi 0,06-174,7 mg/l. As atau Arsen dengan konsentrasi 0,28-4,0 mg/l dan Hg dengan konsentrasi 25,9 - 92,2 mg/l, Pb dengan konsentrasi 0,05 - 11,7 mg/l dan Cadmiun dengan konsentrasi 0,02 - 0,17 mg/l. Berdasarkan standar USEPA, pencemaran termasuk dalam kategori tercemar ringan hingga berat (Komarawidjaja, 2017).
2. Degradasi dan polusi tanah akibat ekstraksi minyak dalam jangka panjang di Rusia. Eksploitasi ladang minyak dalam jangka panjang menyebabkan Degradasi primer dataran banjir dan dataran tinggi sebagai akibat dari salinisasi dan polusi benzo[a]pyrene. (Buzmakov & Khotyanovskaya, 2020).
3. Berbagai industri yang berdampak terhadap pencemaran tanah adalah: 1) industri metalurgi, cat, dan penyamakan menghasilkan limbah Crom Industri baja menghasilkan nikel, 2) Industri peleburan logam menghasilkan Cadmium, 3)

Industri cat, metalurgi, dan kaca menghasilkan timbal, 4) Industri baja menghasilkan nikel. Dinamika logam berat dalam tanah akibat industri tersebut berdampak pada peningkatan penyerapannya oleh tanaman. Konsentrasi logam berat berbeda-beda pada bagian sayuran. Daun terbukti memiliki kemampuan menyerap dan mengakumulasi logam berat (Zwolak *et al.*, 2019).

4. Gurun Sahara di Afrika Barat mengalami pencemaran akibat limbah pembakaran batu bara dan penambangan emas. (Fayiga *et al.,* 2018).
5. Polusi tanah dengan peningkatan kandungan logam berat di tanah akibat aktivitas industri dan pertanian di Olkuz District, Polandia. Tingginya konsentrasi logam berat di tanah asam terjadi akibat transformasi logam menjadi ion Cd2+ dan Zn2+. Penyebab utama pencemaran tanah akibat aktivitas industri lokal. Analisis keasaman, kandungan fraksi liat dan bahan organik menunjukkan bahwa tanah mengalami kerentanan atau tingkat kontaminasi tanah dengan logam berat yang cukup tinggi. (Miskowiec *et al.,* 2015).

Selanjutnya beberapa referensi juga menunjukkan bahwa aktivitas pertanian berdampak pada peningkatan kandungan logam berat di tanah. Penggunaan pupuk organik dan pestisida kimia telah mencemari tanah hampir di seluruh dunia. Uraian tentang fakta tersebut disajikan sebagai berikut :

1. Polusi tanah pertanian di Mesir akibat penggunaan bahan kimia pertanian, penggunaan kembali air drainase pertanian serta daur ulang air limbah yang diolah. Selain itu, lahan pertanian juga terkontaminasi akibat pembuangan limbah padat yang tidak tepat. Jenis pupuk yang umum digunakan adalah urea, amonium nitrat, amonium sulfat, kalsium nitrat, superfosfat tunggal dan pekat, kalium sulfat, dan kalium klorida.(Elbana *et al.,* 2019).

2. Aktivitas pertanian modern yang ditandai dengan penggunaan pestisida secara intensif adalah praktik umum di seluruh dunia. Akibatnya terjadi polusi tanah dengan pestisida. Konsentrasi zat aktif pestisida dalam tanah, mengalami transformasi biologis dan fisikokimia. Kondisi ini mempengaruhi pertumbuhan mikroba pertumbuhan aktivitas enzimatik di dalam tanah. Dengan demikian terjadi degradasi mikroba oleh pestisida. (Sahid, 2021).

Pencemaran tanah merupakan suatu masalah yang harus diatasi baik melalui upaya teknologi remediasi maupun melalui pencegahan penambahan bahan kontaminan pada tanah. Berbagai bentuk teknologi penanggulangan pencemaran tanah adalah sebagai berikut :

1. Metode bioremediasi pada tanah yang tercemar limbah oli dengan menggunakan kompos berbahan limbah baglog dan kulit nanas. Penambahan kompos limbah baglog dan kulit nanas dalam proses bioremediasi berperan dalam menutrisi tanah dengan mikoorganisme. Dengan meningkatnya nutrisi, maka mikoorganisme tersebut menyediakan energi, biomassa sel, dan enzim yang sangat berguna dalam proses degradasi polutan. Kemampuan mikroorganisme untuk tumbuh dan berkembang pada lingkungan yang tercemar menjadi penentu keberhasilan proses bioremediasi. Oleh karena itu, maka mikroorganisme harus dirangsang pertumbuhan dan perkembangannya melalui penambahan nutrisi. Namun konsentrasi polutan membatasi proses biodegradasi, oleh karena itu kompos menjadi nutrisi eksogen dalam pertumbuhan mikroba yang dapat mendegradasi zat pencemar. (Handrianto, 2018)
2. Penggunaan Biosurfaktan Rhamnolipida dan Surfaktin pada Proses Bioremediasi Tanah Tercemar Crude Oil. Minyak mentah tidak hanya mengandung zat organik tetapi juga

mengandung konsentrasi anorganik atau logam dengan jumlah yang berbeda beda. Keberadaan logam dalam minyak mentah merupakan pencemar dalam badan air. Konsentrasi kandungan logam dalam minyak mentah dapat keseimbangan ekologis. Biosurfaktan merupakan zat permukaan aktif yang dapat mengurangi tegangan permukaan sehingga emulsi polutan dapat terdegradasi melalui proses sintesa mikroorganisme. Biosurfaktan terbentuk pada permukaan sel mikroba dan dilepaskan ke lingkungan. Kehadiran biosurfaktan yang dapat membantu melepaskan senyawa hidrokarbon dapat meningkatkan konsentrasi senyawa hidrokarbon dalam air melalui pelarutan ataupun emulsifikasi. Pencemaran minyak mentah di Kabupaten Bojonegoro akibat pertambangan minyak bumi rakyat dapat diatasi dengan penggunaan biosurfaktan rhamnolipida dan surfaktin pada proses bioremediasi (Amelia & Sulistiyaning, 2021).

3. Penanganan pencemaran tanah akibat minyak pelumas bekas melalui pemanfaatan sampah organik biodegradable. Jenis sampah campuran yang baik yaitu daun ranting dan rumen sapi lokal dari rumah potong hewan dengan komposisi tanah dan sampah 50:50. Metode *co-composting* atau kombinasi daun dan limbah ternak terbukti dapat diaplikasikan sebagai teknik bioremediasi tanah tercemar pelumas bekas. (Setianingsih & Titah, 2021).

1.3.2 Pencemaran Air

Pencemaran air merupakan terjadinya penurunan kualitas air pada suatu tempat di perairan seperti laut, sungai, danau, dan air tanah. Penyebab pencemaran air laut adalah masuknya limbah industri atau limbah pertanian. Selain itu, laut juga dapat tercemar dengan adanya sedimentasi buatan serta tumpahan minyak. Sungai dan danau juga tercemar akibat limbah industri, limbah domestik dan limbah pertanian.

Kejadian pencemaran laut diuraikan sebagai berikut:

1. Polusi plastik di laut telah terjadi sejak puluhan tahun yang lalu. Pulau-pulau di Atlantik Utara dan Selatan serta di Lautan Karibia mengalami gangguan ekosisten akibat polutan yang berbentuk makroplastik (ukuran > 5 mm) dan mikroplastik (ukuran < 5mm). Beberapa studi telah membuktikan adanya kolonisasi plastik oleh organisme. Plastik tersebut berbentuk makro yang merupakan buangan pada aktivitas penangkapan ikan di Samudra Atlantik (Monteiro *et al.,* 2018)
2. Pencemaran Laut Di Pesisir Utara Pulau Bintan Selama Musim Angin Utara. Terjadinya peningkatan konsentrasi polutan akibat adanya tumpahan minyak yang dibuang secara illegal pada proses pembersihan tangka. Kegiatan pembuangan minyak dilakukan oleh kapal kapal yang berlayar di perairan laut Cina Selatan. Kapal kapal tersebut memanfaatkan situasi cuaca yang buruk untuk menyamarkan buangan minyak kotor mereka ke laut. Arah angin dan ombak yang tinggi menyebabkan dispersi minyak menjadi gumpalan gumpalan kecil, sehingga sangat sulit dideteksi citranya melalui satelit pemantau tumpahan minyak. Pemerintah telah memasang alat Synthetic Aperture Radar (SAR) untuk memantau adanya gumpalan minyak di laut, namun alat ini kurang efektif pada kondisi musim angin utara. (Negara, 2020).

Kondisi lautan semakin tercemar akibat konsentrasi plastik yang besar. Bahan cemaran tersebut berbentuk sedimen di dasar laut dengan tingkat kepadatan yang besar. Polusi lautan akibat mikroplastik terjadi dalam dua bentuk yaitu mikroplastik primer atau partikel sampah plastik kecil. Sedangkan partikel sampah yang dihasilkan dari fragmentasi potongan plastik yang lebih besar disebut mikroplastik sekunder. Ukuran mikroplastik dengan mudah memasuki rantai makanan dan menjadi bahan konsumsi makanan bagi organisme laut. Tingkat toksisitas mikroplastik

terhadap organisme dapat diamati dalam tiga cara yaitu : 1) Kandungan mikroplastik pada hasil ekskresi, 2) aditif plastik berbahaya dapat dilepaskan dari mikroplastik serta 3) adanya kandungan logam berat yang terserap oleh mikroplastik. (Zhang *et al.,* 2020).

Selanjutnya pencemaran sungai dan sumber air lainnya juga terjadi secara tidak terkendali. sebagaimana uraian berikut:

1. Pencemaran air pada sungai Cikapundung, Jawa Barat akibat limbah domestik dibiarkan mengalir ke badan sungai tanpa adanya perlakuan terlebih dahulu. Berdasarkan data kualitas air secara berkala, nampak adanya peningkatan beban pencemar seiring dengan meningkatnya jumlah penduduk. (Rahayu *et al.,* 2018).
2. Pencemaran air pada sub DAS Boentuka Kabupaten Timor Tengah Selatan akibat akumulasi limbah domestik pada penduduk yang bermukim di kawasan DAS. Hasil pengukuran nilai indeks pencemaran, menunjukkan bahwa Sungai Boentuka termasuk dalam kategori tercemar ringan. (Hamakonda *et al.,* 2019).
3. Pencemaran air pada sumur gali akibat bakteri Escherichia coli (E. coli) di Kelurahan Rap-rap Kabupaten Minahasa Utara. Hasil pemeriksaan kualitas air menunjukkan bahwa kandungan E. coli dalam air sumur gali melebihi nilai ambang batas. Kondisi pencemaran disebabkan oleh jarak sumur septiktank ke sumur gali sangat dekat, sehingga memungkinkan masuknya bahan pencemaran dalam sumur gali. Hal ini diperburuk lagi dengan minimnya kualitas dinding sumur. (Awuy *et al.,* 2018).

Upaya pengendalian pencemaran air dengan berbagai bentuk sebagaimana uraian berikut:

1. Pendekatan bioaugmentasi dan biostimulasi dalam upaya bioremediasi tumpahan minyak pada badan air. Biostimulasi

adalah tindakan penambahan nutrisi (nitrogen dan fosfor) untuk mempercepat proses biodegradasi. Sedangkan bioaugmentasi adalah metode penanggulangan limbah minyak dalam skala besar. Metode augmentasi melalui proses kultur mikroba yang diisolasi secara khusus, (Yasmin & Wulansarie, 2018).

2. Kombinasi Bioremediasi Apu-Apu Dan Material Nano-Zeolit. Pemanfaatan tanaman apu – apu dan nanozeolit dapat meremediasi limbah yang ada di sungai. Tanaman Apu - apu dapat menurunkan kadar pencemar air limbah. Proses penangkapan lumpur melalui berkas -berkas akar tanaman dimanfaatkan sebagai pembersih sungai yang sangat kotor. (Rahmah *et a*l., 2018)
3. Bioremediasi Air Limbah Boezem dengan High Rate Algae Pond High Rate Algae Pond (HRAP) merupakan salah satu teknologi pengolahan air limbah yang memanfaatkan mikroalga (Ratnawati *et al.,* 2020).

1.3.3 Pencemaran Udara

Pencemaran udara adalah masuknya bahan polutan karbon monoksida (CO) dan karbon dioksida (CO_2) di atmosfir yang menyebabkan terganggunya keseimbangan udara. Pencemaran udara terjadi akibat emisi gas buang kendaraan atau asap cerobong pabrik. Selain itu, udara juga dapat tercemar akibat adanya asap vulkanik dari aktivitas letusan gunung berapi yang menebarkan partikel-partikel debu ke udara.

Industri yang melepaskan partikel dan senyawa nitrogen oksida, dan oksida sulfur ke udara juga telah mencemari udara di berbagai kawasan di Indonesia. Fakta tentang pencemaran udara di Indonesia adalah sebagai berikut:

1. Kajian tentang pencemaran udara akibat kinerja lalu-lintas kendaraan bermotor di Kota Medan menunjukkan bahwa hasil pemantauan kualitas udara yang dilakukan pada tiga lokasi di

jalan protokol menunjukkan adanya peningkatan kadar *Hydrocarbon* (HC). Senyawa tersebut berasa di udara akan membentuk senyawa baru yaitu *Plycyclic Aromatic* (PAH) yang dapat mengganggu kesehatan manusia. (Indrayani & Asfiati, 2018)

2. Kajian tentang risiko gangguan Saluran Penapasan Akibat Pencemaran Udara di Lingkungan Tempat Pembuangan Akhir (TPA). Akibat adanya tumpukan sampah di TPA dapat menimbulkan bau yang sangat menyengat yaitu berasal dari gas H2S dan CH4. Gas tersebut dihasilkan dari proses pembusukan sampah dan menimbulkan pencemaran udara (melebihi baku mutu). Terdapat beberapa komponen gas yang dihasilkan akibat adanya proses pembusukan sampah seperti Hidrogen Sulfida (H_2S), Karbon Monoksida (CO), Karbon Dioksida (CO_2), Ammoniak (NH_3), Fosfor (PO_4), Sulfur Oksida (SO_4), maupun Metana (CH_4). Konsentrasi gas tersebut akan meningkat seiring dengan peningkatan volume sampah. Dengan demikian, maka kondisi TPA tersebut memberi risiko gangguan kesehatan pada masyarakat. (Hidayatullah & Mulasari, 2020).
3. Beberapa kajian menunjukkan bahwa polusi udara di perkotaan dapat mempengaruhi fungsi penciuman manusia. Pengujian penurunan fungsi penciuman terkait polusi udara terjadi pada jutaan orang di seluruh dunia. Gangguan sensorik ini dikaitkan dengan penyakit neurodegeneratif dan penurunan kualitas hidup secara signifikan. Paparan polutan udara menyebabkan terjadinya penurunan penciuman akibat kerentanan anatomi saraf penciuman terhadap lingkungan. (Ajmani *et al.*, 2016)
4. Peningkatan konsentrasi partikel halus dengan diameter ≤2,5 μm dalam polusi udara secara signifikan berhubungan dengan kejadian karsinoma tiroid papiler dengan paparan dua dan tiga tahun. Hasil kajian menunjukkan bahwa terdapat hubungan

potensial antara faktor risiko dan karsinoma tiroid pada wilayah dengan tingkat polusi udara yang tinggi baik secara nasional maupun internasional. (Karzai *et al.*, 2022).

Sebagai tindakan antisipasi pengendalian, maka pemantauan terhadap kualitas udara sangat penting, utamanya pada wilayah dengan risiko pencemaran yang tinggi. Uraian berikut memberikan informasi tentang metode pemantauan kualitas udara.

1. Penggunaan Teknologi WSN Menggunakan *Confusion Matrix* untuk pencegahan pencemaran udara. Aplikasi *wireless sensor network* (WSN) diterapkan pada pemantauan kualitas udara. Pemasangan perangkat sebagai node sensor pada berbagai lokasi bertujuan untuk mengumpulkan data kualitas udara. Hasil rekaman node sensor lalu dikirim ke pusat data untuk diolah sebagai penyajian trend kualitas udara. Data kualitas udara akan menjadi panduan dalam penentuan strategi pencegahan. (Arya *et al*., 2018)
2. Analisis Pencemaran Udara Dengan Box Model sebagai suatu bentuk pemantauan kualitas udara. Box model digunakan untuk menduga rata-rata konsentrasi polutan di suatu daerah. Kotak tersebut dipasang pada sumber emisi. (Astuti & Kusumawardani, 2017)

1.4 Penutup

Kualitas lingkungan merupakan bagian penting dalam pencapaian hunian yang baik. Namun aktivitas manusia secara terus menerus menghasilkan limbah, dan konsentrasinya meningkat seiring dengan peningkatan populasi. Oleh karena itu, pengendalian pencemaran terus dikaji baik dengan pendekatan

DAFTAR PUSTAKA

Afroz, R., Hassan, M. N., & Ibrahim, N. A. 2003. Review of air pollution and health impacts in Malaysia. *Environmental Research*, *92*(2), 71–77.

Ajmani, G. S., Suh, H. H., & Pinto, J. M. 2016. Effects of ambient air pollution exposure on olfaction: a review. *Environmental Health Perspectives*, *124*(11), 1683–1693.

Amelia, N., & Sulistiyaning, T. H. 2021. Kajian Pengaruh Penggunaan Biosurfaktan Rhamnolipida dan Surfaktin pada Proses Bioremediasi Tanah Tercemar Crude Oil. *Jurnal Teknik ITS*, *10*(2), F76–F81.

Arya, T. F., Faiqurahman, M., & Azhar, Y. 2018. Aplikasi wireless sensor network untuk sistem monitoring dan klasifikasi kualitas udara. *Jurnal Sistem Informasi*, *14*(2), 74–82.

Astuti, W., & Kusumawardani, Y. 2017. Analisis Pencemaran Udara Dengan Box Model (Daya Tampung Beban Pencemar Udara) Studi Kasus Di Kota Tangerang. *Jurnal Neo Teknika*, *3*(1), 21–28.

Awuy, S. C., Sumampouw, O. J., & Boky, H. B. 2018. Kandungan escherichia coli pada air sumur gali dan jarak sumur dengan septic tank di Kelurahan Rap-Rap Kabupaten Minahasa Utara tahun 2018. *KESMAS*, *7*(4).

Buzmakov, S. A., & Khotyanovskaya, Y. V. 2020. Degradation and pollution of lands under the influence of oil resources exploitation. *Applied Geochemistry*, *113*, 104443.

Elbana, T., Gaber, H. M., & Kishk, F. M. 2019. Soil chemical pollution and sustainable agriculture. In *The soils of Egypt* (pp. 187–200). Springer.

Fayiga, A. O., Ipinmoroti, M. O., & Chirenje, T. 2018. Environmental pollution in Africa. *Environment, Development and Sustainability*, *20*(1), 41–73.

Felce, D., & Perry, J. 1995. Quality of life: Its definition and measurement. *Research in Developmental Disabilities*, *16*(1), 51–74.

Hamakonda, U. A., Suharto, B., & Susanawati, L. D. 2019. Analisis kualitas air dan beban pencemaran air pada sub DAS Boentuka Kabupaten Timor Tengah Selatan. *Jurnal Teknologi Pertanian Andalas*, *23*(1), 56–67.

Handrianto, P. 2018. Mikroorganisme pendegradasi TPH (total petroleum hydrocarbon) sebagai agen bioremediasi tanah tercemar minyak bumi. *Jurnal SainHealth*, *2*(2), 35–42.

Hidayatullah, F., & Mulasari, S. A. 2020. Literature Review: Gangguan Saluran Penapasan Akibat Pencemaran Udara di Lingkungan Tempat Pembuangan Akhir (TPA). *Jurnal Kesehatan*, *13*(2), 119–130.

Indrayani, I., & Asfiati, S. 2018. Pencemaran Udara Akibat Kinerja Lalu-Lintas Kendaraan Bermotor Di Kota Medan. *Jurnal Permukiman*, *13*(1), 13–20.

Johnson, D. L., Ambrose, S. H., Bassett, T. J., Bowen, M. L., Crummey, D. E., Isaacson, J. S., Johnson, D. N., Lamb, P., Saul, M., & Winter-Nelson, A. E. 1997. Meanings of environmental terms. *Journal of Environmental Quality*, *26*(3), 581–589.

Karzai, S., Zhang, Z., Sutton, W., Prescott, J., Segev, D. L., McAdams-DeMarco, M., Biswal, S. S., Ramanathan Jr, M., & Mathur, A. 2022. Ambient particulate matter air pollution is associated with increased risk of papillary thyroid cancer. *Surgery*, *171*(1), 212–219.

Komarawidjaja, W. 2017. Paparan limbah cair industri mengandung logam berat pada lahan sawah di Desa Jelegong, Kecamatan Rancaekek, Kabupaten Bandung. *Jurnal Teknologi Lingkungan*, *18*(2), 173–181.

Miskowiec, P., Laptas, A., & Zieba, K. 2015. Soil pollution with heavy metals in industrial and agricultural areas: a case study of Olkusz District. *Journal of Elementology*, *20*(2).

Monteiro, R. C. P., do Sul, J. A. I., & Costa, M. F. 2018. Plastic pollution in islands of the Atlantic Ocean. *Environmental Pollution*, *238*, 103–110.

Negara, G. S. 2020. Dampak Linkungan Terhadap Pencemaran Laut Di Pesisir Utara Pulau Bintan Selama Musim Angin Utara. *Jurnal Saintek Maritime*, *20*(2), 137–144.

Rahayu, Y., Juwana, I., & Marganingrum, D. 2018. Kajian perhitungan beban pencemaran air sungai di Daerah Aliran Sungai (DAS) Cikapundung dari sektor domestik. *Rekayasa Hijau: Jurnal Teknologi Ramah Lingkungan*, *2*(1).

Rahmah, I. A., Salsabila, A., Amalina, S., Istiqomah, L., & Edi, A. 2018. Kombinasi Bioremediasi Apu-Apu Dan Material Nano-Zeolit Terhadap Air Limbah Sungai Gelis Kota Kudus. *Journal of Biology Education IAIN KUDUS ISSN*, 2615–3947.

Rapoport, A. 1990. *The meaning of the built environment: A nonverbal communication approach*. University of Arizona Press.

Ratnawati, R., Nurhayati, I., & Sari, V. Y. 2020. Pengaruh Konsentrasi Unsur Kalium, Karbon, dan Aerasi pada Bioremediasi Air Limbah Boezem dengan High Rate Algae Pond. *TEKNIK*, *41*(2), 119–125.

Sahid, A. 2021. PEMBANGUNAN PERTANIAN BERKELANJUTAN (DILIHAT DARI ASPEK PESTISIDA). *Pembangunan Pertanian*, 43.

Setianingsih, S., & Titah, H. S. 2021. Potensi Metode Co-Composting pada Bioremediasi Tanah Tercemar Pelumas Bekas Menggunakan Sampah Organik Biodegradable. *Jurnal Teknik ITS*, *9*(2), F103–F110.

Sudaryanto, S., Prasetyawati, N. D., & Sinaga, E. 2022. S OSIALISASI DAMPAK POLUSI UDARA TERHADAP GANGGUAN KESEHATAN KENYAMANAN DAN LINGKUNGAN. *Midiwifery Science Session*, *1*(1), 8–17.

Yasmin, Z., & Wulansarie, R. 2018. Review perbandingan pencemaran minyak di perairan dengan proses bioremediasi menggunakan metode biostimulus dan bioaugmentasi. *Reka Buana: Jurnal Ilmiah Teknik Sipil Dan Teknik Kimia*, *3*(1), 67–72.

Zhang, D., Liu, X., Huang, W., Li, J., Wang, C., Zhang, D., & Zhang, C. 2020. Microplastic pollution in deep-sea sediments and organisms of the Western Pacific Ocean. *Environmental Pollution*, *259*, 113948.

Zwolak, A., Sarzyńska, M., Szpyrka, E., & Stawarczyk, K. 2019. Sources of soil pollution by heavy metals and their accumulation in vegetables: A review. *Water, Air, & Soil Pollution*, *230*(7), 1–9.

BAB 2
PARAMETER KUALITAS AIR

Oleh Tarzan Purnomo

2.1 Pendahuluan

Air merupakan elemen paling melimpah di atas bumi. Sebesar 70% permukaan bumi adalah air dan berjumlah kira-kira 1,4 juta kilometer kubik. Bila air dituang merata ke seluruh bumi, maka akan terbentuk lapisan air dengan kedalaman rata-rata tiga kilometer. Dari jumlah volume total 40 juta mil kubik air di planet bumi, yang secara langsung dapat digunakan baik yang di dalam atau di permukaan hanya 0,5% atau 0,2 juta mil kubik. Sisanya, yaitu 97% berbentuk air laut dan 2,5% berbentuk salju dan es abadi (Suriawiria, 2005).

Sampai saat ini, hanya 0,003% air yang dimanfaatkan dengan baik, terutama di daerah dengan curah hujan sedikit dan daerah berkembang dan berpenduduk padat. Air menjadi barang langka, sehingga kadang ketersediaannya menjadi permasalahan yang mempengaruhi derajat kesehatan masyarakat. Standard air bersih perlu ditegaskan, karena banyak faktor penentu yang mempengaruhi, antara lain adalah kegunaan air dan asal sumber air (Wardhana, 2004).

Menurut *World Health Organization* (WHO), hampir setengah penduduk dunia, terutama di negara-negara berkembang, menderita gangguan kesehatan yang disebabkan oleh kekurangan air atau oleh air yang tercemar (WHO, 2004). Dua miliar penduduk menyandang risiko menderita penyakit diare yang disebabkan oleh air dan

makanan dan menjadi penyebab utama meninggalnya lebih dari lima juta anak pertahun (WHO, 2004).

Peningkatan aktivitas dan perubahan perilaku manusia serta kemajuan pengetahuan dan teknologi, membawa andil terjadinya pencemaran lingkungan. Ketika daya dukung lingkungan terhadap air lebih kecil daripada pencemaran, maka semakin besar cemaran terhadap air. Sumber-sumber air bersih mulai berkurang karena penggunaannya melebihi kapasitasnya untuk dapat diperbaharui. Air telah menjadi sebuah komoditas, dalam pengertian sebagai barang public (*public goods*) dan barang privat (*privat goods*). Sebagai barang public, air menjadi kebutuhan pokok setiap orang dan wajib dipenuhi haknya oleh pemerintah. Dalam hal ini, air berubah terminologi ekonominya, dari bukan benda ekonomis menjadi benda ekonomis karena kelangkaannya. Air bersih, kadang tidak lagi bisa diperoleh dengan gratis, melainkan membutuhkan pengorbanan biaya.

Kualitas air adalah ukuran yang menyatakan tingkat kesesuaian air terhadap peruntukan atau penggunaan tertentu dalam memenuhi kebutuhan hidup manusia. Seiring dengan pertumbuhan populasi manusia, kebutuhan terhadap air terus meningkat. Namun, disisi lain kualitas air terus mengalami penurunan akibat berbagai polutan. Kualitas air dipengaruhi oleh tiga parameter, yaitu fisika, kimia dan biologi (Suripin, 2001). Kualitas air dapat diketahui dengan melakukan pengujian terhadap air tersebut. Pengujian yang biasa dilakukan meliputi uji fisik, kimia, dan biologi, atau uji kenampakan (bau dan warna). Penentuan status kualitas air dapat menggunakan Metoda STORET atau Metoda Indeks Pencemaran (Kadim dkk., 2017; Marganingrum dkk., 2013; Huboyo dkk., 2009).

2.2 Lingkungan Perairan

Ekosistem akuatik atau ekosistem perairan adalah ekosistem yang lingkungannya didominansi oleh air. Terdiri dari ekosistem air laut, ekosistem air payau, dan ekosistem air tawar. Secara umum ekosistem laut memiliki ciri-ciri:

1. Salinitasnya tinggi, semakin mendekati khatulistiwa salinitasnya semakin tinggi
2. NaCl mendominasi mineral air laut hingga mencapai 75%
3. iklim dan cuaca tidak terlalu berpengaruh pada ekosistem laut
4. memiliki variasi perbedaan suhu di permukaan dengan di kedalaman.

Suhu air laut berkisar -18,7˚C - 42,˚C, dan akan menurun sesuai kedalamannya. Semakin dalam air laut suhunya semakin rendah, sebagai akibat berkurangnya intensitas cahaya matahari yang masuk ke dalam laut. Salinitas air laut menyatakan ukuran kandungan garam dalam air laut. Rata-rata kadar garam air laut adalah 34,5%, artinya dalam satu liter air laut mengandung 34,5 gram garam. Salinitas merupakan penentu kandungan mineral dan densitas air laut. Densitas air laut bergantung pada salinitas, suhu, dan tekanan. Densitas air laut bertambah seiring bertambahnya salinitas dan berkurangnya suhu. Densitas air laut pada kisaran 1025 kg/m^3. Densitas air laut lebih tinggi dari densitas air murni karena air laut mengandung garam. Adanya molekul garam-garam yang bercampur dengan molekul air membuat air laut semakin rapat. Warna laut ditentukan oleh cahaya. Laut sesungguhnya tidak memiliki warna, tetapi air laut menyerap cahaya matahari dimana dari semua spektrum warna yang diserap, biru adalah warna yang paling lambat diserap sehingga warna laut menjadi biru. Semakin dalam laut akan semakin biru warnanya. Tekanan didefinisikan sebagai gaya per satuan luas. Semakin ke dalam, tekanan air laut akan semakin besar. Hal ini

disebabkan oleh semakin besar gaya yang bekerja pada lapisan air yang lebih dalam. Tekanan pada satu kedalaman bergantung pada massa air yang berada di atasnya.

Pada ekosistem air tawar dan payau, perbedaan utamanya adalah pada kandungan garamnya. Pada air tawar salinitasnya mendekati nol. Hal inilah yang mempengaruhi jenis-jenis organisme di alamnya.

2.3 Karakteristik Air

Air merupakan kebutuhan pokok manusia dan makhluk hidup lainnya karena merupakan unsur terbesar penyusun tubuh makhluk hidup dan berperan penting dalam proses metabolisme. Air terdapat hampir di manapun di bumi ini, namun kuantitas, kualitas, dan distribusinya sangat bergantung kepada tempat dan waktu. Jumlah air di gurun sangat sedikit, namun di lautan air tersedia dengan jumlah sangat melimpah. Secara komposisi air hujan adalah air yang hampir 100% merupakan senyawa H_2O, sedangkan air laut adalah air yang mengandung berbagai macam garam dengan jumlah yang besar. Senyawa garam terbesar di laut adalah NaCl yang terurai menjadi ion-ion Na^+dan Cl^-. Keberadaan garam, bahan terlarut lainya dan bahan tak terlarut menentukan kualitas air tersebut. Eksistensi makhluk hidup sangat tergantung dari ketersediaan air dengan kualitas yang tertentu.

Awalnya manusia dapat memanfaatkan air secara langsung dari sumbernya, yaitu tempat berkumpul air (sumber air, danau, sungai, telaga). Namun seiring waktu, kuantitas dan kualitas air di alam terus menurun, manusia merasa bahwa kualitas dan kuantitas air pada sumbernya dianggap tidak mencukupi. Dari aspek kuantitas pertambahan jumlah penduduk dan peningkatan kualitas hidup manusia telah meningkatkan kebutuhan akan kuantitas air secara

eksponensial. Pada saat ini kebutuhan manusia untuk kehidupan yang layak terhadap air adalah 2000 m^3/kapita/tahun. Dengan kuantitas itu maka kebutuhan manusia akan air untuk kegunaan air minum, pertanian, perikanan, peternakan, energi, dan rekreasi, terpenuhi.

Dari aspek kualitas pertambahan jumlah penduduk telah memberikan tekanan kepada kualitas air pada sumbernya sehingga air yang sebelumnya aman untuk dikonsumsi sekarang ini sudah tidak dapat lagi karena tercemar. Peningkatan kualitas hidup manusia juga telah mendorong peningkatan kebutuhan kualitas air. Jika dahulu manusia dapat langsung mengkonsumsi air dari sumbernya yang asli dan belum tercemar maka kini manusia hanya mau mengonsumsi air yang terjamin dengan kualitas tinggi.

Aspek lain dari keberadaan air adalah kontinuitasnya. Manusia membutuhkan air dengan kuantitas dan kualitas tertentu secara kontinyu karena kebutuhan manusia berlangsung secara kontinyu. Dengan kebutuhan manusia akan air yang secara kuantitas, kualitas, dan kontinuitas terjamin maka pelestarian terhadap air diperlukan. Pelestarian terhadap sumber daya air dan kualitasnya adalah upaya untuk memenuhi kebutuhan air yang dapat dikonsumsi secara langsung oleh manusia dengan kualitas, kuantitas, dan kontinuitas pasokan yang tertentu. Rekayasa sumber daya air adalah upaya untuk memenuhi kebutuhan air manusia dengan kualitas, kuantitas, dan kontinuitas pasokan yang tertentu. Sistem Air Baku adalah salah satu wujud dari rekayasa sumber daya air.

2.4 Kualitas Air

Pada prinsipnya setiap sumber daya air dapat digunakan sebagai sumber air baku untuk berbagai kebutuhan. Namun karena keterbatasan akses teknologi dan biaya maka

umumnya hanya air dengan kualitas tertentu yang dipakai untuk air baku. Semakin bagus kualitas air baku semakin luas spektrum peruntukannya. Dalam rangka pemanfaatan dan pelestarian sumber daya air pemerintah RI melalui Peraturan Pemerintah Nomor 20 tahun 1990 tentang Pengendalian Pencemaran Air, menurut peruntukannya air digolongkan menjadi 4, yaitu:

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

Kualitas air adalah ukuran kondisi air berdasarkan karakteristik fisik, kimiawi, dan biologisnya (Diersing, 2009). Kualitas air ini menunjukkan ukuran kondisi air relatif terhadap kebutuhan biota air dan manusia (Johnson *et.al.*, 1997). Kualitas air menjadi ukuran standar terhadap kondisi kesehatan ekosistem perairan dan kesehatan manusia.

Berbagai negara di dunia bersandar kepada data ilmiah dan keputusan politik dalam menentukan standar kualitas air yang diizinkan untuk keperluan tertentu (US EPA, 2006). Kondisi air bervariasi seiring waktu tergantung pada kondisi lingkungan setempat. Air terikat erat dengan kondisi ekologi setempat sehingga kualitas air termasuk suatu subjek yang sangat kompleks dalam ilmu lingkungan. Aktivitas industri manufaktur, pertambangan, konstruksi,dan transportasi merupakan penyebab

utama pencemaran air, selain limpasan air permukaan dari pertanian dan perkotaan.

Kualitas air merupakan subjek yang sangat kompleks dan dicerminkan dari jenis pengukuran dan indikator air yang digunakan. Pengukuran akan lebih akurat jika dilakukan di tempat (*in situ*) karena air berada dalam kondisi yang ekuilibrium dengan lingkungannya. Pengukuran *in situ* umumnya akan mendapatkan data mendasar seperti temperatur, pH, kadar oksigen terlarut, konduktivitas, dan sebagainya. Untuk pengukuran yang lebih kompleks membutuhkan sampel air yang dijaga kondisinya, dibawa, dan dianalisis di tempat lain (misal di laboratorium). Pengukuran seperti ini memiliki dua masalah yaitu karakteristik air pada sampel mungkin berubah menjadi tidak sama dengan sumbernya karena terjadi perubahan secara kimiawi dan biologis seiring waktu. Bahkan kualitas air dapat bervariasi antara siang dan malam dan dipengaruhi keberadaan organisme air (Goldman and Horne, 1983). Mengingat air yang telah terpisah dari lingkungannya akan menyesuaikan diri dengan lingkungan yang baru, yaitu botol atau kemasan yang digunakan dalam pengambilan sampel. Untuk itu bahan yang digunakan untuk pengambilan sampel harus bersifat inert atau memiliki tingkat reaktivitas yang minimum sehingga tidak mempengaruhi kualitas air yang diuji (Franson, 1975). Perubahan kondisi fisik dan kimiawi juga terjadi ketika air sampel dipompa atau diaduk, menyebabkan terbentuknya endapan. Ruang udara yang berada di dalam kemasan sampel juga dapat mempengaruhi karena ada risiko udara larut ke dalam sampel air (Goldman and Horne, 1983).

Guna menjaga kualitas sampel air dapat dilakukan dengan mendinginkan sampel sehingga mengurangi laju reaksi kimia dan perubahan fase. Cara terbaik untuk mengetahui tingkat perubahan selama pengumpulan sampel hingga analisis adalah dengan menggunakan dua jenis air yang digunakan bersamaan dengan pengumpulan sampel. Air jenis pertama, disebut dengan air

"kosong" (tidak selalu air hasil destilasi) adalah air dengan kondisi kimiawi dan biologis yang sangat kecil sehingga tidak ada karakteristik yang bisa dideteksi. Air jenis kedua merupakan air dengan kondisi yang "dimaksimalkan" sesuai dengan perkiraan kondisi air sampel. Kedua jenis air ini dipaparkan ke atmosfer sekitar selama pengambilan sampel, sehingga peneliti membawa tiga jenis air dari lokasi pengambilan sampel dan ketiganya dianalisis untuk mengetahui apa yang berkurang dan bertambah seiring waktu sejak pengambilan sampel hingga analisis di laboratorium (USGS, 2009).

2.5 Parameter Kualitas Air

Kualitas air menyatakan tingkat kesesuaian air terhadap peruntukan atau penggunaan tertentu dalam memenuhi kebutuhan hidup manusia, misalnya air untuk memenuhi kebutuhan langsung yaitu air minum, mandi dan cuci, irigasi atau pertanian, peternakan, perikanan, industri, transportasi, dan rekreasi. Kualitas air dipengaruhi oleh tiga parameter, yaitu fisika, kimia dan biologi (Suripin, 2001). Kualitas air dapat diketahui dengan melakukan pengujian terhadap air tersebut. Pengujian yang biasa dilakukan meliputi uji kimia, fisik, biologi, atau uji kenampakan (bau dan warna).

Seiring dengan pertumbuhan populasi manusia, kebutuhan terhadap air terus meningkat. Ironisnya, disisi lain kualitas air terus mengalami penurunan akibat berbagai bahan pencemaran yang dihasilkan oleh manusia dalam rangka memenuhi kebutuhan hidupnya. Untuk itu perlu diketahui apasaja yang menyebabkan menunnya kualitas air, sehingga kita bisa mencegahnya sekaligus sedapat mungkin melakukan tindakan yang berkontribusi terhadap pelestarian sumber daya air.

Secara ekonomi, air berperan penting dalam budidaya perairan, pertanian, perkebunan dan industri. Pembangkit

tenaga listrik tenaga air memerlukan air sebagai bahan baku utama untuk kegiatan tersebut. Demikian pentingnya air bagi kehidupan di muka bumi ini, sehingga idealnya pemanfaatan air harus sebijaksana mungkin.

Air harus dijaga kelestarian dan kebersihannya dari zat dan bahan yang dapat mencemarinya. Hal ini dipertegas dalam PP. nomor 82 Tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air, bahwa untuk melestarikan fungsi air perlu dilakukan pengelolaan kualitas air dan pengendalian pencemaran air secara bijaksana dengan memperhatikan kepentingan generasi sekarang dan mendatang serta keseimbangan ekologis.

2.5.1 Parameter Indeks Kualitas Air

Kualitas air ditentukan oleh ukuran berdasarkan parameter-parameter yang dipersyaratkan oleh Indeks Kualitas Air (IKA). Berbagai parameter yang digunakan dalam perhitungan Indeks Kualitas Air (IKA) meliputi:

1. *Derajat Keasaman (pH)*
   Derajat keasaman (pH) merupakan derajat keasaman atau kebasaan suatu larutan. Larutan netral mempunyai pH 7, asam lebih kecil dari 7 dan basa lebih besar dari 7. Nilai pH di luar rentang 6-9 dapat disebabkan oleh hujan asam, limbah industri, drainase pertambangan dan pelapukan mineral. Pengukuran pH ideal adalah langsung dilakukan di lapangan atau saat pengambilan sampel. Air yang baik mempunyai pH netral.
2. *Padatan Tersuspensi Total (Total Suspended Solid/TSS)*
   Total Suspended Solid merupakan padatan yang tersuspensi di dalam perairan. TSS adalah residu dari padatan total yang tertahan oleh saringan dengan ukuran partikel maksimal 2 µm atau lebih besar dari ukuran partikel koloid. Meliputi lumpur, tanah liat, logam oksida, sulfida, ganggang, bakteri dan jamur maupun bahan organik. TSS umumnya dihilangkan dengan flokulasi dan penyaringan. TSS memberikan kontribusi untuk

kekeruhan (*turbidity*) dengan membatasi penetrasi cahaya untuk fotosintesis dan visibilitas di perairan.

3. *Konsentrasi Oksigen Terlarut (Dissolved Oxygen/DO)*
   Oksigen terlarut (*Dissolved Oxygen*) merupakan konsentrasi oksigen yang terkandung dalam suatu perairan. Konsentrasi oksigen terlarut ini sangat penting bagi kelangsungan hidup biota air (tumbuhan dan hewan air). Semakin besar nilai parameter DO, maka kualitas air tersebut semakin baik. Sebaliknya jika nilai parameter DO rendah, maka kualitas air menunjukkan tingkat pencemaran yang tinggi. Kadar oksigen terlarut yang tinggi berdampak pada kelangsungan hidup biota perairan semakin baik. Selain itu, semakin besar DO, maka kemampuan perairan untuk mengoksidasi dan mendegredasi polutan organik semakin baik.
4. *Kebutuhan Oksigen Biokimiawi (Biologycal Oxygen Demand/ BOD)*
   Kebutuhan Oksigen Biokimiawi (*Biologycal Oxygen Demand*) adalah suatu karakteristik yang menunjukkan jumlah oksigen terlarut yang diperlukan oleh mikroorganisme (biasanya bakteri) untuk mengurai atau mendekomposisi bahan organik dalam kondisi aerob. Bahan organik yang terdekomposisi dalam BOD adalah bahan organik yang siap terdekomposisi (*readily decomposible organic matter*). Pemeriksaan BOD diperlukan untuk menentukan beban pencemaran akibat air limbah rumah tangga atau industri. Penguraian zat organik adalah peristiwa alamiah. Apabila suatu badan air dicemari oleh zat organik, bakteri dapat menghabiskan oksigen terlarut dalam air selama proses oksidasi sehingga mengakibatkan kematian ikan.
5. *Konsentrasi Kebutuhan Oksigen Kimiawi (Chemical Oxygen Demand/COD)*
   Kebutuhan Oksigen Kimiawi (*Chemical Oxygen Demand*) adalah jumlah oksigen yang diperlukan untuk mengurai seluruh bahan organik yang terkandung di dalam air. Hal ini karena bahan

organik sengaja diurai secara kimia menggunakan oksidator kuat kalium bikromat pada kondisi asam dan panas dengan katalisator perak, sehingga semua bahan organik baik yang mudah terurai ataupun sulit urai akan teroksidasi. Dengan demikian selisih nilai antara COD dan BOD memberikan gambaran besarnya bahan organik yang sulit diurai yang terdapat di perairan. Nilai BOD bisa sama dengan COD, tetapi BOD tidak akan lebih besar dari COD. Dengan demikian COD menggambarkan jumlah total bahan organik yang ada dalam perairan tersebut.

6. *Konsentrasi Total Fospat*
   Dalam perairan fosfat terdapat dalam senyawa asam fosfat, garam, maupun senyawa organofosfat. Limbah fosfat dapat berasal dari limbah domestik dan pertanian. Detergen yang mengandung fosfat dapat bereaksi dengan lapisan minyak dan lemak dari noda makanan sehingga noda tersebut menjadi mudah dihilangkan. Fosfat dapat mencemari badan air. Fosfat di dalam air dapat memicu pertumbuhan tak terkendali alga (*algae blooming atau eutrofikasi*) yang menyebabkan terjadinya deplesi oksigen terlarut di dalam air akibat digunakan oleh ikan dan spesies lain dan untuk proses dekomposisi alga yang mati.
7. *Konsentrasi Fecal Coliform*
   Bakteri yang umum digunakan sebagai indikator tercemarnya suatu badan air adalah *Escherichia coli*, merupakan salah satu bakteri yang tergolong koliform dan hidup normal di dalam kotoran manusia dan hewan sehingga disebut *Fecal Coliform.* Baku mutu Fecal Coliform untuk masing-masing kelas air seperti pada Tabel 3.1.
8. *Konsentrasi Nitrat (NO3-N)*
   Nitrat dihasilkan oleh aktivitas mikroba di dalam tanah atau air menguraikan limbah yang mengandung nitrogen organik. Karena itu nitrat merupakan senyawa yang paling sering

ditemukan di sungai atau air permukaan. Tingginya kadar nitrat dalam air membahayakan kehidupan manusia dan hewan.

Tabel 2.1 : Baku Mutu Air Berdasarkan Kelas Air

No	Parameter	Unit	Kelas 1	Kelas 2	Kelas 3	Kelas 4	Keterangan
1.	Derajat Keasaman (pH)	-	6-9	6-9	6-9	6-9	Tidak berlaku untuk air gambut
2.	Oksigen Terlarut (DO)	mg/L	6	4	3	1	Batas minimal
3.	Padatan Tersuspensi Total (TSS)	mg/L	40	50	100	400	
4.	NO3-N (Nitrat)	mg/L	10	10	20	20	
5.	Total Phospat	mg/L	0,2	0,2	1,0	–	
6.	Kebutuhan Oksigen Biokimia (BOD)	mg/L	2	3	6	12	
7.	Kebutuhan Oksigen Kimiawi (COD)	mg/L	10	25	40	80	
8.	*Fecal Coliform*	MPN/100 mL	100	1000	2000	2000	

Sumber: PP. Nomor 82 Tahun 2001

2.5.2 Klasifikasi dan Kriteria Mutu Air

Sumber daya air terdiri dari mata air, air sungai, air laut, air danau, dan air hujan. Air tersebut mempunyai persamaan dan perbedaan yang dapat di golongkan berdasarkan wujud, kualitas,

atau asal sumber daya air. Berdasarkan fungsinya Pemerintah Indonesia menggolongkan mutu air menjadi 4 kelas (PP Nomor 82 Tahun 2001 Tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air). Setiap kelas mempunyai fungsi penggunaan untuk kegiatan tertentu, seperti pada Tabel 2.2.

Tabel 2.2 : Pembagian Kelas Air dan Peruntukannya Berdasarkan PP No.82/2001. (PP.No.22/2021).

Jenis Kelas	**Kriteria Peruntukkan**
Kelas I	Air yang dapat digunakan untuk **air baku air minum,** dan atau peruntukan lain yang memper-syaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut
Kelas 2	Air yang dapat digunakan untuk **prasarana/sarana rekreasi air, pembudidayaan ikan air tawar, peternakan, air untuk mengairi pertanaman,** dan atau peruntukan lain yang memper-syaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut
Kelas 3	Air yang dapat digunakan untuk **pembudidayaan ikan air tawar, peternakan, air untuk mengairi pertanaman,** dan atau peruntukan lain yang memper-syaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut
Kelas 4	Air yang dapat digunakan untuk **mengairi pertanaman,** dan atau peruntukan lain yang memper-syaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut

Gambar 2.1 : Penggunaan air berdasarkan Kelas air
Sumber:https://lajuluasindonesia.com/berita-dan-penelitian/35/ klasifikasi-dan-kriteria-mutu-air-kelas-air-/

Kelas air ditentukan berdasarkan beberapa tolok ukur atau parameter yang dikelompokkan menjadi 5 golongan seperti pada Tabel 2.3

Tabel 2.3 : Pembagian Golongan Air

PARAMETER	SATUAN	KELAS				KETERANGAN
		I	II	III	IV	
FISIKA						
Temperatur	°C	Deviasi 3	Deviasi 3	Deviasi 3	Deviasi 3	Deviasi Temperatur dari keadaan alamiah
Residu Terlarut	mg/L	1000	1000	1000	1000	
Residu Tersuspensi	mg/L	50	50	400	400	Bagi pengolahan air minum secara

PARAMETER	SATUAN	KELAS				KETERANGAN
		I	II	III	IV	
						konvensional Al, residu tersuspensi ≤ 5000 mg/L
KIMIA ANORGANIK						
pH		6 - 9	6 - 9	6 - 9	6 - 9	Apabila secara alamiah diluar rentang tersebut, maka ditentukan berdasarkan kondisi alamiah
BOD	mg/L	2	3	6	12	
COD	mg/L	10	25	50	100	
DO	mg/L	6	4	3	0	Angka Batas Minimum
Total Fosfat sbg P	mg/L	0,2	0,2	1	5	
NO_3 sbg N	mg/L	10	10	20	20	
NH_3-N	mg/L	0,5	(-)	(-)	(-)	Bagi perikanan, kandungan amonia bebas untuk ikan yang peka ≤ 0,02 mg/L
Arsen	mg/L	0,05	1	1	1	
Kobalt	mg/L	0,2	0,2	0,2	0,2	
Barium	mg/L	1	(-)	(-)	(-)	
Boron	mg/L	1	1	1	1	
Selenium	mg/L	0,01	0,05	0,05	0,05	
Kadmium	mg/L	0,01	0,01	0,01	0,01	
Chrom (VI)	mg/L	0,05	0,05	0,05	0,01	

PARAMETER	SATUAN	KELAS				KETERANGAN
		I	II	III	IV	
Tembaga	mg/L	0,02	0,02	0,02	0,2	Bagi pengolahan air minum secara konvensional, Cu ≤ 1 mg/L
Besi	mg/L	0,3	(-)	(-)	(-)	Bagi pengolahan air minum secara konvensional, Fe ≤ 5 mg/L
Timbal	mg/L	0,03	0,03	0,03	1	Bagi pengolahan air minum secara konvensional, Pb ≤ 0,1 mg/L
Mangan	mg/L	1	(-)	(-)	(-)	
Air Raksa	mg/L	0,001	0,002	0,002	0,005	
Seng	mg/L	0,05	0,05	0,05	2	Bagi pengolahan air minum secara konvensional, Zn ≤ 5 mg/L
Chlorida	mg/L	1	(-)	(-)	(-)	
Sianida	mg/L	0,02	0,02	0,02	(-)	
Flourida	mg/L	0,5	1,5	1,5	(-)	
Nitrit sebagai N	mg/L	0,06	0,06	0,06	(-)	Bagi pengolahan air minum secara konvensional, NO_2_N ≤ 1 mg/L
Sulfat	mg/L	400	(-)	(-)	(-)	
Chlorin bebas	mg/L	0,03	0,03	0,03	(-)	Bagi ABAM

PARAMETER	SATUAN	KELAS				KETERANGAN
		I	II	III	IV	
						tidak dipersyaratkan
Belerang sbg H_2S	mg/L	0,002	0,002	0,002	(-)	
MIKROBIOLOGI						
Fecal Coliform	Jml/100 ml	100	1000	2000	2000	Bagi pengolahan air minum secara konvensional, Fecal coliform ≤ 2000 jml/100ml dan total coliform ≤ 10000 jml/100ml
Total Coliform	Jml/100 ml	1000	5000	10000	10000	
RADIOAKTIVITAS						
Gross - A	bg/L	0,1	0,1	0,1	0,1	
Gross - B	bg/L	1	1	1	1	
KIMIA ORGANIK						
Minyak dan Lemak		1000	1000	1000	(-)	
Detergen sbg MBAS	µg	200	200	200	(-)	
Senyawa Fenol	µg	1	1	1	(-)	
Sebagai Fenol	µg				(-)	
BHC	µg	210	210	210	(-)	
Aldrin / Dieldrin	µg	17			(-)	
Chlordane	µg	3			(-)	
DDT	µg	2	2	2	2	
Heptachlor	µg	18	(-)	(-)	(-)	

PARAMETER	SATUAN	KELAS				KETERANGAN
		I	II	III	IV	
dan Heptachlor epoxide						
Lindane	µg	56	(-)	(-)	(-)	
Methoxyctor	µg	35	(-)	(-)	(-)	
Endrin	µg	1	4	4	(-)	
Toxaphan	µg	5	(-)	(-)	(-)	

Keterangan :
mg = miligram Bq = Bequerel
µg = mikrogram MBAS = *Methylene Blue Active Substance*
ml = mililiter ABAM = Air Baku Air Minum
L = liter

Logam berat merupakan logam terlarut Nilai diatas merupakan batas maksimum, kecuali untuk pH dan DO. Bagi pH merupakan nilai rentang yang tidak boleh kurang atau lebih dari nilai yang tercantum. Nilai DO merupakan batas minimum. Arti (-) diatas menyatakan bahwa untuk kelas termasuk, parameter tersebut tidak dipersyaratkan Tanda (≤) adalah lebih kecil atau sama dengan Tanda (<) adalah lebih kecil

2.6 Parameter Kualitas Air Tawar

Pada ekosistem perairan tawar (sumber air, sungai, danau, dan rawa-rawa berdasarkan Peraturan Pemerintah Nomor 82 Tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air ditetapkan parameter yang menentukan kualitasnya, seperti pada Tabel 2.4.

Tabel 2.4 : Parameter Kualitas Air Tawar

No	Parameter Uji	Satuan
	Fisika	
1.	Temperatur	(oC)
2.	Residu Terlaut (TDS)	(mg/L)
3.	Residu Tersuspensi (TSS	(mg/L)
4.	Kecerahan	(m)
5.	Turbiditry	
6	DHL	
	Kimia	
7.	pH	
8.	BOD	(mg/L)
9.	COD	(mg/L)
10.	DO	(mg/L)
11.	Nitrat (NO3-)	(mg/L)
12.	Nitrit (NO2-)	(mg/L)
13.	Amoniak (NH3-)	(mg/L)
14.	Sulfat (SO4-2)	(mg/L)
15.	Kalsium (Ca)	(mg/L)
16.	Klorida (Cl)	(mg/L)
17.	Sianida (CN)	(mg/L)
18.	Klorin Bebas (Cl2)	(mg/L)
19.	Sulfida (H2S)	
20.	Minyak/Lemak	
21.	Phenol	
22.	Detergent	(MBAS)
23.	Total Fosfat sebagai P	(mg/L)
24.	Besi Terlarut (Fe)	(mg/L)
25.	Timbal (Pb)	(mg/L)
26.	Tembaga (Cu)	(mg/L)
27.	Kadmium (Cd)	(mg/L)
28.	Krom Total	(mg/L)

29.	Nikel (Ni)	(mg/L)
30.	Seng (Zn)	(mg/L)
31.	Selenium (Se)	(mg/L)
32.	Mangan (Mn)	(mg/L)
33.	Kobalt (Co)	(mg/L)
34.	Total P	(µg/L)
35.	N Total	(µg/L)
	Biologi	
36.	Chlorofil-a	(µg/L)
37.	MPN E Coli	(jml/100ml)
38.	MPN Coliform	(jml/100ml)

2.7 Parameter Kualitas Air Laut

Baku mutu air laut di Indonesia sudah dipersyaratkan dalam Surat Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 51 tahun 2004 tentang Baku Mutu Air Laut. Mutu air yang berpengaruh langsung terhadap pertumbuhan dan kelangsungan hidup ikan antara lain adalah: suhu, kecerahan, kekeruhan, padatan tersuspensi, pH, salinitas, oksigen terlarut, senyawa nitrogen, fosfat dan logam berat.

Berdasarkan kesesuaian dan daya dukung lingkungan, Gerking (1978) menyatakan bahwa aspek fisika-kimia-biologi perairan dapat dikelompokkan dalam berbagai kategori yaitu:

a) Faktor Kontrol (*Controlling factors*) yaitu faktor-faktor yang berperan sebagai pengontrol terjadinya reaksi-reaksi biokimia di dalam ekosistem perairan, yaitu: suhu (temperatur);

b) Faktor Pembatas (*Limitting factors*) yaitu faktor-faktor yang sangat dibutuhkan dalam jumlah atau rentang tertentu, sehingga merupakan factor pembatas bagi kehidupan dan pertumbuhan organisme air, misalnya: oksigen terlarut (untuk respirasi), CO_2 bebas (untuk fotosintesis)

serta beberapa nutrien biogenik untuk pembentuk protoplasma biota air (Nitrat, Fosfat dan Silikat);

c) Faktor Penyamaran (*Masking factors*) yaitu faktor-faktor yang mampu melapis dan memodifikasi perubah fisika-kimia air lainnya menjadi satu kesatuan pengaruh yang berdampak osmotik bagi kehidupan organisme air, misalnya: Salinitas dan Osmolaritas;

d) Faktor Direktif (*Directive factors*) yaitu faktor-faktor yang berperan dalam mengarahkan reaksi-reaksi biokimimiawi dalam ekosistem perairan, misalnya: pH (asam atau basa), suhu (oligothermal atau polithermal), oksigen terlarut (aerob atau an aerob).

2.8 Penentuan Status Kualitas Air

Perubahan kualitas air dapat disebabkan oleh penggunaan lahan, litologi, waktu, curah hujan dan aktivitas manusia yang mengakibatkan tercemarnya air, baik fisik, kimia, maupun biologis. Dalam Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 115 Tahun 2003 tentang Pedoman Penentuan Status Mutu Air dinyatakan bahwa Mutu air adalah kondisi kualitas air yang diukur dan atau diuji berdasarkan parameter-parameter tertentu dan metoda tertentu berdasarkan peraturan perundang-undangan yang berlaku. Baku mutu air adalah ukuran batas atau nilai makhluk hidup, zat, energi, atau komponen yang ada atau harus ada atau unsur pencemar yang ditenggang keberadaannya di dalam air.

Status mutu air adalah tingkat kondisi mutu air yang menunjukkan kondisi tercemar atau kondisi baik suatu sumber air dalam waktu tertentu dengan membandingkan dengan baku mutu air yang ditetapkan. Penentuan status mutu air dapat menggunakan Metoda STORET (Huboyo dkk., 2009) atau Metoda Indeks Pencemaran (Marganingrum dkk, 2013).

Metode STORET mempunyai kelebihan yaitu dapat menyimpulkan status mutu air pada rentang waktu tertentu, sehingga mudah dipahami oleh masyarakat awam. Kelemahan metode ini adalah memerlukan beberapa seri data yang cukup dalam penentuan kualitas air, sehingga memerlukan biaya yang relatif lebih besar dan waktu yang lebih panjang. Metode Indeks Pencemaran mempunyai kelebihan dapat menentukan status mutu air yang dipantau hanya dengan satu seri data, sehingga memerlukan biaya dan waktu yang relatif sedikit. Kelemahannya adalah karena data yang dihitung adalah data tunggal, maka sering terjadi data tunggal tersebut tidak cukup mewakili kondisi kualitas perairan yang sebenarnya (Yusrizal, 2015).

Metode STORET dan Indeks Pencemaran merupakan metode yang populer digunakan di Indonesia, karena fleksibilitas penggunaan jumlah dan jenis parameter kualitas air serta pemakaian regulasi baku mutu sesuai kebutuhan lokal. Bentuk persamaan dan simulasi sensitivitas indeks dikaji berdasarkan penggunaan banyak parameter dengan dan tanpa parameter bakteriologi (*Total Coli* dan *E. coli*), dan penggunaan hanya beberapa parameter kualitas air seperti dalam metode *Overall Index Pollution* (OIP) yang diterapkan di India dan metode *Interim National Water Quality Standards-Department of Environmental* (INWQS-DOE) yang diterapkan di Malaysia. Indeks OIP dan DOE adalah metode indeks kualitas air yang dikembangkan dengan standar lingkungan masing-masing di India dan Malaysia, yang memiliki tantangan polusi domestik dan industri mirip dengan Indonesia (Saraswati *et al*., 2014). Masing-masing metode mempunyai kelebihan dan kelemahan yang menjadi pertimbangan pemilihan metode-metode tersebut.

2.9 Indeks Kualitas Air

Air merupakan sumber kehidupan, oleh karena itu kuantitas dan kualitasnya harus dipelihara agar keberlangsungan kehidupan manusia dan alam sekitarnya terjaga. Sumber daya air yang dapat dimanfaatkan dapat dikategorikan menjadi 2 kelompok, yaitu:

1. Sumber daya air permukaan; dapat diperoleh dari sumber mata air, sungai, waduk, bendungan, danau, embung, telaga dan laut. Air tersebut dimanfaatkan untuk kebutuhan sehari – hari seperti air minum, MCK, budidaya perikanan, pertanian, dan industri, pariwisata, dan transportasi.
2. Sumber daya air tanah; dapat diperoleh melalui proses penggalian atau pengeboran. Pemanfaatan air ini biasanya hanya untuk rumah tangga dan *home industry*.

Sumber daya air tersebut harus dijaga kualitasnya, dengan mempertimbangkan daya tampung dan daya dukungnya. Pembangunan yang semakin pesat di berbagai wilayah mendorong banyaknya penggunaan lahan di sepanjang aliran sungai. Hal ini bisa dilihat, terutama sungai – sungai di daerah perkotaan, yang berubah fungsi menjadi permukiman dan kegiatan industri. Perubahan fungsi ini menimbulkan dampak menurunnya kualitas air yang mengalir di sepanjang sungai tersebut. Kualitas air sungai merupakan salah satu parameter dalam perhitungan Indeks Kualitas Lingkungan Hidup (IKLH).

Indeks Kualitas Air (IKA) dihitung dari hasil konversi *Pollution Index* (PI). Perhitungan IKA dilakukan berdasarkan Keputusan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 115 Tahun 2003 tentang Pedoman Penentuan Status Mutu Air. Perhitungan ini didasarkan pada nilai hasil sampel terhadap baku mutu tiap parameter. Berdasarkan nilai Pij, dapat dikategorikan tingkat pencemarannya, seperti pada Tabel 2.5.

Tabel 2.5 : Kategori Tingkat Indeks Pencemaran Air

No	Nilai Pij	Status	Keterangan
1	0,0 < Pij < 1,0	*Good*	Memenuhi Baku Mutu
2	1,0 < Pij <5,0	*Slightly polluted*	Cemar Ringan
3	5,0 < Pij < 10,0	*Fairly polluted*	Cemar Sedang
4	Pij > 10	*Heavily polluted*	Cemar Berat

Status mutu air digambarkan dengan Indeks pencemaran yang digunakan untuk menentukan tingkat pencemaran relatif terhadap parameter kualitas air yang diizinkan. Indeks Pencemaran dapat memberi masukan pada pengambil keputusan agar dapat menilai kualitas air serta melakukan tindakan tertentu untuk memperbaiki kualitas air. Hasil pengukuran air kemudian dibandingkan dengan PP RI Nomor 82/2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air untuk baku mutu air sesuai kelasnya. Misalnya Air kelas III adalah air yang peruntukannya dapat digunakan untuk pembudidayaan ikan air tawar, peternakan, mengairi tanaman, dan/atau peruntukan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut. Perhitungan Indeks Pencemaran Air (Pij) dihitung dengan konsentrasi parameter kualitas air yang dicantumkan dalam baku mutu peruntukan air kelas yang sesuai.

Salah satu metode untuk menentukan indeks kualitas air (IKA) digunakan metode indeks pencemaran air sungai (PIj). Indeks pencemaran air dapat digunakan untuk menilai kualitas badan air, dan kesesuaian peruntukan badan air tersebut. Selain itu berdasarkan Informasi indeks pencemaran dapat digunakan untuk memperbaiki kualitas badan air apabila terjadi penurunan kualitas dikarenakan kehadiran senyawa pencemar. Indeks pencemaran air dihitung menggunakan rumus sebagai berikut:

$$Pij = \sqrt{(C_i L_{1j}^2)_M + (C_1 L_1 j)^2_R / 2}$$

Keterangan:

PIj = Indeks Pencemaran bagi peruntukan (j) yang merupakan fungsi dari Ci /Lij

Ci = konsentrasi parameter kualitas air ke i

Lij = konsentrasi parameter kualitas air i yang dicantumkan dalam baku mutu peruntukan air j.

Baku mutu yang digunakan dalam analisis indeks pencemaran adalah klasifikasi baku mutu air kelas I berdasarkan Peraturan Pemerintah Nomor 82 Tahun 2001. Nilai PIj > 1 artinya bahwa air sungai tersebut tidak memenuhi kriteria kualitas air I

Penghitungan Indeks Kualitas Air (IKA) dilakukan dengan langkah-langkah sebagai berikut:

1. Setiap titik pantau pada lokasi dan waktu pemantauan kualitas air sungai dianggap sebagai satu sampel;
2. Indeks pencemaran (PIj) dihitung pada setiap sampel untuk parameter TSS, DO, BOD, COD, Total Phosphat, *Fecal Coli* dan Total Coliform. Hasil penghitungan indeks pencemaran setiap parameter dibandingkan dengan status mutu air (Kepmen LH No. 115/2003),
3. Penentuan Indeks Kualitas Air (IKA) berdasarkan nilai dari Indeks pencemaran (PIj) sebagai berikut:
   a. IKA = 100, untuk PIj ≤1,
   b. IKA = 80, untuk PIj >1 dan PIj ≤4,67 (4,67 adalah nilai PIj dari baku mutu kelas II terhadap kelas I),
   c. IKA = 60, untuk PIj >4,67 dan PIj ≤6,32 (6,32 adalah nilai PIj dari baku mutu kelas III terhadap kelas I),
   d. IKA = 40, untuk PIj >6,32 dan PIj ≤6,88 (6,88 adalah nilai PIj dari baku mutu kelas IV terhadap kelas I),
   e. IKA = 20, untuk PIj >6,88.

4. Selanjutnya Nilai IKA dihitung dari rata-rata IKA semua sampel air seperti Tabel 2.6.

Tabel 2.6 : Indeks Kualitas Air (IKA)

IKA	Nilai Pij	Keterangan
100	≤ 1,0	Memenuhi Baku Mutu
80	>1,0 dan ≤4,67	Tercemar Ringan
60	>4,67 dan ≤6,32	Tercemar Sedang
40	> 6,32 dan ≤6,88	Tercemar Berat
20	> 6,88	Tercemar sangat berat

Sumber:Kepmen LH No.115/2003

2.10 Pemantauan Kualitas Air

Seiring dengan perkembangan teknologi, kini pemantauan kualitas air dapat dilakukan tanpa harus datang ke lokasi sungai yang akan dipantau. Pemantauan ini disebut pemantauan secara *online/realtime*. Parameter kualitas air sungai dapat terbaca melalui sensor-sensor yang terdapat dalam Sonde. Sonde kemudian akan mentransfer data ke Telemetry. Nilai parameter tertentu yang dipantau akan dikirim menggunakan telemetry ke *cloud service* dan dapat diakses melalui Handphone atau PC. Pemantauan *online/realtime* ini memungkinkan perekaman data kualitas air dilakukan dalam rentang menit maupun jam. Sehingga kualitas air sungai dapat dipantau kapan saja dan dimana saja.

Sistem pemantauan *online/realtime* ini juga dilengkapi dengan Internal Memory yang terdapat pada Sonde dan fungsi *Bluetooth*. Sehingga selain data dapat dikirim secara online data juga akan disimpan pada *Internal Memory* atau dapat diakses melalui fungsi *Bluetooth*. Cara transfer data melalui bleutooth ini sama halnya seperti mentransfer data melalui Bluetooth antara handphone, seperti yang biasa kita lakukan. Sistem pemantauan

secara *realtime* ini juga memungkinkan untuk daerah yang jauh dari sumber listrik karena dapat dihubungkan dengan solar panel maupun accu.

DAFTAR PUSTAKA

Diersing, Nancy. 2009. *"Water Quality: Frequently Asked Questions*." Florida Brooks National Marine Sanctuary, Key West, FL.

Franson, Mary Ann. 1975. *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* 14th ed. Washington, DC: American Public Health Association, American Water Works Association & Water Pollution Control Federation. ISBN 0-87553-078-8

Gerking, R.E. 1978. *Aquatic productivity*. Pergamon Press, London.

Goldman, Charles R. & Horne, Alexander J. 1983. *Limnology* . McGraw-Hill ISBN 0-07-023651-8 pp.87-88

Huboyo HS, Nugraha WD, Indah RR. 2009. Analisis Penentuan Mutu Air Beberapa Sungai di Jawa Tengah dengan Metode STORET dan Indeks Pencemaran. *Jurnal PRESIPITASI* 6(2):1–8

Johnson, D.L., S.H. Ambrose, T.J. Bassett, M.L. Bowen, D.E. Crummey, J.S. Isaacson, D.N. Johnson, P. Lamb, M. Saul, and A.E. Winter-Nelson. 1997. "Meanings of environmental terms." *Journal of Environmental Quality.* 26: 581-589. DOI:10.2134/jeq1997.00472425002600030002x

Kadim MK, Pasisingi N, Paramata AR. 2017. Kajian Kualitas Perairan Teluk Gorontalo Dengan Menggunakan Metode STORET. Depik Jurnal Ilmu-ilmu *Perairan, Pesisir dan Perikanan* 6(3):235–241. DOI:10.13170/depik.6.3.8442

Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 115 Tahun 2003 tentang Pedoman Penentuan Status Mutu Air.

Marganingrum D, Roosmin D, Pradono, Sabar A. 2013. Diferensiasi Sumber Pencemar Sungai Menggunakan Pendekatan Metode Indeks Pencemar (IP) (Studi Kasus: Hulu DAS Citarum). *Jurnal RISET Geologi dan Pertambangan* 23(1): 37–48

Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 20 Tahun 1990 tentang Pengendalian Pencemaran Air.

Peraturan Pemerintah Nomor 82 Tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air.

Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 28 Tahun 2009 tentang Daya Tampung Beban Pencemaran Air Danau dan/atau Waduk.

Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 32 Tahun 2017 tentang Standard Baku Mutu Kesehatan Lingkungan dan Persyaratan Kesehatan air Untuk Keperluan Higiene Sanitasi, Kolam Renang, Solus Per Aqua, dan Pemandian Umum.

Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2021 tentang Peyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup

Saraswati SP, Sunyoto, Kironoto BA, Hadisusanto S. 2014. Kajian Bentuk dan Sensitivitas Rumus Indeks PI, STORET, CCME untuk Penentuan Status Mutu Perairan Sungai Tropis di Indonesia. *Jurnal Manusia dan Lingkungan* 21(2):129–142

KLH [Kementerian Lingkungan Hidup]. 2004. *Keputusan Menteri Negara Kependudukan dan Ling- kungan Hidup No. 51 tahun 2004, tanggal 8 April 2004 tentang baku mutu air laut. Ke- menterian Lingkungan Hidup*. Jakarta, 11 hlm.

Suriawiria, U. 2005. *Air dalam Kehidupan dan Lingkungan yang Sehat*. Penerbit PT Alumni: Bandung.

Suripin. 2001. Pelestarian Sumberdaya Tanah danAir. Penerbit Andi. Yogyakarta.

United States Environmental Protection Agency (EPA). 2006. Washington, DC. *"Water Quality Standards Review and Revision."*

United States Geological Survey (USGS), Denver, CO .2009. "*Definitions of Quality-Assurance Data.*" Prepared by USGS Branch of Quality Systems, Office of Water Quality.

Wardhana, Lina. 2004. Dampak Pencemaran Lingkungan. Penerbit ANDI: Yogyakarta.

World Health Organization. 2004. "Consensus of the Meeting: Nutrient minerals in drinking-water and the potential health consequences of long-term consumption of demineralized and remineralized and altered mineral content drinking-waters." *Rolling Revision of the WHO Guidelines for Drinking-Water Quality (draft).* From November 11–13, 2003 meeting in Rome, Italy at the WHO European Centre for Environment and Health.

Yusrizal H. 2015. Efektivitas Metode Perhitungan STORET, IP dan CCME WQI dalam Menentukan Status Kualitas Air Way Sekampung Provinsi Lampung. *Tesis*. Universitas Lampung

BAB 3
PARAMETER KIMIA ANORGANIK AIR

Oleh Gaspar Bao Balabuana

3.1 Pendahuluan

Sebagai sumber kehidupan, ketersediaan air menjadi sangat penting. Air merupakan indikator keberlangsungan suatu ekosistem. Air adalah pelarut universal, sehingga air dapat melarutkan asam, basa, maupun garam. Kemampuan air sebagai pelarut universal, merupakan salah satu penyebab air mudah untuk tercemar. Identifikasi pencemaran air meliputi pencemaran fisik, kimia, dan biologi. Parameter kimia pada air terdiri dari parameter kimia organik dan kimia anorganik. Pada topik kali ini, kajian parameter kimia anorganik, akan menjadi acuan penentuan kualitas air.

3.2 Parameter Kimia Anorganik

Pada proses pengujian kualitas air, parameter kimia anorganik, merupakan kewajiban yang harus digunakan sebagai indikasi spesifik pencemaran. Adapun beberapa sampel air yang digunakan dalam penentuan parameter kimia anorganik, meliputi Air Minum dalam Kemasan (AMDK), air permukaan (air sungai dan danau), dan air tanah (sumur gali). Pemilihan sampel tersebut, memberikan wawasan baru tentang klasifikasi baku mutu air itu sendiri, potensi pencemaran yang akan terjadi, dan dampak dari pencemaran tersebut terhadap kesehatan, serta peran parameter kimia anorganik dalam menyimpulkan kualitas air.

3.2.1 Air minum dalam kemasan (AMDK)

Air minum dalam kemasan (AMDK), pada umumnya telah memenuhi standarisasi yang ketat. Hal ini disebabkan izin yang

ketat, sehingga seharusnya produk-produk air kemasan yang beredar di masyarakat bebas dari polutan-polutan kimia anorganik. Adapun polutan-polutan kimia anorganik yang sering ditemukan pada air minum dalam kemasan meliputi :

1. Senyawa nitrit (NO_2)

Amonia larut di dalam air, membentuk senyawa ammonium yang akan terikat dengan oksigen. Nitrat (NO_3) dan Nitrit (NO_2) adalah ion-ion anorganik alami yang merupakan bagian dari siklus nitrogen. Proses penguraian sampah oleh mikroba yang mengandung nitrogen organik, akan membentuk ammonia. Proses oksidasi yang terjadi akan membentuk Nitrat (NO_3) dan Nitrit (NO_2). Nitrit (NO_2) akan dengan mudah teroksidasi membentuk Nitrat (NO_3). Kondisi ini menyebabkan Nitrat (NO_3) sering ditemukan pada air permukaan ataupun air bawah tanah. Air permukan maupun bawah tanah, di daerah penggunaan pupuk Nitrogen (N) yang tidak terkontrol, serta daerah pemukiman padat penduduk yang memiliki sampah organik hewan dan rembesan septic tank, akan dengan mudah tercemar oleh Nitrat (NO_3) (Amanati, L., 2016).

Tabel 3.1 : Persyaratan Parameter Kimia Anorganik Air Minum dalam Kemasan (AMDK), Amanati, L., 2016)

No	Parameter uji	Satuan	Persyaratan mutu SNI 01-3553-2006	Metode
1	Nitrat sebagai NO_3	mg/L	Maksimum 45	SNI-01-3554-2006
2	Nitrit sebagai NO_2	mg/L	Maksimum 0.005	SNI-01-3554-2006
3	Ammonium sebagai NH_4	mg/L	Maksimum 0.15	SNI-01-3554-2006
4	Sulfat sebagai SO_4	mg/L	Maksimum 200	SNI-01-3554-2006

Amanati, L., 2016, dari 60 titik pengambilan sampel air minum dalam kemasan (AMDK) di Jawa Timur, ditemukan 7 produk AMDK yang tidak memenuhi standard atau memiliki kandungan Nitrit (NO_2) melebihi 0.005 mg/L. Hal ini disebabkan tercemarnya air permukaan aliran sungai (DAS), oleh limbah rumah tangga dan pupuk pertanian. Senyawa Nitrogen yang ada dalam tanah dibagi menjadi tiga kelompok :

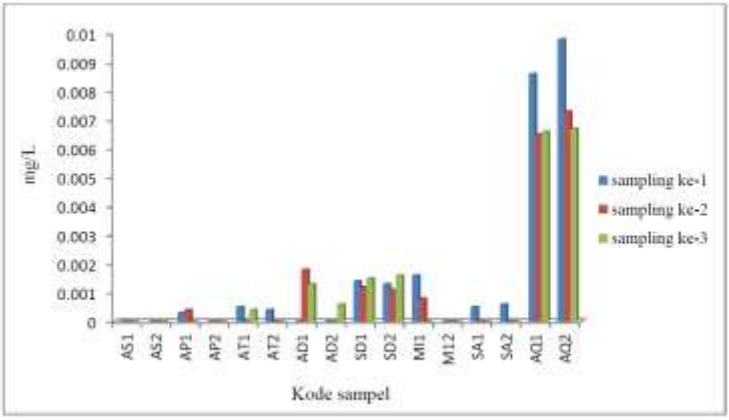
1) Nitrogen yang ada sebagai ion-ion nitrat dan ammonium, memiliki persentase terkecil, namun merupakan sumber Nitrogen bagi tanaman.
2) Nitrogen dalam persenyawaan yang dapat dinitrifikasi, sehingga cepat terurai, menghasilkan ion-ion nitrat atau ammonium.
3) Nitrogen dalam persenyawaan yang dengan lambat terurai oleh mikroflora tanah.

Nitrogen total adalah jumlah atau keseluruhan nitrogen yang terdapat dalam limbah cair atau sampel, air permukaan maupun air bawah tanah.

2. Logam berat

1) Logam Kadmium (Cd)

Kadmium merupakan logam yang lunak, berwarna putih kebiru-biruan dan beracun. Amelia, F., dan Rahmi., 2017, melakukan sampling kandungan logam berat pada air minum dalam kemasan (AMDK) di kota Batam. Analisi kandungan Kadmium (Cd) pada air dalam kemasan (AMDK), terlihat pada gambar grafik (Gmb. 3.1), konsentrasi Kadmium (Cd) pada masing-masing sampling air minum dalam kemasan (AMDK). Kandungan Kadmium (Cd) dalam air air, dapat menyebabkan penyakit itai-itai (Mukono, 2010), sangat berbahaya setelah logam Merkuri (Hg).



Gambar 3.1 : Hasil analisis logam Kadmium (Amelia, F., dan Rahmi., 2017)

Dari gambar 3.1, disimpulkan bahwa kandungan Kadmium tertinggi, ditemukan pada merk AQ. Di mana kandungan Kadmium (Cd), pada merk AQ melebihi ambang batas.

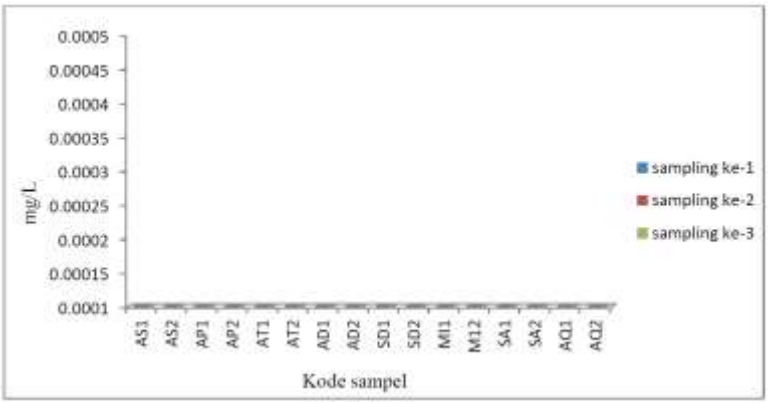
Tabel 3.2 : Persyaratan Parameter Kimia Anorganik Air Minum dalam Kemasan (AMDK)

No	Parameter uji	Satuan	Persyaratan mutu SNI 01-3553-2006	Metode
1	Timbal (Pb)	mg/L	Maksimum 0.005	SNI-01-3554-2006
2	Tembaga (Cu)	mg/L	Maksimum 0.5	SNI-01-3554-2006
3	Kadmium (Cd)	mg/L	Maksimum 0.003	SNI-01-3554-2006
4	Raksa (Hg)	mg/L	Maksimum 0.001	SNI-01-3554-2006

Apabila mengkonsumsi air dengan kandungan Kadmium (Cd), untuk keracunan ringan, dapat menyebabkan perut mual, muntah-muntah, diare, luka hati, dan ginjal. Adapun dampak dari keracunan berat Kadmium, menyebabkan kerusakan sel-sel darah.

2) Logam Timbal (Pb)

Timbal (Pb), merupakan logam berat yang bersifat neurotoksin, yang dapat masuk ke dalam tubuh manusia dan terakumulasi hingga sangat berbahaya terhadap tubuh.

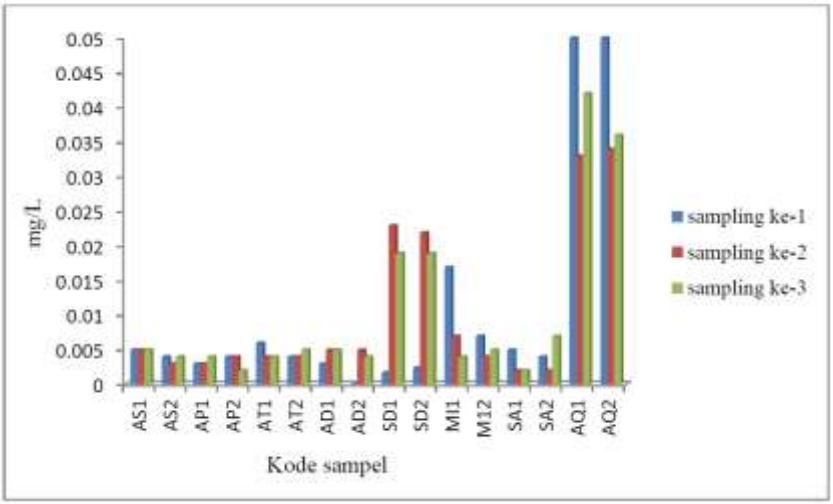


Gambar 3.2 : Hasil analisis kandungan Timbal (Pb) pada air minum dalam kemasan di kota Batam (Amelia, F., dan Rahmi., 2017)

Pada gambar diagram (Gambar 3.2), hasil analisis kandungan Timbal (Pb) air minum dalam kemasan di kota Batam, memenuhi standard baku mutu yaitu lebih kecil dari maksimum toleransi kandungan Timbal (Pb) yang diizinkan 0.005 mg/L (Tabel 3.2).

3) Logam Tembaga (Cu)

Kandungan logam Tembaga (Cu) yang melebihi ambang batas baku mutu, dapat menyebabkan kerusakan pada hati dan ginjal. Adapun kandungan toleransi maksimum yang dizinkan adalah 0.5 mg/L (Tabel 3.2). Dari hasil penelitian yang dilakukan Amelia, F., dan Rahmi., 2017., di kota Batam pada sampling air minum dalam kemasan, menunjukkan bahwa masing-masing sampel memenuhi baku mutu.



Gambar 3.3 : Hasil analisis kandungan Tembaga (Cu) pada air minum dalam kemasan di kota Batam (Amelia, F., dan Rahmi., 2017)

Kandungan Tembaga (Cu), pada kadar tertentu (< 0.5 mg/L), meruapakan komponen dari enzim

3.2.2 Air Permukaan

Air permukaan meliputi air sungai dan danau. Air permukaan memiliki peluang yang lebih besar untuk terpapar polutan. Aktivitas masyarakat sekeliling ataupun kegiatan industri

lainnya, sangat berperan terhadap terpaparnya air permukaan dari pencemaran. Untuk lokasi air permukaan sungai atau danau, yang padat penduduknya, rentan terpapar pencemar Nitrat (NO_3). Ada pun sumber polutan Nitrat (NO_3) pada limbah rumah tangga berasal dari merembesnya *septic tank* atau pun kotoran hewan ternak maupun piaraan. Menurut Yogafanny, E., 2015., pencemaran sungai Winongo, disebabkan aktivitas warga yang langsung buang air besar (BAB) di sungai Winongo.

Gambar 3.4 : Kondisi tepi sungai Winongo di sebagian kota Yogyakarta (Yogafanny, E., 2015)

Adapun parameter kimia anorganik yang diuji pada sungai Winongo adalah kandungan Nitrat (NO_3). Berdasarkan aktivias masyarakat di tepi sungai Winongo dapat disimpulkan bahwa polutan Nitrat (NO_3) melebihi ambang batas. Kandungan Nitrat pada sungai winongo mencapai 10.64 mg/L (Yogafanny, E., 2015). Hal ini melebihi baku mutu standard air bersih yaitu 10 mg/L (Permenkes No.32., 2017). Selain sungai dan danau, waduk pun merupakan kategori air permukaan yang rentan tercemar. Salah satu parameter kimia anorganik adalah kandungan Fosfat (P_2O_5) pada air. Tercemarnya air oleh Fosfat (P_2O_5), disebabkan oleh polutan yang berasal dari aktivitas pertanian yang meliputi penggunaan pupuk yang tidak teradsorbsi sempurna, serta dapat berasal juga dari limbah ternak (kotoran dan urine). Kotoran dari sapi dan kerbau, memiliki kandungan Fosfat (P_2O_5) masing-masing adalah 0,6% dan 1,2%, serta pada kambing 0,95% (Brahmana, S.S.,

dan Achmad, F., 2012). Potensial pencemar pada danau, bisa berasal dari polutan yang dibawa dari sungai-sungai yang bermuara pada danau tersebut. Hal tersebut, nampak pada pencemaran Fosfat di danau Sentani, Papua.

Tabel 3.3 : Beban pencemaran di masing-masing sungai (Walukow, A.F., 2010)

Sungai	Parameter	Satuan	Baku mutu	2005	2006	2007
Jembatan II	Fosfat	mg/L	0,2	0,2592	0,186824	1,71072
Flafouw	Fosfat	mg/L	0,2	0,20736	0,05184	1,19232
Warno	Fosfat	mg/L	0,2	0,098496	0,00324	0,186624
Belo	Fosfat	mg/L	0,2	0,0046656	0,03888	1,648512
Total beban pencemaran	Fosfat	mg/L	0,2	0,5697216	0,280784	4,738176

Gambar 3.5 : Pelebaran pada alur sungai, akibat banji dan erosi (Walukow, A.F., 2010)

3.2.3 Air Tanah

Sumur gali dan sumur bor, merupakan kategori air tanah. Sumur gali memiliki persentase yang lebih besar deibanding sumur bor. Beberapa parameter kimia anorganik yang sering diuji pada sumur gali, salah satunya adalah Amonia (NH_3). Meningkatnya kadar Amonia dipengaruhi oleh rendahnya kelarutan oksigen di dalam air. Hal ini dibuktikan pada hasil analisis kandungan NH_3 pada sumur gali dengan nilai DO (*Dissolved Oxygen*) terendah, memiliki kandung Amonia yang tinggi (Trisnawulan, I.A.M., *et al*., 2007). Sumber pencemar Amonia pun berasal dari kotoran hewan, maupun manusia.

Tabel 3.4 Parameter kualitas Air, Metode, dan alat yang digunakan (Trisnawulan, I.A.M., *et al*., 2007)

No.	Parameter Kimia Anorganik	Satuan	Metode Analisis	Alat
1	Nitrat (NO_3)	mg/L	Spektrometri	Spektrometer
2	Nitrit (NO_2)	mg/L	Spektrometri	Spektrometer
3	Amonia (NH_3)	mg/L	Spektrometri	Spektrometer
4	Fosfat (PO_4)	mg/L	Spektrometri	Spektrometer

DAFTAR PUSTAKA

Amanati, L., 2016, Uji Nitrit Pada Produk Air Minum Dalam Kemasan (AMDK) Yang Beredar Dipasaran, *Jurnal Teknologi Proses dan Inovasi Industri*, Vol.2, No.1

Amelia, F., dan Rahmi., 2017, Analisa Logam Berat pada Air Minum dalam Kemasan (AMDK) yang Diproduksi di Kota Batam, Dimensi, Vol.6, No. 3

Brahmana, S.S., dan Achmad, F., 2012, Potensi Beban Pencemaran Nitrogen, Fosfat, Kualitas Air, Status Trofik dan Stratifikasi Waduk Riam Kanan, *Jurnal Sumber Daya Air*, Vol. 8, No. 1

Trisnawulan, I.A.M., Suyasa, I.W.D., Sundra, I.,K., 2007, Analisis Kualitas Air Sumur Gali di Kawasan Pariwisata Sanur, *Ecotrophic*, Vol. 2, No. 2

Walukow, A.F., 2010, Kajian Parameter Kimia Posfat di Perairan Danau Sentani Berwawasan Lingkungan, *Forum Geografi*, Vol. 24, No. 2

Yogafanny, E., 2015, Pengaruh Aktifitas Warga di Sempadan Sungai terhadap Kualitas Air Sungai Winongo, *Jurnal Sains dan Teknologi Lingkungan*, Vol. 7, No. 1

BAB 4
PARAMETER KIMIA ORGANIK AIR

Oleh Rahmawati

4.1 Pendahuluan

Air merupakan sumber daya alam yang diperlukan untuk hajat hidup manusia bahkan oleh seluruh makhluk hidup. Oleh karena itu sumber daya air harus dilindungi agar tetap dapat dimanfaatkan dengan baik oleh seluruh makhluk hidup. Ketersediaan air bersih, sehat, dan cukup merupakan hal yang sangat penting dalam keberlangsungan hidup organisme dan kelancaran fungsi ekosistem, masyarakat dan perekonomian. Penurunan kualitas air dapat menjadi permasalahan global, seiring dengan terjadinya peningkatan populasi makhluk hidup, kegiatan insudtri, pertanian dan perubahan iklim sehingga menyebabkan perubahan pada siklus hidrologi (Islam, *et al*., 2021).

Kualitas air tanah dan air permukaan dipengaruhi oleh proses alam dan aktivitas manusia. Kualitas air baku atau disebut juga dengan baku mutu air didefenisikan sebagai ukuran kadar organisme, zat, energi, atau unsur yang ada dan atau komponen zat cemar dengan kandungan yang berdasarkan ambang batas tertentu dalam sebuah perairan. Baku mutu air merupakan ambang batas keamanan air dari segala sesuatu yang dapat menimbulkan bahaya bagi konsumen. Bahan berbahaya dapat berupa zat padat, cair maupun gas serta mikroorganisme (Mustofa, 2020).

Secara alami air mengandung partikel-partikel kimia terlarut dan tidak terlarut, mikroorganisme yang merupakan materil dan diperlukan untuk menjaga kualitas air. Ada beberapa partikel kimia yang dapat mengganggu kualitas air. Salah satu

parameter kualitas air yaitu parameter kimia yang sangat penting untuk diketahui terdiri atas parameter kimia anorganik dan kimia organik air. Secara umum, parameter kimia organik air terdiri atas minyak dan lemak, deterjen, pestisida, *Dissolved Oxygen* (DO), *Dissolved Oxygen* (DO), *Biological Oxygen Demand* (BOD), Nitrogen Total (N-Total), Nilai Permanganat (Asmadi & Suharno, 2012).

Salah satu syarat penting dalam kualitas air yaitu ukuran banyaknya zat kimia organik yang terdapat dalam air. Semakin tinggi kadar zat organik dalam air, maka menunjukkan bahwa air tersebut telah tercemar. Oleh karena itu pengukuran zat kimia organik dalam air menjadi parameter pentung untuk penentuan kualias air, sehingga dapat digunakan sebagai acuan tingkat pencemaran pada suatu perairan.

Zat kimia organik berlebih yang terdapat dalam airdapat disebabkan oleh kotoran makhluk hidup ataupun dari sumber lain. Zat kimia organik merupakan zat yang mengandung unsur karbon dan merupakan bagian dari tumbuh-umbuhan atau binatang dengan komponen utama seperti karbon, protein, dan lemak. Zat kimia organik sangat mudah mengalami pembusukan oleh bakteri dengan menggunakan oksigen terlarut. Kandungan zat kimia organik yang tinggi dalam air menunjukkan bahwa air telah terkontaminasi dan tidak aman unuk dikonsumsi sebagai sumber air minum (Haitami, *et al*., 2016).

Kandungan zat kimia organik berlebih dalam perairan akan menimbulkan pencemaran berupa kondisi kesuburan yang terlalu tinggi. Kondisi subur yang berlebihan akan menyebabkan eutrofikasi atau tingginya kadar nutrien di perairan, sehingga terjadi ledakan populasi tumbuhan yang akan mengganggu makhluk hidup atau biota dalam perairan (Ismoyo, *et al*., 2017).

Zat kimia organik sebagai bahan pencemar air akan menyebabkan air menjadi lebih asam (dengan pH<6,5). Polutan organik dapat diuraikan oleh bakteri air dengan menggunakan oksigen terlarut dalam air. Semakin banyak zat kimia organik yang

ada di perairan, maka semakin banyak oksigen yang dibutuhkan sehingga kadar oksigen terlarut semakin kecil. Parameter untuk menentukan banyaknya polutan senyawa organik pada air dapat ditentukan dengan menentukan angka permanganat, *Biological Oxygen Demand* (BOD), atau *Chemical Oxygen Demand* (COD) (Islam, *et al.*, 2021).

Kualitas air bersih menurut Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia No. 416/MENKES/PER/IX/1990 tentang syarat-syarat dan pengawasan kualitas air bahwa air bersih merupakan air yang jernih, tidak berwarna, tidak berbau, tidak berasa, dan tidak mengandung kuman yang dapat membahayakan tubuh (Islam, *et al*., 2021).

4.2 Oksigen Terlarut/*Dissolved Oxygen* (DO)

Semua makhluk hidup sangat membutuhkan oksigen sebagai faktor untuk proses metabolisme. Oksigen terlarut dibutuhkan oleh semua jasad hidup untuk pernapasan, metabolisme yang akan menghasilkan energi untuk pembiakan dan pertumbuhan. Selain itu oksigen juga dibutuhkan untuk oksidasi bahan-bahan organik dan anorganik dalam proses aerobik. Sumber utama oksigen dalam suatu perairan berasal dari suatu proses difusi dari udara bebas dari hasil fotosintesis organisme yang hidup dalam perairan (Kurniawan, 2019).

Kualitas air salah satunya dilihat dari parameter kimia karena unsur kimia dalam air berfungsi sebagai pembawa unsur-unsur hara, mineral, vitamin, dan gas-gas terlarut dalam air, seperti oksigen terlarut (DO). Perubahan konsentrasi DO dalam batas-batas tertentu dapat mengindikasikan adanya perubahan kualitas perairan, semakin rendah konsentrasi maka semakin rendah kualitas perairan. Penurunan konsentrasi O_2 akan menurunkan kegiatan fisiologis makhluk hidup dalam air.

Oksigen terlarut (DO) merupakan suatu faktor yang sangat penting dalam ekosistem perairan, terutama dibutuhkan untuk

proses respirasi bagi sebagian besar organisme air. Peningkatan suhu akan menyebabkan konsentrasi O_2 menurun dan sebaliknya suhu semakin rendah akan meningkatkan konsentrasi DO semakin tinggi. Keberadaan gas O_2 pada perairan dipengaruhi oleh beberapa faktor antara lain suhu, keberadaan produser autotroph yang mampu melakukan fotosintetis, serta proses difusi oksigen dari udara.

Satuan pengukuran oksigen terlarut adalah mg/L yang berarti jumlah mg/L gas oksigen yang terlarut dalam air atau dalam satuan internasional dinyatakan ppm (part per million). Beberapa proses yang menyebabkan masuknya oksigen ke dalam air, yaitu:

1. Diffusi oksigen dari udara ke dalam air melalui permukaan karena adanya gerakan molekul-mlekul udara yang tidak berurutan akibat terjadi benturan dengan molekul air sehingga O_2 terikat dalam air.
2. Pada perairan umum, oksigen dapat masuk ke dalam air karena air yang masuk sudah mengandung oksigen mengakibatkan gerakan air yang mampu mendorong terjadinya proses diffusi oksigen dari udara ke dalam air.
3. Turunnya air hujan secara tidak langsung dapat meningkatkan O_2 dalam air, pertama suhu air akan turun, sehingga kemampuan air mengikat oksigen meningkat, selanjutnya bila volume air bertambah dari gerakan air, akibat jatuhnya air hujan akan mampu meningkatkan O_2 dalam air.
4. Proses asimilasi tumbuh-tumbuhan. Tanaman air yang seluruh batangnya ada dalam air di waktu siang akan melakukan proses asimilasi, dan akan menambah O_2 dalam air. Sedangkan pada malam hari tanaman tersebut menggunakan O_2 yang ada dalam air (Kurniawan, 2019).

Senyawa-senyawa yang terdapat dalam air akan mempengaruhi kelarutan oksigen. Kelarutan oksigen dalam air tergantung pada suhu. Pada suhu tinggi kelarutan oksigen berkurang karena aktivitas bakteri meningkat. Kandungan oksigen dalam air dilakukan bagi kelangsungan hidup dalam air, tetapi ketersediaannya akan diganggu oleh berlangsungnya perairan bahan-bahan organik yang berasal dari air buangan. Kelarutan oksigen dalam suatu perairan sangat dipengaruhi oleh temperatur dan jumlah garam terlarut pada air.

Kandungan biota air seperti bakteri, ikan, dan ganggang dapat mempengaruhi konsentrasi DO. Semakin banyak senyawa organik dalam air, maka semakin berkembang biak mikroorganisme yang menguraikan zat organik dalam suasana aerobik, sehingga konsentrasi oksigen semakin kecil, bahkan sampai pada tingkat anaerobik. Menurut Peraturan Pemerintah No.82 Tahun 2001 dengan kriteria mutu air bahwa nilai DO minimum di perairan > 2 mg/L. Kandungan oksigen terlarut tidak boleh kurang dari 1,7 mg/L selama waktu 8 jam dengan sedikitnya pada tingkat kejenuhan 70 % ((PP), 2001).

Pengukuran DO bertujuan untuk mengetahui tingkat kemampuan badan air mampu menampung biota air seperti ikan dan mikroorganisme. Kemampuan air unuk membersihkan pencemaran juga ditentukan oleh banyaknya oksigen dalam air. Jika reaksi penguraian komponen kimia dalam air terus berlaku, maka kadar oksigen pun akan menurun. Pada akhirnya, oksigen yang tersedia tidak cukup untuk menguraikan komponen kimia, sehingga dapat menyebabkan pencemaran pada air (Achmad, 2004).

Metode pengukuran yang umum digunakan adalah metode titrasi iodometri secara winkler dan electrometri (DO meter)

4.2.1 Titrasi Iodometri

Prinsip pengukuran DO secara iodometri (secara Winkler) adalah berdasarkan reaksireduksi oksidasi (redoks). Oksigen akan

mengoksidasi Mn^{2+} dalam suasana basa membentuk endapan MnO_2. Penambahan alkali iodida dalam suasana asam akan membebaskan iodium. Banyaknya iodium yang dibebaskan ekivalen dengan banyaknya oksigen terlarut. Iodium yang dibebaskan dianalisis dengan menggunakan metode titrimetri jenis iodometri dengan larutan standar natrium tiosulfat dan indikator larutan amilum. Adapun mekanisme reaksi sebagai berikut :

$$Mn^{2+} + 2OH^- + 1/2O_2 \longrightarrow MnO_2 + H_2O$$

$$MnO_2 + 2I^- + 4H^+ \longrightarrow Mn^{2+} + I_2 + H_2O$$

$$I_2 + S_2O_3^{2-} \longrightarrow S_4O_6^{2-} + 2I^-$$

Pengukuran oksigen terlarut dapat dilakukan dengan menyiapkan botol BOD ukuran 250 mL dalam keadaan bersih dan kering. Botol BOD diisi dengan sampel air dan diusahakan tidak terdapat gelembung udara yang masuk ke dalam botol, lalu ditutup. Sebanyak masing-masing 1 mL larutan $MnSO_4$ dan alkali iodida dimasukkan ke dalam botol dengan menggunakan pipet 1 mL yang ujungnya mencapai dasar botol. Selanjutnya botol ditutup kembali kemudian diaduk dengan cara membolak balikkan botol sampai larutan homogen. Botol didiamkan selama 10 menit sampai kelihatan ada endapan coklat pada dasar botol, tetapi jika endapan putih yang terbentuk maka tidak ada oksigen. Isi botol dituang ke dalam labu erlenmeyer, dan ditambahkan 1 mL asam sulfat pekat lalu diaduk dan dititrasi secepatnya dengan larutan standar natrium tiosulfat, ditambahkan larutan indikator amilum dan segera titrasi kembali sampai warna biru hilang. Kadar DO (mg/L) dihitung dengan menggunakan persamaan rumus sebagai berikut :

$$\text{DO (mg/L)} = \frac{V \times N \times 1000 \times 8}{\text{Vsampel} - 2}$$

Pada metode Winkler sebaiknya setelah penambahan larutan $MnSO_4$ dan pereaksi alkali iodida dapat disimpan paling lama 8 jam sebelum titrasi dengan larutan standar natrium tiosulfat. Senyawa reduktor atau oksidator seperti nitrit dalam air dapat mengganggu pengukuran oksigen dengan metode Winkler. Senyawa natrium azide dapat ditambahkan ke dalam pereaksi oksigen untuk mencegah gangguan yang akan terjadi.

4.2.2 Elektrometri (DO meter)

Pengukuran DO dengan metode elektrode membran dapat dilakukan dengan menyiapkan alat DO meter sesuai dengan petunjuk buku manual. Alat DO meter dikalibrasi dengan udara atau dengan larutan yang kadar oksigennya ditentukan dengan titrasi Winkler. Alat DO meter yang telah dikalibrasi dibawa ke lokasi pengambilan sampel air, kemudian elektroda dicelupkan ke dalam sampel air. Kemudian pengatur temperatur diatur dengan cara memutar sesuai dengan temperatur air. Selanjutnya dibiarkan beberapa lama sampai diperoleh nilai DO dalam air yang ditampilkan dalam display alat.

Pengukuran DO harus dianalisis secepat mungkin, karena kelarutan oksigen dalam air sangat dipengaruhi oleh temperatur dan tekanan udara sekitarnya. Sebaiknya dilakukan di lokasi pengambilan sampel air. Setiap alat DO meter selalu dilengkapi dengan buku manual yang memuat proses kalibrasi dan pengukuran DO dan juga dilengkapi dengan manual perawatan elektroda, termasuk pergantian membran elektroda.

6.3 *Chemical Oxygen Demand* (COD)

Chemical Oxygen Demand (COD) merupakan nilai kebutuhan oksigen untuk oksidasi bahan organik secara kimiawi. Bahan organik yang terukur dalam analisa COD adalah organik *biodegredable* dan non *biodegredable*. Hal ini disebabkan karena pada anlisis COD digunakan oksidator kuat kalium dikromat ($K_2Cr_2O_7$) dalam suasana asam dengan bantuan indikator perak nitrat ($AgNO_3$).

Parameter COD merupakan indikator pencemaran air. Semakin tinggi nilai COD dalam air maka semakin tercemar badan air. Hal ini disebabkan karena semakin tinggi kebutuhan oksigen dalam air untuk melakukan proses *self purification* (Agustira, *et al*., 2013).

Secara teoritis, COD adalah jumlah oksigen (mg) yang dibutuhkan untuk mengoksidasi zat-zat organik yang ada dalam 1 L sampel air. Zat pengoksidasi yang digunakan yaitu kalium bikromat sebagai sumber oksigen, sehingga segala jenis zat organik baik yang mudah diurai maupun yang kompleks sulit diurai akan teroksidasi. Nilai COD merupakan ukuran pencemaran air oleh zat-zat organik yang secara alamiah dapat dioksidasi melalui proses mikrobiologis dan mengakibatkan berkurangnya oksigen terlarut dalam air.

Metode pengukuran COD sedikit lebih kompleks, karena menggunakan peralatan khusus reflux, penggunaan asam pekat, pemanasan, dan titrasi. Peralatan reflux diperlukan untuk menghindari berkurangnya air sampel karena pemanasan. Pada prinsipnya pengukuran COD adalah penambahan sejumlah tertentu kalium bikromat ($K_2Cr_2O_7$) sebagai oksidator pada sampel (dengan volume diketahui) yang telah ditambahkan asam pekat dan katalis perak sulfat atau perak nitrat, kemudian dipanaskan selama beberapa waktu. Selanjutnya, kelebihan kalium bikromat ditera dengan cara titrasi. Dengan demikian kalium bikromat yang

terpakai untuk oksidasi bahan organik dalam sampel dapat dihitung dan nilai COD dapat ditentukan.

Pengujian kebutuhan oksigen kimiawi (COD) dalam air dan air limbah dapat menggunakan metode refluks tertutup dengan reduksi $Cr_2O_7^{2-}$ secara spektrofotometripada kisaran nilai COD 100 mg/L sampai dengan 900 mg/L. Pengujian dilakukan pada panjang gelombang 600 nm dan nilai COD lebih kecil atau sama dengan 90 mg/L jika pengujian dilakukan pada panjang gelombang 40 nm. Metode tersebut dapat digunakan untuk larutan uji dengan kadar klorida kurang dari 2000 mg/L. Jika larutan uji tidak dapat segera dilakukan pengujian, maka perlu diawetkan dengan penambahan asam sulfat pekat sampai pH lebih kecil dari 2 dan disimpan dalam lemari pendingin pada suhu 4 $^oC \pm 2\ ^oC$ dengan lama penyimpanan yang direkomendasikan selama 7 hari.

Secara teori, parameter COD dapat diuji dengan cara titrimetri maupun spektrofotometri. Kedua metode ini telah tercantum dalam *American Public Health Association* (APHA) Nomor 5220 dan Standar Nasional Indonesia (SNI) Nomor 6989 Bagian 2 Tahun 2009 dan Tahun 2019. Pengukuran larutan uji dapat dilakukan dengan cara sebagai berikut:

4.3.1 Pembuatan Kurva Kalibrasi

Kurva kalibrasi dibuat dengan tahapan sebagai berikut

1. Alat spektrofotometer dihidupkan dan dioptimalkan sesuai dengan petunjuk penggunaan alat untuk pengujian COD. Kemudian panjang gelombang diatur pada 600 nm atau 420 nm;
2. Absorbansi masing-masing larutan kerja diukur kemudian dicatat dan dplotkan terhadap kadar COD;
3. Kurva kalibrasi dibuat dari data absorbans dan ditentukan persamaan regresi linier;
4. Jika koefisien regresi linier (R) < 0,995, maka perlu dilakukan pemeriksaan kondisi alat dan diulangi langkah

sperti pada no.1 sampai no.3 hingga diperoleh nilai R ≥ 0,995.

4.3.2 Pengukuran Larutan Uji COD 100 mg/L sampai dengan 900 mg/L

1. Larutan uji yang telah direfluks didinginkan sampai pada suhu ruang untuk mencegah terbentuknya endapan. Jika perlu pada saat pendinginan tutup larutan uji dibuka untuk mencegah adanya tekanan gas;
2. Suspensi yang mengendap dibiarkan dan bagian yang akan diukur dipastikan benar-benar jernih;
3. Absorbansi larutan uji diukur pada panjang gelombang yang telah ditentukan yaitu 600 nm;
4. Kadar COD dapat dihitung berdasarkan persamaan regresi linier pada kurva kalibrasi
5. Pengujian dilakukan sebanyak dua kali.

4.3.3 Pengukuran Larutan Uji Lebih Kecil dari atau sama dengan 90 mg/L

1. Larutan uji yang telah direfluks didinginkan sampai pada suhu ruang untuk mencegah terbentuknya endapan. Jika perlu pada saat pendinginan tutup larutan uji dibuka untuk mencegah adanya tekanan gas;
2. Suspensi yang mengendap dibiarkan dan bagian yang akan diukur dipastikan benar-benar jernih;
3. Absorbansi larutan uji diukur pada panjang gelombang yang telah ditentukan yaitu 420 nm;
4. Kadar COD dapat dihitung berdasarkan persamaan regresi linier pada kurva kalibrasi
5. Pengujian dilakukan sebanyak dua kali.

Jika kadar larutan uji berada di atas kisaran pengukuran, maka sebaiknya dilakukan pengenceran. Perhitungan nilai COD sebagai O_2 mg/L dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan rumus sebagai berikut:

$$\text{Kadar COD (mg } O_2 \text{ /L)} = C \times f$$

Keterangan:
C = nilai COD larutan uji yang dinyatakan dalam mg/L
F = faktor pengenceran ((SNI), 2009).

4.3.4 Metode Titrimetri

Prinsipnya adalah dengan mereduksi ion dikromat ($Cr_2O_7^{2-}$) sehingga menghasilkan ion Cr^{3+} dan menitar kelebihan ion dikromat yang tidak tereduksi dengan larutan Ferro Ammonium Sulfat (FAS) dengan adanya indikator ferroin. Metode ini dilakukan dengan tahapan refluks selama 120 menit (2 jam) pada suhu 150 ^oC yang dapat dilakukan secara terbuka ataupun tertutup dan dilanjutkan dengan tahap titrasi ((APHA), 2009).

Adapun kelemahannya, senyawa kompleks anorganik yang terdapa di perairan dapat teroksidasi juga ikut dalam reaksi, sehingga dalam kasus-kasus tertentu nilai COD mungkin sedikit '*over estimate*' untuk gambaran kandungan bahan organik. Jika nilai BOD baru dapat diketahui setelah waktu inkubasi lima hari, maka nilai COD dapat segera diketahui setelah satu atau dua jam. Walaupun jumlah total bahan organik dapat diketahui melalui COD dengan waktu penentuan yang lebih cepat, nilai BOD masih tetap diperlukan. Dengan mengetahui nilai BOD, akan diketahui proporsi jumlah bahan organik yang mudah urai (*biodegradable*), dan akan memberikan gambaran jumlah oksigen yang akan terpakai untuk dekomposisi di perairan dalam sepekan (lima hari) mendatang. Lalu dengan memperbandingkan nilai BOD terhadap COD juga

akan diketahui seberapa besar jumlah bahan-bahan organik yang lebih persisten yang ada di perairan (Atima, 2015).

4.4 *Biological Oxygen Demand* (BOD)

Biological Oxygen Demand (BOD) atau kebutuhan oksigen adalah oksigen yang dibutuhkan oleh mikroorganisme dalam air lingkungan untuk memecah (mendegradasi) bahan buangan zat organik yang ada dalam air. Pembuangan bahan organik melalui proses oksidasi oleh mikroorganisme dalam air adalah proses alamiah yang mudah terjadi apabila air mengandung oksigen yang cukup. Bahan organik yang terdekomposisi dalam BOD adalah bahan organik yang siap terekomposisi. Dengan demikian BOD dapat diartikan sebagai suatu ukuran jumlah oksigen yang digunakan oleh populasi mikroba yang terkandung dalam perairan sebagai respon terhadap masuknya bahan organik yang dapat diurai.

Parameter BOD secara umum banyak digunakan sebagai penentu tingkat pencemaran suatu perairan. Nilai BOD menunjukkan kandungan parameter organik *biodegredable* dalam air yang diukur menggunakan metode winkler dengan prinsip titrasi iodometri. Kandungan BOD dalam air ditentukan berdasarkan selisih oksigen terlarut sebelum dan sesudah penyimpanan selama 5 x 24 jam pada suhu 20 ^{o}C. BOD digunakan sebagai indikator terjadinya pencemaran dalam suatu perairan. Nilai BOD suatu perairan tinggi menunjukkan bahwa perairan tersebut sudah tercemar (Tchobanoglous, *et al.*, 2014).

Prinsip pengukuran BOD pada dasarnya cukup sederhana, yaitu mengukur kandungan oksigen terlarut awal (DO*i*) sampel segera setelah pengambilan contoh, kemudian mengukur kandungan oksigen terlarut pada sampel air yang telah diinkubasi selama 5 hari pada kondisi gelap dan temperatur konstan (20 ^{o}C) yang sering disebut dengan DO*5*. Selisih nilai DO*i* - DO*5* merupakan nilai BOD yang dinyatakan dalam milligram oksigen per liter

(mg/L). Pengukuran oksigen dapat dilakukan secara analitik dengan metode titrimetri (Iodometri meode Winkler) atau dengan menggunakan alat DO meter yang dilengkapi dengan *probe* khusus.

Pada prinsipnya dilakukan dalam kondisi gelap, supaya tidak terjadi proses fotosintesis yang menghasilkan oksigen, dan dalam temperatur yang konstan selama 5 hari karena diharapkan hanya terjadi proses dekomposisi oleh mikroorganisme. Dengan demikian yang terjadi hanyalah penggunaan oksigen dan oksigen tersisa ditera sebagai DO*5*. Tetapi harus diperhatikan bahwa tetap mengupayakan agar masih ada oksigen tersisa pada pengamatan hari kelima sehingga DO*5* tidak nol karena jika nilai DO*5* nol maka nilai BOD tidak ditentukan (Atima, 2015). Pengujian BOD dapat dilakukan dengan cara yaitu:

1. Botol DO sebanyak 2 buah disiapkan dengan diberi tanda atau label A dan B;
2. Larutan sampel air dimasukkan ke dalam masing-masing botol DO A dan B, kemudian ditutup secara hai-hati untuk menghindari terbentuknya gelembung udara;
3. Pengocokan dilakukan beberapa kali lalu ditambahkan air bebas mineral disekitar mulut botol yang telah ditutup;
4. Botol B disimpan dalam lemari inkubator 20 ^{o}C ± 1 ^{o}C selama 5 hari;
5. Pengukuran oksigen terlarut dilakukan terhadap larutan dalam botol A dengan alat DO meter yang terkalibrasi atau dengan metode titrasi secara iodometri. Hasil pengukuran merupakan nilai oksigen terlarut nol hari (A). Pengukuran oksigen terlarut pada nol hari harus dilakukan paling lama 30 menit setelah pengenceran;
6. Pengerjaan diulangi seperti pada no. 5 untuk botol B yang telah diinkubasi 5 hari ± 6 jam. Hasil pengukuran yang diperoleh merupakan nilai oksigen terlarut 5 hari (B);

7. Pengerjaan dilakukan seperti pada no. 1 sampai dengan no. 6 untuk penetapan blanko dengan menggunakan larutan pengencer tanpa sampel air. Hasil pengukuran yang diperoleh merupakan nilai oksigen terlarut nol hari (C) dan nilai oksigen terlarut 5 hari (D);
8. Pengerjaan dilakukan seperti pada no. 1 sampai dengan no. 6 untuk penetapan kontrol standar dengan menggunakan larutan glukosa-asam glutamat. Hasil pengukuran yang diperoleh merupakan nilai oksigen terlarut nol hari (E) dan nilai oksigen terlarut 5 hari (F) ((SNI), 2009).

Perhitungan nilai BOD_5 sampel air dapat dihitung dengan menggunakan persamaan rumus sebagai berikut:

$$BOD_5 = \frac{(A - B) - [(C - D)/V_B] \times Vc}{P}$$

Keterangan :

BOD_5 = nilai BOD_5 sampel air (mg/L)

A = kadar oksigen terlarut sampel air sebelum inkubasi (0 hari) (mg/L);

B = kadar oksigen terlarut sampel air setelah inkubasi (5 hari) (mg/L);

C = kadar oksigen terlarut blanko sebelum inkubasi (0 hari) (mg/L);

D = kadar oksigen terlarut blanko setelah inkubasi (0 hari) (mg/L);

V_B = Volume suspensi mikroba (mL) dalam botol DO blanko;

Vc = volume suspensi mikroba dalam sampel air (mg/L);

P = perbandingan volume sampel air (V_1) per volume total (V_2).

Jika sampel air tidak ditambah mikroba maka $V_B = 0$ ((SNI), 2009).

Dalam percobaan BOD yang menggunakan metode pengencer harus melakukan percobaan blanko. Percobaan blanko untuk koreksi terhadap air pengencer. Sebagaimana diketahui air pengencer ditambahkan *seed* yang mengandung zat organik Percobaan blanko dilakukan minimal 3 botol sehingga diperoleh hasil rata-rata. Untuk kalibrasi pengukuran BOD digunakan larutan standar asam glutamat-glukosa .Berdasarkan hasil penelitian menunjukkan bahwa 300 mg/l campuran glukosa dan asam glutamat akan memberikan nilai BOD 5hari sebesar 198 mg/l dengan standar deviasi 30, 5 mg/l.

Pengukuran BOD memerlukan kecermatan tertentu karena kondisi sampel air atau perairan yang sangat bervariasi sehingga ada kemungkinan diperlukan pengenceran, penetralan pH, aerasi atau penambahan populasi bakteri. Pengenceran atau aerasi diperlukan agar masih cukup tersisa oksigen pada hari kelima. Mikroorganisme atau bakteri dibutuhkan sebagai bahan pengurai zat kimia organik sehingga analisis BOD cukup memerlukan waktu tertentu.

Metode pengenceran merupakan metode yang paling banyak digunakan, terutama untuk air limbah industri dan rumah tangga (domestik). Hal ini disebabkan karena mengandung zat organik yang tinggi, sedangkan kelarutan oksigen di dalam air terbatas. Selain itu, tidak selalu air limbah industri mengandung populasi mikroorganisme yang cukup dan mengandung nutrien yang diperlukan untuk pertumbuhan mikroorganisme.

Oksidasi biokimia dalam hal ini oksidasi bahan organik dalam kurun waktu 20 hari dapat mencapai 95 – 99 % dan dalam waktu 5 hari sekitar 60 – 70 % bahan organik telah terdekomposisi. BOD bisa saja ditentukan dengan menggunakan waktu inkubasi yang berbeda, asalkan dengan menyebutkan lama waktu tersebut dalam nilai yang dilaporkan (misal BOD*7*, BOD*10*) agar tidak salah dalam interpretasi. Temperatur 20 ^{o}C dalam inkubasi juga merupakan temperatur standard. Temperatur 20 ^{o}C

adalah nilai rata-rata temperatur sungai beraliran lambat di daerah beriklim sedang. Untuk daerah tropik seperti Indonesia, bisa jadi temperatur inkubasi ini tidaklah tepat. Temperatur perairan tropik umumnya berkisar antara 25 – 300 C, dengan temperatur inkubasi yang relatif lebih rendah bisa jadi aktivitas bakteri pengurai juga lebih rendah dan tidak optimal seperti yang diharapkan (Atima, 2015).

Waktu analisis yang lama merupakan kelemahan dari penentuan BOD lainnya adalah diperlukannya benih bakteri (*seed*) yang teraklimatisasi dan aktif dalam konsentrasi yang perlakuan tinggi; diperlukan pendahuluan tertentu bila perairan diindikasi mengandung bahan toksik; dan efek atau pengaruh dari organisme nitrifikasi (*nitrifying organism*) harus dikurangi. Meskipun ada kelemahan-kelemahan tersebut, BOD tetap digunakan sampai sekarang karena beberapa alasan tertentu, terutama dalam hubungannya dengan pengolahan air limbah, yaitu (1) BOD penting untuk mengetahui perkiraan jumlah oksigen yang akan diperlukan untuk menstabilkan bahan organik yang ada secara biologi; (2) untuk mengetahui ukuran fasilitas unit pengolahan limbah; (3) untuk mengukur efisiensi suatu proses perlakuan dalam pengolahan limbah; dan (4) untuk mengetahui kesesuaiannya dengan batasan yang diperbolehkan bagi pembuangan air limbah. Karena nampaknya BOD akan tetap digunakan sampai beberapa waktu mendatang, maka penting untuk mengetahui sebanyak mungkin mengenai cara penentuannya berikut keterbatasan atau kelemahannya.

BOD masih cukup relevan untuk digunakan sebagai salah satu parameter kualitas air yang penting. Karena dengan melakukan uji BOD secara apa adanya, yakni dengan tidak memperhatikan ada tidaknya kandungan bahan toksik, sedikit atau banyaknya kandungan bakteri, tetapi dengan tetap melakukan pengenceran atau aerasi jika diperlukan dan inkubasi pada suhu yang sama dengan suhu perairan, maka akan diperoleh suatu nilai

BOD yang akan memberikan gambaran kemampuan alami perairan dalam mendegradasi bahan organik yang terkandung di dalam air. Dari nilai tersebut akan dapat diketahui kemampuan perairan dalam mendegradasi bahan organik masih cukup baik atau sudah sangat rendah. Bila rendah, berarti kemampuan pulih diri (*self purification*) perairan sudah sangat berkurang (Atima, 2015).

4.5 Nilai Permanganat

Menurut Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia (Permenkes RI No. 492/MENKES/PER/IV/2010), pemeriksaan mutu produk perairan dilakukan untuk memastikan air yang dihasilkan memenuhi persyaratan mutu air minum. meliputi parameter fisik, kimia, bakteriologis dan radiologis. Menurut parameter kimia, air minum tidak boleh mengandung zat anorganik dan organik yang melebihi standar yang ditetapkan dan memiliki nilai pH 6,5 sampai 8,5. Zat organik tersebut dapat berupa deterjen, alkana terklorinasi, etilen terklorinasi, hidrokarbon aromatik, dan berbagai zat organik lainnya.

Adanya bahan organik dalam air erat hubungannya dengan terjadinya perubahan fisik dari air yaitu timbulnya bau, rasa, warna, dan kekeruhan yang tidak diinginkan. Zat organik dapat diketahui dengan menentukan angka permanganat. Walaupun KMnO4 sebagai oksidator tidak mengoksidasi semua zat organik yang ada. Namun cara ini sangat praktis dan cepat pengerjaannya. Adapun zat organik yang dapat dioksidasi adalah karbohidrat, phenol dan sisa
peragian

Bahan organik dapat berasal dari hewan atau tumbuhan, dan komponen utamanya adalah karbon, protein dan lemak. Zat organik ini mudah terurai oleh bakteri yang menggunakan oksigen terlarut. Adanya bahan organik dalam air minum menunjukkan bahwa air minum tersebut telah tercemar oleh

manusia, hewan atau sumber lainnya. Bahan organik merupakan makanan bagi bakteri atau mikroorganisme lainnya. Semakin tinggi kandungan organik dalam air, semakin tinggi tingkat pencemaran air.

Mikroorganisme akan menggunakan bahan organik yang terkandung dalam air sebagai sumber makanan. Hal ini karena bahan organik biasanya terdiri dari karbon, hidrogen, oksigen, nitrogen, fosfor, belerang dan mineral lainnya, yang merupakan sumber nutrisi untuk pertumbuhan mikroorganisme.

Bahan organik di dalam air erat kaitannya dengan perubahan sifat fisik air, terutama munculnya warna, bau dan rasa yang tidak diinginkan, serta kekeruhan. Zat organik dalam air minum menyebabkan warna dan bau tidak sedap, serta membantu pertumbuhan bakteri. Senyawa humus di dalam air akan menghasilkan senyawa trihalometana setelah proses klorinasi. Diketahui bahwa senyawa trihalomethane bersifat karsinogenik. Oleh karena itu, senyawa organik harus dipertahankan sebanyak mungkin dalam pengolahan air minum, terutama proses kimia (Haitami, *et al*., 2016).

Keberadaan bahan organik dalam air dapat ditentukan dengan mengukur jumlah permanganat. Meskipun oksidan $KMnO_4$ yang digunakan tidak dapat mengoksidasi semua zat organik yang ada, cara ini sangat praktis dan efektif. Menurut Permenkes 416 tahun 1990 dan Permenkes No. 492 tahun 2010, standar kandungan organik air minum bahwa nilai maksimum yang diperbolehkan adalah 10 mg/L. Efek kesehatan yang mungkin terjadi jika menyimpang dari standar adalah minum air dengan bau yang tidak sedap sehingga dapat menyebabkan sakit perut.

Zat organik dalam air minum dapat ditentukan dengan menggunakan metode titrasi, Metode ini didasarkan pada sertifikasi berkurang dan berkarat atau redoks. Hasil yang

dihasilkan direpresentasikan sebagai nilai asam permanganat. Nilai asam permanganat adalah jumlah kalium permanganat yang diperlukan untuk mengoksidasi zat organik dalam air 1 liter dalam keadaan mendidih.

Penentuan angka permanganat dapat dilakukan dengan metode titrimetri dan spektrometri. Angka permanganat adalah ukuran dari jumlah oksigen yang diperoleh dari kalium permanganat untuk mengoksidasi polutan senyawa organik pada sampel air (Kurniawati & Alfanah, 2019).

Kalium permanganat secara luas digunakan untuk penentuan bahan kimiaanorganik dan organik, karena ion permanganat merupakan oksidator yang sangat kuat memiliki laju reaksi cepat dengan kebanyakan reduktan. Permanganat bertindak sebagai indikator diri untuk mendeteksi titik akhir karena permanganate bewarna ungu. Larutan standar permanganat memiliki kelemahan antara lain stabilitas rendah, mekanisme reaksi yang rumit, reaksi samping, dan selektivitas yang kurang. Namun kelemahan tersebut dapat diatasi dengan persiapan solusi cermat dan penyimpanan serta mengendalikan kondisi titrasi (Na, *et al*., 2013).

Nilai kalium permanganat ($KMnO_4$ *value*) didefinisikan sebagai jumlah mg $KMnO_4$ yang diperlukan untuk mengoksidasi zat organik yang terdapat di dalam satu liter contoh air dengan didihkan selama 10 menit. Proses oksidasi tersebut dimungkinkan hanya sebagian atau seluruh zat organik tersebut teroksidasi. Proses oksidasi untuk penetapan nilai kalium permanganat dapat dilakukan dalam kondisi asam atau kondisi basa, akan tetapi oksidasi dalam kondisi asam adalah lebih kuat, dengan demikian ion-ion klorida yang terdapat pada contoh air akan ikut teroksidasi. Reaksi oksidasi $KMnO_4$ dalam kondisi asam:

$2KMnO_4 + 3H_2SO_4 \rightarrow 2MnO_4 + K_2SO_4 + 5O$ (Sumber: (Basset, 1994))

Oleh karena itu oksidasi kalium permanganat dalam kondisi basa dianjurkan untuk pemeriksaan contoh air yang mengandung kadar klorida lebih dari angka 300 mg/L. Zat - zat organik lain yang dapat mengganggu penetapan nilai kalium permanganat adalah ion – ion reduktor seperti ferro, sulfida dan nitrit. Permanganometri merupakan titrasi yang dilakukan berdasarkan reaksi oleh kalium permanganat ($KMnO_4$). Reaksi ini difokuskan pada reaksi oksidasi dan reduksi yang terjadi antara $KMnO_4$ dengan bahan baku tertentu. Prinsip penentuan kadar zat organik atau nilai permanganat adalah mengoksidasi sampel limbah dengan $KMnO_4$, kemudian sisa $KMnO_4$ direduksi oleh asam oksalat berlebih, kelebihan asam oksalat dititrasi kembali dengan $KMnO_4$ ((SNI), 2009).

Larutan kalium permanganat dibakukan terlebih dahulu untuk mengetahui konsentrasi larutan standar sebenarnya menggunakan larutan asam oksalat. Larutan blanko yang digunakan adalah aquades secara duplo. Selama proses titrasi tidak memerlukan indikator, karena kalium permangat dapat bertindak sebagai autoindikator dalam analitnya. Adanya perubahan warna menjadi merah rosa atau ungu lembayung merupakan indikasi terjadinya titik akhir titrasi. Persamaan reaksi yang terjadi dalam titrasi standarisasi adalah:

Reduksi: $(MnO_4^- + 8H^+ + 5é \longrightarrow 2Mn^{2+} + 4H_2O)$ x 2

Oksidasi: $(C_2O_4^{2-} \longrightarrow 2CO_2 + 2é)$ x 5

Reaksi: $2MnO_4 + 5C_2O_4^{2-} + 16H^+ \longrightarrow 2\,Mn^{2+} + 10\,CO_2 + 8H_2O$

(Sumber: (Basset, 1994).

4.5.1 Penentuan Angka Permanganat Secara Titrimetri

Prinsip analisis ini adalah oksidasi zat organik yang ada pada sampel oleh $KMnO_4$ dan selanjutnya kelebihan $KMnO_4$ akan direduksi oleh asam oksalat berlebih. Kelebihan asam

oksalat selanjutnya dititrasi balik dengan menggunakan $KMnO_4$ yang sudah distandarisasi. Secara umum, angka permanganat merupakan pengukuran jumlah oksigen yang dihasilkan dari reduksi $KMnO_4$ pada suasana asam atau basa. Titrasi tidak menggunakan indikator sebagai acuan penentuan titik akhir titrasi karena perubahan ion MnO_4^- menjadi Mn^{2+} sudah memberikan perubahan warna. Secara umum reaksi yang terjadi pada penentuan angka permanganat dapat dilihat pada reaksi di bawah ini.

$2MnO_4^- + 6H^+ \longrightarrow 2Mn^{2+} + 3H_2O + 5On$ (asam)
$2MnO_4^- + 2OH^- \longrightarrow 2MnO_2 + H_2O + 5On$ (basa)
$C_2H_2O + On \longrightarrow 2CO_2 + H_2O$

(Kurniawati & Alfanah, 2019).

Cara uji angka permanganat secara titrimetri mengacu pada prosedur SNI 06-6989.22-2004. Laruan uji diambil 100 mL, dimasukkan dalam erlenmeyer dan ditambahkan 3 butir batu didih. Kalium permanganat 0,01 N ditambahkan beberapa tetes ke dalam larutan uji hingga terjadi warna merah muda. Sebanyak 5 mL asam sulfat 8 N bebas zat organik ditambahkan dalam erlenmeyer dan dipanaskan di atas pemanas listrik pada suhu 105 $^oC \pm 2\ ^oC$. Selanjutnya adalah ditambahkan 10 mL larutan baku kalium permanganat 0,01 N dan dipanaskan hingga mendidih selama 10 menit. Larutan uji kemudian ditambahkan 10 mL larutan baku oksalat 0,01 N dan dititrasi menggunakan kalium permanganat 0,01 N. Angka permanganat dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$KMnO4\ (mg/L) = \frac{[(10-a)b-(10c)]\times 31{,}6\times 1000}{d} \times f$$

Keterangan:

a = volume titran yang dibutuhkan;
b = normalitas KMnO4;
c = normalitas asam oksalat;
d = volume contoh dan
f = faktor pengenceran contoh uji ((SNI), 2009).

4.5.2 Penentuan Angka Permanganat Secara Spektrometri

Penentuan angka permanganat secara spektrometri dilakukan dengan menggunakan instrumen spektrofotometri UV-Vis. Prinsip penentuan ini dilakukan dengan menghitung kadar kalium permanganat secara langsung pada panjang gelombang 525 nm. Secara umum, larutan kalium permanganat memberikan warna dari merah muda sampai ungu tergantung pada proporsi konsentrasinya. Metode ini lebih sederhana dibandingkan dengan metode titrimetri dan dapat menentukan angka permanganat dengan konsentrasi kecil.

Cara uji angka permanganat secara spektrometri mengikuti cara kerja *standard methods* 4500-$KMnO_4$. Kurva kalibrasi dibuat dengan menggunakan larutan standar kalium permanganat pada konsentrasi 0,25 – 1,5 mg/L. Sebanyak 100 mL sampel ditambah 0,1 mL larutan $CaCl_2$ dan 0,1 mL larutan kalium tiosulfat per 1 mg/$KMnO_4$. Larutan deret kalibrasi dan sampel dibaca absorbansinya pada panjang gelombang 525 nm.

Angka permanganat ditentukan dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

Absorbansi = A – B

Keterangan:
A = absorbansi sampel dan
B = absorbansi blangko (Kurniawati & Alfanah, 2019).

DAFTAR PUSTAKA

(APHA), A. P. H. A., 2009. *Standard Method Nomor 5220 tentang Chemical Oxygen Demand (COD),* s.l.: s.n.

(PP), P. P., 2001. *Nomor 82 Tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air,* Jakarta: s.n.

(SNI), S. N. I., 2009. *Nomor 6989 tentang Air dan Limbah-Bagian 2: Cara Uji Kebutuhan Oksigen Kimiawi (COD) dengan Refluks Tertutup secara Spektrofotometer,* Jakarta: Badan Standardisasi Nasional (BSN).

(SNI), S. N. I., 2009. *Nomor 6989 tentang Air dan Air LImbah-Bagian 72: Cara Uji Kebutuhan Oksigen Biokimia (BOD),* Jakarta: Badan Standardisasi Nasional (BSN).

(SNI), S. N. I., 2009. *Nomor 6989.22 Air dan Limbah-Bagian 22: Cara uji Nilai Permanganat secara Titrimetri,* Jakarta: Badan Standardisasi Nasional (BSN).

Achmad, R., 2004. *Kimia Lingkungan.* 1 ed. Yogyakara: ANDI.

Agustira, R., Lubis, K. S. & Jamilah, 2013. Kajian Karakteristik Kimia Air, Fisika Air dan Debit Sungai Pada Kawasan DAS Padang Akibat Pembuangan Limbah Tapioka. *Jurnal Online Agroekoteknologi,* 1(3), pp. 615-625.

Asmadi & Suharno, 2012. *Dasar-Dasar Teknologi Pengelolaan Air Limbah.* Yogyakarta: Gosyen.

Atima, W., 2015. BOD dan COD Sebagai Parameter Pencemaran Air dan Baku Mutu Air Limbah. *Jurnal Biologi Science & Education,* 4(1), pp. 83-93.

Basset, J., 1994. *Buku Ajar Vogel Kimia Analisis Kuantitatif Anorganik.* Jakarta: Buku Kedokteran EGC.

Haitami, Rakhmina, D. & Fakhridani, S., 2016. Ketepatan Hasil dan Variasi Pendidihan Pemeriksaan Zat Organik. *Laboratory Technology Journal,* 2(2), pp. 61-65.

Islam, F. et al., 2021. *Dasar-Dasar Kesehatan Lingkungan.* Pertama ed. Mamuju: Yayasan Kita Menulis.

Ismoyo, U., Hendrarto, B. & Suryanti, 2017. Analisis bahan Organik Dengan Kualitas Tanah Terhadap Ukuran Daun Bakau Di Hutan Mangrove Desa Mojo, Ulujami, Pemalang. *Indonesian Journal of Fisheries Science and Technology (IJFST),* 12(2), pp. 134-138.

Kurniawan, A., 2019. *Dasar-Dasar Analisis Kualitas Lingkungan.* Malang: Wineka Media.

Kurniawati, P. & Alfanah, H., 2019. Perbandingan Metode Penentuan Kadar Permanganat dalam Air Kran Secara Titrimetri dan Spektrofotometri UV-VIS. *Ind. J. Chem. Anal.,* 2(2), pp. 60-65.

Mustofa, A., 2020. *Pengelolaan Kualitas Air untuk Akuakultur.* Pertama ed. Jepara: UNISNU Press.

Na, L., Hafferen, J. & an, L. K., 2013. *Quantitative Chemical Analysis.* Beijing: World Scientific Publishing.

Tchobanoglous, G., Burton, F. & Stensel, H., 2014. *Wastewater Engineering Fifth Edition.* New York: Mc Graw-Hill Education.

BAB 5
PARAMETER UDARA

Oleh Muhammad Lukman Baihaqi Alfakihuddin

5.1 Pendahuluan

Badan Perlindungan Lingkungan AS (EPA) menciptakan Indeks Kualitas Udara (AQI) untuk memantau dan melaporkan kualitas udara setiap hari dan memberi tahu orang-orang tentang kemungkinan dampak kesehatannya.

Gambar 5.1 : Stasiun Pemantau Udara (Agustino, 2019).

Monitor mencatat polusi di lebih dari 1000 lokasi di AS untuk empat polutan utama yang diatur oleh *Clean Air Act*—ozon di permukaan tanah, materi partikulat, karbon monoksida, dan sulfur dioksida. Tingkat 100 dianggap aman untuk setiap polutan. Angka AQI di bawah 100 menandakan kualitas udara yang baik atau dapat diterima, sementara angka di atas 100 menimbulkan

kekhawatiran dan memicu peringatan bagi kelompok rentan. Jika dua atau lebih polutan melebihi 100, jumlah tertinggi menjadi nilai untuk hari itu, dan lembaga harus memperingatkan semua kelompok yang rentan terhadap polutan tersebut. Tingkat lebih dari 300 berarti kondisi yang sangat berbahaya (Youn et al., 2019). Lembaga negara bagian dan lokal harus melaporkan Indeks Kualitas Udara setiap hari di kota-kota AS dengan populasi lebih dari 350.000; Kota-kota kecil juga dapat melakukannya sebagai layanan publik.

5.2 Empat Tipe polutan

5.2.1 Ozon

Ketika berada di stratosfer Bumi, gas ozon melindungi kita dari sinar ultraviolet yang berbahaya. Tetapi ozon di permukaan tanah, komponen utama kabut asap, dapat menyebabkan batuk, dada sesak atau nyeri, menurunkan fungsi paru-paru dan memperburuk asma dan penyakit paru-paru kronis lainnya. Ini dapat membahayakan lapisan paru-paru, membuat paru-paru lebih rentan terhadap infeksi, dan berpotensi merusaknya secara permanen (Shrivastava *et al.,* 2018).

Ozon di permukaan tanah dihasilkan ketika emisi dari kendaraan, pembangkit listrik, boiler industri, dan fasilitas pembakaran bahan bakar fosil lainnya bereaksi dengan sinar matahari. Ini sering terbentuk di bulan-bulan yang lebih hangat ketika ada lebih banyak sinar matahari, dan memuncak pada jam sibuk ketika banyak mobil berada di jalan (Giuliani *et al.,* 2021).

5.2.2 Materi partikulat

Particulate matter (PM) mengacu pada partikel kecil, baik padat maupun cair, yang dapat masuk ke paru-paru dan menyebabkan masalah pernapasan. Materi partikulat yang berukuran antara 2,5 dan 10 mikrometer (lebih kecil dari lebar rambut manusia), yang disebut PM10, muncul dari aktivitas

penghancuran dan penggilingan serta debu di jalan. PM kurang dari 2,5 mikrometer, yang disebut PM2.5, hanya dapat dilihat melalui mikroskop elektron. Itu berasal dari mobil, pembangkit listrik, pembakaran kayu, kebakaran hutan, dan pembakaran lainnya. Selain itu, amonia dari lahan yang dipupuk dan pupuk kandang dapat bergabung dengan emisi industri untuk membentuk PM2.5 (Giuliani et al., 2021).

PM2.5 dapat menembus jauh ke dalam paru-paru, memasuki aliran darah, dan pindah ke organ lain. Ini dapat menyebabkan batuk, mengi, sesak napas, jantung berdebar, dan kelelahan; Ini juga dapat memperburuk asma dan bronkitis kronis, dan telah dikaitkan dengan aritmia jantung dan serangan jantung.

5.2.3 Karbon monoksida

Karbon monoksida—gas yang tidak berwarna dan tidak berbau—terbentuk ketika karbon tidak terbakar sepenuhnya. Sebagian besar polusi karbon monoksida berasal dari kendaraan, tetapi juga disebabkan oleh pembakaran industri, kompor pembakaran kayu, dan kebakaran hutan. Kadar karbon monoksida yang tinggi sering terjadi dalam cuaca dingin karena suhu dingin membuat pembakaran kurang lengkap dan menjebak gas lebih dekat ke tanah (Mbow-Diokhane, 2019).

Karbon monoksida mengurangi jumlah oksigen yang mencapai organ tubuh, karbon monoksida dapat menyebabkan gejala seperti flu dan nyeri dada pada mereka yang memiliki penyakit kardiovaskular. Sementara setiap orang rentan terhadap keracunan karbon monoksida, bayi yang belum lahir, bayi, orang tua, dan orang-orang dengan penyakit jantung kronis, anemia, atau masalah pernapasan paling berisiko. Kadar karbon monoksida yang tinggi dapat menyebabkan pusing, penglihatan kabur dan kebingungan; Tingkat yang sangat tinggi dapat menyebabkan kematian.

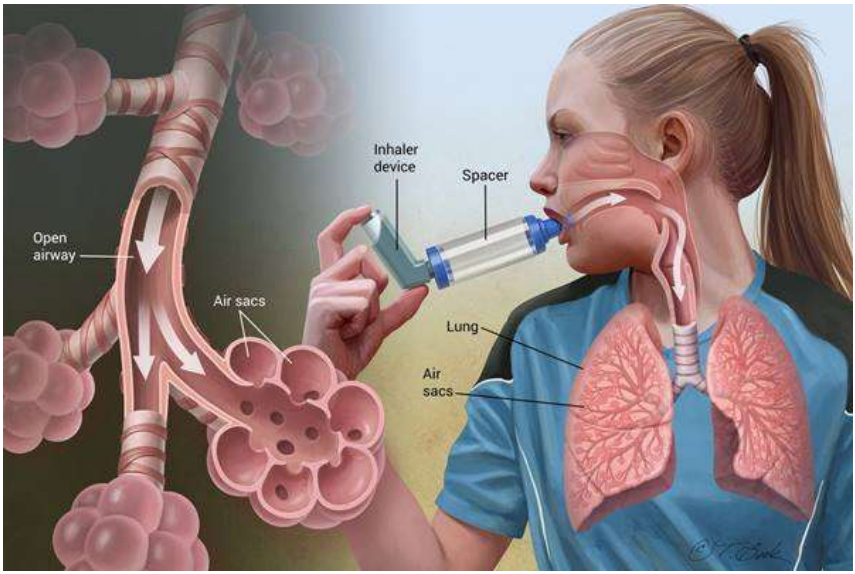
5.2.4 Sulfur dioksida

Sulfur dioksida diproduksi ketika bahan bakar batu bara dan minyak yang mengandung belerang dibakar di pembangkit listrik dan kilang. Biasanya gas yang mengiritasi dijauhkan dari tubuh oleh saluran hidung, tetapi ketika aktivitas fisik mengharuskan pernapasan mulut, sulfur dioksida dapat menyebabkan mengi, sesak napas dan sesak di dada. Paparan jangka panjang dapat memperburuk asma dan penyakit paru-paru dan kardiovaskular kronis lainnya. Sulfur dioksida juga berkontribusi pada pembentukan materi partikulat (Gadzhev, 2021).

5.3 Siapa yang rentan terhadap udara buruk?

Ketika nilai Indeks Kualitas Udara meningkat, semakin banyak masyarakat menjadi rentan. AQI antara 0 dan 50 bagus. Tingkat 51-100 dapat diterima, tetapi beberapa orang yang sensitif terhadap polutan tertentu mungkin memiliki reaksi.

Pada 101 hingga 150, udara dianggap tidak sehat untuk kelompok sensitif: Orang tua, anak-anak, dan orang dengan penyakit paru-paru rentan terhadap efek polusi ozon; dan orang tua, anak-anak dan mereka yang memiliki penyakit jantung dan paru-paru berisiko dari materi partikulat. Kelompok-kelompok ini harus mengurangi aktivitas mereka di luar ruangan (Maji et al., 2020).



Gambar 5.2 : Sakit Asma (Media, 2019).

Ketika kualitas udara mencapai 151-200, itu dianggap tidak sehat; Semua orang sekarang mungkin mulai mengalami masalah, dengan kelompok sensitif merasakan efek yang lebih serius. Dari 201 hingga 300, udara dinilai sangat tidak sehat; Anak-anak, penderita asma dan orang-orang dengan kondisi jantung atau paru-paru harus menghindari di luar ruangan dan semua orang lain harus mengurangi aktivitas mereka di luar ruangan. Ketika Indeks Kualitas Udara melebihi 300, itu "berbahaya" untuk semua orang dan dapat meminta peringatan kondisi darurat (Bose *et al.,* 2020).

Selama peringatan kualitas udara, yang rentan harus mengurangi aktivitas fisik dan mencoba untuk tetap berada di dalam ruangan dengan jendela tertutup. Mereka yang menderita asma harus membawa inhaler mereka dan menggunakan masker wajah jika mereka pergi ke luar ruangan (Gautam *et al.,* 2021).

5.4 Apa yang harus dilakukan ketika kualitas udara buruk

Gambar 5.3 : Penanman pohon. Source: americanarborists.net (abdullah, A. 2020,)

Sementara orang yang terkena dampak langsung polusi udara harus mengikuti rekomendasi AQI, ada juga hal-hal yang dapat dilakukan setiap orang untuk meningkatkan kualitas udara. Karena sebagian besar polutan berasal dari emisi pembangkit listrik dan boiler industri, menghemat energi adalah penting. Matikan lampu yang tidak perlu dan matikan AC. Atur termostat lebih tinggi di musim panas dan lebih rendah di musim dingin, dan gunakan peralatan Energy Star. Berkendara lebih sedikit dan naik transportasi umum atau sepeda (Abdolkarimzadeh *et al.,* 2018).

5.5 Faktor-faktor lain yang mempengaruhi kualitas udara

Karena arus udara menentukan bagaimana polusi tersebar, cuaca juga merupakan faktor dalam kualitas udara dan polusi udara. Ketika ada angin kencang, polutan akan tersebar dengan cepat; Ketika udara tenang, polutan terkonsentrasi dan stagnan. Suhu dan sinar matahari juga mempengaruhi reaksi kimia yang dapat membuat ozon di permukaan tanah. Curah hujan umumnya menghanyutkan polutan, membuat udara lebih bersih, tetapi kadang-kadang juga dapat melarutkan sulfur dioksida, menciptakan hujan asam, yang dapat merusak tanah, vegetasi, sungai, dan danau (Kumar & Yadav, 2021).

Gambar 5.4 : Pembakaran Hutan (Developer, 2021).

Kebakaran hutan telah menjadi penyebab utama paparan jangka pendek terhadap udara yang tercemar. Asap dari kebakaran hutan mengandung karbon monoksida, PM2.5, dan nitrogen dioksida, polutan yang berkontribusi pada pembentukan ozon. Sebuah studi tentang efek kesehatan musim kebakaran hutan California 2015, ketika kebakaran melanda lebih dari 800.000

hektar, menemukan bahwa ada 361.000 diagnosis yang terkait dengan masalah kardiovaskular, 15.500 terkait dengan masalah serebrovaskular dan 230.000 diagnosis pernapasan. Kunjungan ruang gawat darurat dalam sehari setelah paparan asap naik 15 persen secara umum, dan meningkat 42 persen untuk manula.

Gambar 5.5 : Penyebab Pemanansa Global (L & Abdi, 2021).

Ketika pemanasan global terus berlanjut, perubahan iklim meningkatkan risiko kebakaran hutan di beberapa bagian negara dan mengakibatkan musim kebakaran hutan yang lebih lama. Suhu yang lebih hangat dan sinar matahari juga dapat mempercepat penciptaan ozon dan kabut asap di permukaan tanah, sementara cuaca yang lebih hangat dapat memperpanjang musim kabut asap musim panas di daerah tertentu. Dengan meningkatnya risiko polusi udara, peringatan kualitas udara menjadi lebih penting dari sebelumnya untuk melindungi kesehatan masyarakat.

DAFTAR PUSTAKA

Abdolkarimzadeh, L., Azadpour, M., & Zarandi, M. H. F. 2018. Two hybrid expert system for diagnosis air quality index (AQI). In *Advances in Intelligent Systems and Computing* (Vol. 648). https://doi.org/10.1007/978-3-319-67137-6_36

abdullah, A. 2020, May 28. *Cara Mengatasi Polusi Udara Serta Dampak dan Sumber Pencemaran Udara*. InformaZone. Retrieved January 1, 2023, from https://informazone.com/cara-mengatasi-polusi-udara/

Air Quality Index. 2016. In *Pollution Control Handbook for Oil and Gas Engineering*. https://doi.org/10.1002/9781119117896.ch4

Agustino, G. L. 2019, September 20. *Dinas LH DKI Jakarta Pasang Stasiun Pemantau Kualitas udara di sdn cilincing 07 pagi*. Tribunjakarta.com. Retrieved January 1, 2023, from https://jakarta.tribunnews.com/2019/09/20/dinas-lh-dki-jakarta-pasang-stasiun-pemantau-kualitas-udara-di-sdn-cilincing-07-pagi

Bose, R., Dey, R. K., Roy, S., & Sarddar, D. 2020. Time Series Forecasting Using Double Exponential Smoothing for Predicting the Major Ambient Air Pollutants. In *Advances in Intelligent Systems and Computing* (Vol. 933). https://doi.org/10.1007/978-981-13-7166-0_60

developer, M., & M. 2021, August 2. *Kebakaran Hutan dan Lahan, Titik Api Terbanyak di Kalimantan Barat*. Kebakaran Hutan Dan Lahan, Titik Api Terbanyak Di Kalimantan Barat. Retrieved January 1, 2023, from https://mediaindonesia.com/humaniora/422501/kebakaran-hutan-dan-lahan-titik-api-terbanyak-di-kalimantan-barat

Gadzhev, G. 2021. The Seasonal Recurrence of Air Quality Index for the Period 2008–2019 Over the Territory of Sofia City. In *Studies in Systems, Decision and Control* (Vol. 361). https://doi.org/10.1007/978-3-030-70190-1_11

Gautam, M., Yadav, D. S., Agrawal, S. B., & Agrawal, M. 2021. Socio-economic Insinuations and Air Quality Status in India Due to COVID-19 Pandemic Lockdown. In *Environmental Footprints and Eco-Design of Products and Processes*. https://doi.org/10.1007/978-981-16-3856-5_4

Giuliani, D., Mellado, D., & Lerner, J. E. C. 2021. Atmospheric pollution. In *Air Pollution: Effects and Dangers*. https://doi.org/10.2307/633877

Kumar, S., & Yadav, S. 2021. Air quality index and criteria pollutants in ambient atmosphere over selected sites:Impact and lessons to learn from COVID-19. In *Environmental Resilience and Transformation in times of COVID-19: Climate Change Effects on Environmental Functionality*. https://doi.org/10.1016/B978-0-323-85512-9.00003-6

L., & Abdi, H. 2021, August 29. *10 Penyebab Terjadinya Pemanasan Global dan Cara Mengatasinya*. liputan6.com. Retrieved January 1, 2023, from https://hot.liputan6.com/read/4644077/10-penyebab-terjadinya-pemanasan-global-dan-cara-mengatasinya

Maji, S., Ahmed, S., Ghosh, S., Garg, S. K., & Sheikh, T. 2020. Role of Particulate Matter on Air Quality Assessment of Delhi. In *Lecture Notes in Civil Engineering* (Vol. 58). https://doi.org/10.1007/978-981-15-2545-2_7

Mbow-Diokhane, A. 2019. Air Quality in African Cities. In *Advances in 21st Century Human Settlements*. https://doi.org/10.1007/978-981-13-3471-9_

Satu dari dua puluh dua Orang Indonesia Sakit Asma. (2017, October 4). Bisnis.com. Retrieved January 1, 2023, from https://lifestyle.bisnis.com/read/20171004/106/695602/1-dari-22-orang-indonesia-sakit-asma

Sethi, J. K., & Mittal, M. 2021. Prediction of air quality index using hybrid machine learning algorithm. In *Lecture Notes in Networks and Systems* (Vol. 135). https://doi.org/10.1007/978-981-15-5421-6_44

Shrivastava, M., Ghosh, A., Bhattacharyya, R., & Singh, S. D. 2018. Urban pollution in India. In *Urban Pollution: Science and Management*. https://doi.org/10.1002/9781119260493.ch26

Youn, K.-S., Park, E.-H., & Yoon, K. Y. 2019. Quality characteristics and antioxidant activity of bitter melon ({Momordica} charantia {L}.) dried by different methods. *Korean Journal of Food Preservation*, *26*(2), 185–193. https://doi.org/10.11002/kjfp.2019.26.2.185

BAB 6
PENGUKURAN KUALITAS UDARA

Oleh Ali Makmur

6.1 Pengertian Kualitas Udara

Udara merupakan komponen yang paling penting dan dibutuhkan oleh semua makhluk hidup baik itu manusia, hewan maupun tumbuh-tumbuhan**.** Kualitas udara merupakan faktor penting untuk kesehatan manusia, terutama di daerah perkotaan karena akan sangat mempengaruhi kesehatan masyarakat dan kenyamanan tinggal di perkotaan. Munculnya kualitas udara ini berasal dari aktifitas alam maupun yang dibuat oleh manusia itu sendiri. Saat ini kualitas udara memperlihatkan kondisi yang sangat memprihatinkan, dimana udara yang dulunya segar, kini kering dan sangat kotor, hal tersebut akibat banyak sekali aktivitas manusia yang dibuat sehingga dapat menyebabkan pencemaran pada lingkungan kota dan mempengaruhi kualitas udara. Sumber pencemaran udara dapat berupa dari kegiatan yang berbeda seperti industri, lalu lintas, perkantoran, kepadatan penduduk dan pembuangan sampah yang tidak teratur dan terstruktur. Polusi udara yang disebabkan oleh gas buangan (Air Quality Index) adalah standar untuk mengukur pencemaran polusi udara. Setiap negara memiliki alat transportasi yang jumlahnya terus bertambah dari tahun ke tahun. Analisis Kualitas Udara Asli (Angka standar bervariasi pada setiap negara untuk mengukur kualitas udara, terutama di Indonesia digunakan pendeteksi Indeks.Standar. Pencemaran.Udara (ISPU), China *Air Quality Indekst* (AQI), Singapura *Pollutant Standard Index* (PSI), Korea Selatan *Comprehensive.Air.Quality* (CAI), Inggris *Air Pollutant Banding* (APB), Eropa *Common Air Quality Index* (CAQI) begitu juga pada

daerah lainya kualitas udara dapat menjadi parameter untuk mengukur kondisi udara yang sesuai di suatu tempat atau area pemukiman penduduk. Penurunan kualitas udara oleh bahan bakar, polutan, berbagai jenis gas seperti asap mobil, industri, limbah atau limbah rumah tangga. Kualitas udara mensyaratkan bahwa iklim rumah memenuhi standar udara yang murni atau tidak ada tercemar. Kualitas udara yang baik tidak hanya baik untuk kehidupan manusia, tetapi juga penting untuk kelangsungan hidup hewan, tumbuhan, air dan tanah. Beberapa istilah digunakan untuk menentukan kualitas udara adalah sebagai berikut:

1. Ambien

Ambien adalah salah satu komponen dalam lingkungan mekanis yang harus selalu dimonitor. Tenggang waktu pengukuran biasanya mengacu pada atuaran AMDAL, dimana kriteria biasanya dimiliki oleh suatu industri. Sebagai aturan Standar Operasional Prosedur (SOP) setiap 3 bulan sekali kualitas udara di sekitarnya harus dilakukan pengukuran dengan maksud untuk menentukan baik perubahan yang disebabkan oleh gas tertentu atau padatan/debu tersuspensi di udara atau tingkat pencemaran tanah. Udara ambien yaitu udara bebas di permukaan troposfer di wilayah negara Republik Indonesia yang diperlukan dan dapat merugikan kesehatan manusia dan makhluk hidup**.** flora dan faunanya. Aktivitas makhluk hidup mengubah komposisi udara yang alami. Ketika kondisi udara normal berubah melebihi konsentrasi tertentu, udara di sekitarnya tidak dapat terpenuhi, maka tersebut merupakan udara tidak bersih dan tercemar. Pencegahan dan pengendalian terjadinyan pencemaran udara dan pemulihan kualitas udara bertujuan untuk menjaga kualitas udara lingkungan agar makhluk hidup dapat hidup secara optimal.

2. Polutan atau Pencemaran

Polutan atau pencemaran adalah zat yang terbentuk dari kelebihan Gas atau partikel yang dapat mencemari udara. Kualitas udara dapat diukur dari jumlah dan jenis toksinnya yang ada di udara. Racun ditransmisikan dalam bentuk emanasi dan konsentrasi. Pelemahan emisi yang bersifat racun diukur dalam satuan luas (massa/luas/waktu). Konsentrasi adalah jumlah racun yang ukur per satuan volume atau rata-rata. Satuan yang dapat digunakan adalah ppm (rasio yang digunakan untuk menggambarkan jumlah kontaminasi udara). Menurut sifatnya polutan dapat dibedakan menjadi empat sebagai berikut:

a. Pencemaran secara fisik adalah polutan yang secara fisik mencemari lingkungan. Sebagai contoh: botol pecah, tembikar pecah, besi tua.
b. Bahan pencemar kimia adalah bahan pencemar berupa senyawa kimia baik sintetik maupun alami yang menyebabkan pencemaran lingkungan karena konsentrasinya yang tinggi. Sebagai contoh: gas CO, CO^2, SO^4 dan merkuri.
c. Pencemaran secara biologis; yaitu pencemar berupa organisme hidup yang dapat menimbulkan pencemaran. Sebagai contoh: bakteri e.coli, gulma, dll.
d. Pencemaran secara sosial budaya, yaitu pencemaran yang dapat terwujud dalam bentuk perilaku atau hasil budaya yang tidak sesuai dengan norma sosial budaya setempat dan mengganggu kehidupan sosial budaya masyarakat. Sebagai contoh: Anak-anak berkelahi pada suatu kelompok komunitas.

3. Emisi

Emisi adalah pencemaran udara berasal dari akativitas buatan manusia yang masuk ke udara dan memiliki polusi udara yang tidak memungkinkan terjadi. Salah satu contoh emisi gas buangan dari kendaraan bermotor merupakan salah satu polutan yang mencemari lingkungan. Bertambahnya jumlah kendaraan bermesin yang beredar di masyarakat menyebabkan arus keluar yang terkuras bahkan mengalami peningkatan. pencemaran yang terkandung dalam emisi gas buang adalah karbon monoksida (CO), karbon dioksida (CO_2), nitrogen oksida (NO_x) dan hidrokarbon (HC). Ada banyak bahaya yang terkait dengan emisi gas buang, terutama kerusakan pernapasan dan kerusakan pada sistem peredaran darah pada manusia dan hewan. Untuk mengurangi dan menekan emisi gas buang dapat dilakukan beberapa hal seperti berikut :

a. Harus perhatikan terlebih dahulu aliran buangan bahan bakar dan penyaringan udara agar tetap bersih. Aliran buangan bahan bakar udara yang kotor dapat mempengaruhi jumlah pada hidrokarbon yang dihasilkan selama proses pembakaran berlangsung.
b. Lakukan pemeriksaan secara berkala kondisi koil dan busi kendaraan pada saat pembakaran. Jika tidak bekerja maksimal, disarankan segera ganti dengan yang baru.
c. Lakukan pemeriksaan kondisi sistem pendingin dan pelumasan pada mesin. Pelumas pembakaran dapat meningkatkan jumlah karbon monoksida yang dilepaskan.
d. Lakukan pemeriksaan sensor oksigen. Pastikan itu bekerja dengan baik.

e. Lakukan pemeriksaan kondisi konverter katalitik, yang bertanggung jawab untuk mengubah emisi gas.buang yang menjadi udara bersih.
f. Gunakan bahan bakar sesuai petunjuk aturan mesin kendaraan. Lakukan perawatan rutin untuk menentukan bagian mana dari kendaraan yang rusak dan perlu untuk digantikan.

6.2 Karakteristik Udara yang Masih Bersih

Udara bersih adalah udara yang belum tercampur dengan gas berbahaya. Udara bersih dan segar memiliki sifat yang berbeda dengan udara yang ada di kota-kota besar. Udara bersih dan tercemar dapat dibedakan berdasarkan bentuk, aroma, dan rasa ketika saat dihirup. Udara bersih secara alami bersih dan terasa segar dan menyejukkan ketika saat menghirupnya. Di bawah ini merupakan beberapa ciri-ciri udara yang masih bersih yaitu sebagai berikut:

1. Kualitas udara yang bersih dan sehat yaitu udara yang tidak berwarna dan tidak berbau hal tersebut dianggap sebagai udara yang bersih. Jika ada warna di udara yang dapat di lihat, itu artinya berbahaya dan telah terkontaminasi unsur yang beracun lainnya karena udara sehat dan bersih tidak memiliki warna.
2. Salah satu karakteristik udara yang bersih adalah tidak adanya berbau. Apabila menghirup udara dan tercium bau maka sudah pasti udara tersebut tercampur dengan senyawa lain yang berupa gas maupun terkontaminasi oleh benda lain.
3. Udara yang bersih juga mengacu pada udara yang tidak memiliki jejak benda asing di dalamnya. Jika menghirup napas dan melihat sesuatu yang mengiritasi hidung, debu atau partikel padat lainnya ada di udara.

4. Ciri dari udara bersih adalah terasa sejuk dan segar saat dihirup. Udara bersih bahkan bisa dirasakan langsung di seluruh permukaan tubuh manusia sendiri.

Di indonesia udara bersih masih banyak dapat kita jumpai terutama di daerah yang memiliki banyak tumbuhan-tumbuhan hijau dan memiliki hutan yang luas seperti daerah pulau Sumatera, Kalimantan dan Papua. Biasanya, tanaman akan menghirup karbon dioksida dan mengeluarkan oksigen murni. Udara bersih yang mudah ditemukan pada daerah pedesaan, jauh dari jangkuan daerah perkotaan, baik polusi yang berasal dari kendaraan maupun PT. Pabrik, hal tersebut berbeda dengan masyarakat yang tinggal di perkotaan yang penuh dengan polusi dan debu. Untuk mendapatkan udara bersih, bisa menggunakan pembersih udara yang bertujuan untuk menyaring udara yang kotor. Alat transportasi yang biasa digunakan oleh masyarakat juga dapat mempegaruhi, selain hal tersebut, faktor pencemaran udara juga dapat disebabkan oleh faktor alam. Seperti gunung berapi yang meletus dan pegunungan yang memiliki lahan gambut yang mudah terbakar. Jadi hutan di sekitar pemukiman harus dilakukan agar tetap terjaga kelestariannya. Beberapa cara yang bisa dilakukan untuk melestariakn hutan agar udara tetap terjaga bersih dan segar jika dihirup caranya yaitu dengan melakukan penanaman pohon atau rebolisasi di berbagai tempat seperti pada hutan gundul, taman ruman, pinggiran daerah aliran sungai (DAS) yang bertujuan untuk mengurangi dan hindari penggunaan gas kimia dan mengurangi pembuangan gas hasil pembakaran, bangun perusahaan yang banyak menghasilkan asap cukup tinggi. Disamping hal tersebut dapat mengurangi asap dari polusi kendaraan atau alat transportasi lainnya, bersepeda atau berjalan kaki, penyaringan asap sebelum dibuang untuk mencapai udara, mengurangi penggunaan bahan fosil, mengurangi sistem transportasi yang efisien dengan menghemat bahan bakar,

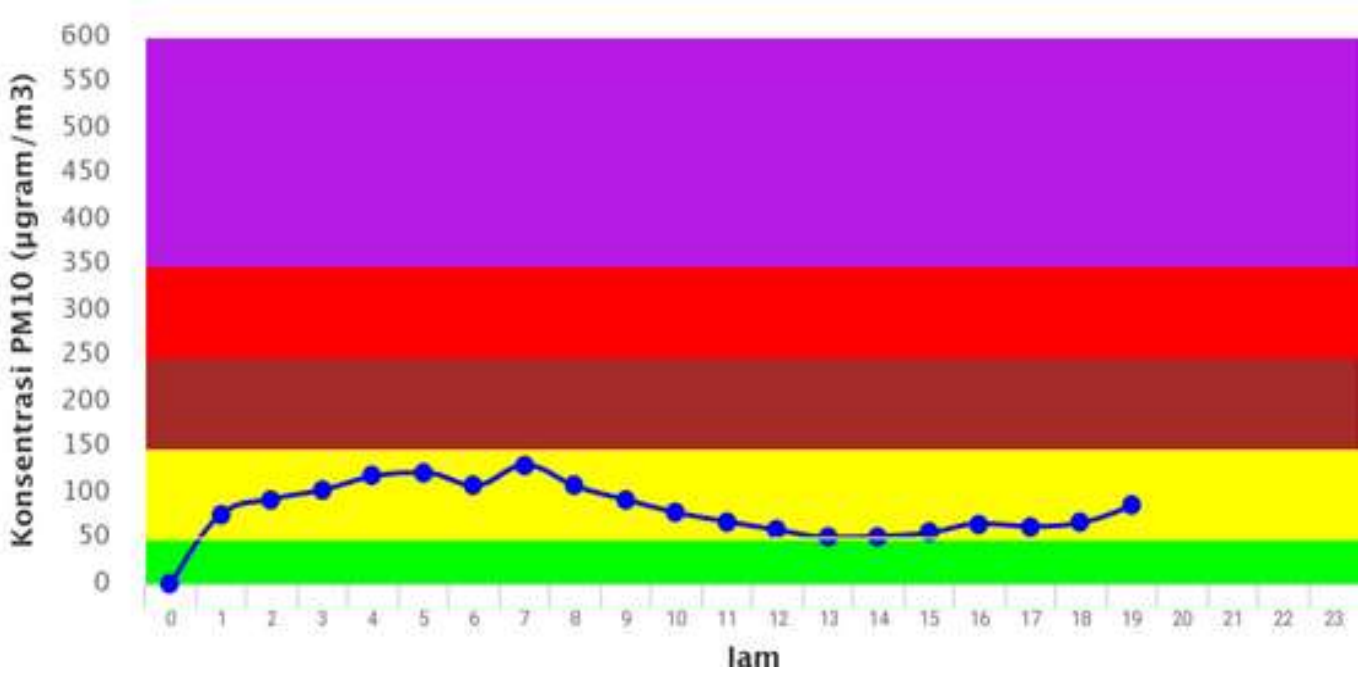
mengalihkan gas buang menjadi solusi pengikat dan menurunkan suhu sebelum gas di buang ke udara bebas dan mengurangi gas freon.

6.3 Indeks Standar Pencemaran Udara (ISPU)

Indeks Standar Pencemaran Udara atau ISPU adalah angka tanpa satuan yang menggambarkan keadaan kualitas udara di suatu tempat pada waktu tertentu dalam hal pengaruhnya terhadap kesehatan masyarakat, nilai estetika dan kehidupan lainnya. Saat ini standar indeks kualitas udara yang resmi digunakan di Indonesia adalah Index Standard Pencemar Udara (ISPU). Keputusan yang dijadikan sebagai bahan pertimbangan antara lain: bahwa perlu menyatukan informasi kualitas udara untuk publik tentang lokasi dan waktu tertentu serta bahan yang perlu dipertimbangkan dalam pengelolaan udara bersih. Berdampak pada kesehatan, nilai estetika dan makhluk hidup lainnya yang diperhitungkan saat menghitung Indeks Standar Pencemaran Udara, yaitu angka yang menggambarkan kualitas udara di suatu tempat dan waktu tertentu.Tingkat polusi udara yang tercatat diubah menjadi angka tanpa dimensi untuk menghasilkan Indeks Standar Polutan Udara. Indeks standar polusi udara ditentukan dengan mengubah nilai polusi udara yang diukur menjadi angka tanpa mempunyai dimensi. Indeks Standar Pencemaran Udara memiliki lima parameter yang dapat dihitung pencemaran udara, yaitu partikulat (PM10), karbon monoksida (CO), sulfur dioksida (SO2), nitrogen dioksida (NO2) dan ozon (O3). Data ISPU diperoleh dari pengoperasian Stasiun Pemantauan. Metode penghitungan ISPU mengacu pada Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Nomor 14 Tahun 2020, yaitu Indeks Standar Pencemaran Udara yang dihitung dari data yang diperoleh dari hasil pemantauan kualitas udara pada stasiun-stasiun yang memantau dan beroperasi secara otomatis atau terus

menerus. Untuk melihat Nilai Indeks Standar Pencemar Udara dapat dilihat pada tabel 6.1 sebagai berikut.

Tabel 6.1 : Nilai Indeks Standar Pencemar Udara



Katerangan :

ISPU	Pencemaran Udara Level	Dampak kesehatan
0 - 50	Baik	tidak memberikan dampak bagi kesehatan manusia atau hewan.
51 - 100	Sedang	tidak berpengaruh pada kesehatan manusia ataupun hewan tetapi berpengaruh pada tumbuhan yang peka.
101 - 199	Tidak Sehat	bersifat merugikan pada manusia ataupun kelompok hewan yang peka atau dapat menimbulkan kerusakan pada tumbuhan ataupun nilai estetika.
200 - 299	Sangat Tidak Sehat	kualitas udara yang dapat merugikan kesehatan pada sejumlah segmen populasi yang terpapar.
300 - 500	Berbahaya	kualitas udara berbahaya yang secara umum dapat merugikan kesehatan yang serius pada populasi (misalnya iritasi mata, batuk, dahak dan sakit tenggorokan).

Data Indeks Standar Pencemaran Udara di atas diperoleh secara otomatis dari pengoperasian stasiun pemantauan kualitas udara. Parameter standar indeks polusi udara meliputi partikulat (PM10), karbon dioksida (CO), sulfur dioksida (SO_2), nitrogen dioksida (NO~~2~~) dan ozon (O_3). Perhitungan pengukuran dan pelaporan serta keterangan nilai pengendalian pencemaran udara ditetapkan dengan keputusan kepala Badan Dampak Lingkungan Hidup yaitu Keputusan Kepala Badan Lingkungan Hidup. Ciri-ciri dasar ISPU (Indeks Standar Pencemar Udara) dan jadwal pengukurannya antara lain tertuang dalam Keputusan Kepala Badan Analisis Mengenai Dampak Lingkungan.

6.4 Faktor Utama Mempengaruhi Kualitas Udara

Berdasarkan keputusan Kepala Badan Pengendalian Dampak Lingkungan Republik Indonesia antara lain yang memuat pada dasar Indeks Standar.Pencemar.Udara (ISPU) atau saat jangka waktu pengukuran. Beberapa faktor yang mempengaruhi.kualitas udara sebagai berikut:

1. **Lokasi**

   Kualitas udara dalam dan luar ruangan sama-sama berpotensi bisa tercemar oleh udara (indoor air quality). Lingkungan rumah, daerah perkotaan dan dunia pada umumnya dapat berkontribusi terhadap polusi udara di luar ruangan. Polusi udara diluar ruang terutama daerah perkotaan adalah masalah polusi udara terburuk kedua di dunia setelah polusi udara dalam ruangan, menurut laporan di Blacksmith Institute tahun 2008 merupakan tempat yang terpolusi dunia. Berdasarkan laporan kualitas udara di dunia tahun Maret 2021-2022, Negara Indonesia menempati peringkat pertama sebagai negara yang paling tercemar di dunia dengan konsentrasi yang mencapai PM2,5 tertinggi maksimal 34,3.µg/m3. Negara Indonesia juga mendapatkan peringkat tertinggi di seluruh negara Asia Tenggara sebagai yang paling

berpolusi udara . Berikut beberapa negara dengan polusi udara paling buruk dengan paparan PM2.5 (μg/m^3) - IQ Air 2020 yaitu Negara Bangladesh - 77,10, Negara Pakistan - 59.00, Negara India - 51,90, Negara Mongolia - 46,60, Negara.Afganistan - 46,50, Negara Oman - 44,4, Negara Qatar - 44.30, Negara Kirgistan - 43,50, Negara Indonesia - 40.70 dan Negara Bonsia & Hezegovina - 40.60. Kemudian, pada tahun 2021, menunjukkan lima negara dengan udara paling tercemar yaitu Negara Bangladesh, Chili, Pakistan, Tajikistan dan India. Hal tersebut sangat mengejutkan bahwa tidak ada kota atau negara besar tersedia lagi udara yang aman dan sehat untuk warganya menurut catatan World Health Organization (WHO) baru-baru ini. Laporan tersebut menunjukkan berapa banyak pekerjaan yang harus dilakukan untuk memastikan bahwa setiap orang memiliki udara yang aman, bersih dan sehat untuk dihirup pada setiap harinya.

2. Sumber Pencemaran Udara

Sumber pencemaran udara termasuk salah satu faktor utamanya adalah jumlah penduduk yang terus bertambah dari tahun ke tahun yang beakibat meningkatnya kebutuhan manusia hal tersbut menyebabkan terjadinya angka pencemaran udara yang signifikan. Faktor alami adalah salah faktor yang memiliki kemampuan untuk merusak kondisi air yang tercemar melalui proses pembersihan atau pemurnian yang terjadi secara alami, menghilangkan tanah, pasir, batu dan mikroorganisme dari lingkungan. Pencemaran secara besar-besaran yang adapat mempengaruhi terutama keadaan alam, yang tidak dapat kembali pada keadaan semula. Alam tersebut akan kehilangan kemampuannya untuk membersihkan polusi yang telah dihasilkannya. Sampah dan bahan-bahan yang tidak ramah lingkungan seperti plastik, DDT, detergen dan bahan lain yang dapat memperparah

situasi bencana alam yang semakin hari akan semakin rusak. Pencemaran udara dapat berasal dari beberapa Sumber daya, proses alam maupun kegiatan aktivitas manusia yang menghasilkan polutan yang mencemari udara di suatu lokasi atau wilayah tertentu. Pencemaran udara bisa desebabkan oleh kebakaran hutan, pembangkit listrik, meletusnya gunung merapi, asap kendaraan bermotor, banyaknya pabrik, banyakanya tumpukan sampah, pertambanagan dan penebangan liar.

3. Penanganan Pencemaran lingkungan yang kurang baik

Penanganan pencemaran lingkungan yang kurang baik sangat besar pengaruhnya terhadap terhadap kualitas udara pada suatau wilayah terutama di daerah yang populasi penduduknya sangat padat. Banyak hal yang dapat dilakukan untuk mengelola dan mencegah pencemaran dan bencana alam pada wilayah atau permukiman penduduk, bahkan bisa dilkukan dengan hal-hal kecil, keberhasilan mencegah polusi dan bencana alam akibat ulah dari manusia yang bertujuan untuk menghindari kerusakan ekosistem laut dan darat merupakan bentuk kecintaan kita terhadap alam semesta agar tetap sejuk dan lestari. Ada dua cara yang dapat dilakukan dalam penanganan awal pencemaran lingkungan yaitu sebagai berikut:

a. Remediasi

Remediasi adalah proses membersihkan.tanah yang telah terkontaminasi dari permukaan tanah. Dua jenis dalam remediasi tanah yaitu *in-situ* (atau *on-site*) dan *ex-situ*. Pembersihan ini lebih murah dan sederhana dan terdiri dari pembersihan, aerasi (injeksi) dan bioremediasi. Pembersihan eksternal, di mana tanah yang terkontaminasi digali dan dipindahkan ke area yang lebih aman. Setelah itu, tanah dibersihkan dari kotoran di area yang lebih aman.

Caranya adalah dengan menyimpan tanah di dalam baskom/wadah yang kedap air lalu memompakan bahan pembersih tersebut ke dalam baskom/wadah. Selain itu, polutan dipompa keluar dari tangki, yang kemudian diolah di instalasi pengolahan limbah. Pada saat yang sama, pembersihan eksterior jauh lebih mahal dan memakan waktu yang lebih lama.

b. Bioremediasi

Bioremediasi adalah proses pembersihan pencemaran tanah dengan bantuan mikroorganisme jamur dan bakteri. Tujuan bioremediasi adalah memecah atau penguraian pada pencemaran udara menjadi zat yang kurang beracun atau tidak beracun (karbon dioksida dan air). Manusia telah menggunakan mikroorganisme untuk mengolah air sejak abad ke-20. Saat ini, bioremediasi telah berkembang dalam pengolahan limbah yang membahayakan (senyawa kimia yang sulit terurai) yang biasanya terkait dengan kegiatan industri. Pencemaran tersebut termasuk logam berat, hidrokarbon minyak bumi, dan senyawa organik terhalogenasi seperti pestisida, herbisida dan lain-lain. Di era modern ini banyak aplikasi baru yang menggunakan mikroorganisme untuk mengurangi polusi yang sedang dilakukan pengujian di berbagai negara di dunia. Bidang bioremediasi saat ini telah dibantu oleh pengetahuan yang lebih baik tentang bagaimana mikroorganisme dapat mendegradasi pencemaran udara, identifikasi mikroba baru dan bermanfaat, kemampuan untuk meningkatkan bioremediasi melalui rekayasa genetika.

6.5 Parameter Kualitas Udara

Konsekuensi dari transformasi masyarakat agraris menjadi masyarakat industri, terutama di kota dan daerah terpencil, adalah salah satu faktor utama yang menyebabkan peningkatan polusi udara, dimana polusi udara sebagai salah satu dampak adanya aktifitas industri dan faktor transportasi menjadi yang sangat penting untuk diperhatikan dimana ada beberapa parameter yang dapat dihitung dalam menentukan kualitas udara sebagai berikut :

1. **Karbon Monoksida (CO)**

   Sumber polusi udara terbesar dan paling umum adalah karbon monoksida. Sebagian besar karbon dioksida dari pembakaran tidak sempurna berasal dari bahan karbon yang digunakan sebagai bahan bakar, seperti di daerah perkotaan dan pedesaan. Salah satu adanya aktivitas kendaraan bermotor atau lalu lintas mempengaruhi jumlah karbon dioksida di udara setiap saat sepanjang hari. Jumlah emisi karbon dioksida dari udara meningkat dengan kepadatan mobil, sepeda motor dan alat-alat mesin industri. Kemampuan darah manusia untuk mengikat oksigen menurun saat terpapar gas yang berbahaya, terutama CO darah (COHb). Ketika CO dan aktivitas fisik meningkat, kadar COHb meningkat. Paparan pada manusia yang berlebihan dapat merusak penglihatan dan kesadaran, merusak fungsi sistem saraf dan merusak fungsi jantung bahkan organ paru-paru. Dalam kondisi yang ekstrim, bisa mengakibatkan kematian. Karbon monoksida (CO) yaitu gas yang tidak berasa, tidak berbau dan juga tidak.berwarna. Ini mencemari lingkungan seperti CO2 yang tidak dapat terlihat oleh mata telanjang. Konsentrasi karbon dioksida di wilayah metropolitan dengan lalu lintas padat berfluktuasi antara 10 dan 15 ppm.

2. **Karbon Dioksida (CO2)**

   Kandungan karbon dioksida udara yang segar bervariasi antara 0,03% (300 ppm) dan 0,06% (600 ppm)

tergantung pada titik wilayah atau lokasi. Kontak yang terlalu lama dengan karbon dioksida tingkat sedang bisa berbahaya, terutama dengan gangguan metabolisme kalsium-fosfor, yang dapat menyebabkan peningkatan pengendapan kalsium pada jaringan lunak. Penurunan kekuatan kontraktil juga bisa disebabkan oleh karbon dioksida yang sangat berbahaya bagi kesehatan jantung, hal tersebut adalah racun yang menyebabkan peningkatan pada tekanan darah dan detak jantung meningkat, serta gangguan pendengaran, pada konsentrasi volume di udara, merangsang pusat pernapasan pada konsentrasi sekitar volume udara dan menyebabkan sakit kepala, sesak napas dan pusing. Setelah terpapar selama lima sampai sepuluh menit, hal tersebut bisa menyebabkan sakit kepala, berkeringat, penglihatan kabur, tremor dan ketidaksadaran pada konsentrasi delapan persen. Menurut Administrasi Keselamatan dan Kesehatan Kerja Amerika Serikat, paparan khas untuk orang dewasa yang sehat terhadap karbon dioksida selama delapan jam dalam satu hari kerja didasarkan pada risiko kesehatan tidak boleh melebihi 5000 ppm (0,5%). Bayi, anak-anak, lansia dan orang dengan masalah gangguan kesehatan jantung dan paru-paru yang memiliki batas aman maksimum yang jauh lebih rendah. Untuk paparan dalam.jangka pendek (kurang dari 10 menit), menurut US National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH) adalah 30.000 ppm atau 3%. Menurut NIOSH menyatakan bahwa konsentrasi karbon dioksida di atas 4 % sangat membahayakan bagi kehidupan dan kesehatan. Pada ruang yang tertutup penuh dengan kepadatan orang, konsentrasi karbon dioksida naik lebih tinggi daripada di tempat yang terbuka. Konsentrasi di atas 1000 ppm menyebabkan ketidaknyamanan pada 20% isi ruangan atau tempat dan ketidaknyamanan ini meningkat dengan meningkatnya konsentrasi CO2. Keringat dan gas manusia

yang dihasilkan selama bernafas adalah sumber paling utama dari ketidaknyamanan. Mayoritas misalanya dalam suatu kendaraan penumpang akan merasa tidak nyaman pada 2.000 ppm serta banyak juga yang akan mual dan merasakan sakit kepala.

3. Hidrokarbon (HC)

Hidrokarbon (HC) terdiri dari hidrogen dan karbon, dan sifat fisik HC dipengaruhi.oleh jumlah atom karbonnya yang membentuk molekul H dan C. Hidrokarbon terdiri dari senyawa unsur karbon (C) dan hidrogen (H)**.** Hidrokarbon itu sendiri merupakan jenis polutan udara yang dapat berkembang dalam bentuk padat, cair atau gas. Unsur ini cenderung membentuk padat jika semakin banyak atom karbonnya. Pada suhu normal, hidrokarbon yang mengandung 1 sampai 4 atom karbon akan menjadi berwujud gas, sedangkan yang mengandung 5 atau lebih atom karbon akan berwujud cair atau padat. HC akan digabungkan dengan gas buang lainnya dalam bentuk gas. Sementara itu, HC akan membentuk semacam kabut minyak dalam bentuk cair atau asap pekat dalam bentuk padat sebelum akhirnya menyatu menjadi debu. Hidrokarbon dapat dikategorikan menjadi 3 kelas berdasarkan susunan molekulnya: hidrokarbon alifatik.

4. Debu Partikulat

Debu partikulat (Suspended Particulate Matter) yaitu campuran yang sangat kompleks dari berbagai senyawa organik dan anorganik, menjadi yang terbesar di udara dengan diameter sangat kecil, antara < 1 mikron sampai 500 mikron. Partikel debu ini tetap tersuspensi di udara dalam waktu yang cukup lama dan dapat masuk ke tubuh manusia melalui saluran pernafasan. Partikel debu tidak hanya berpotensi membahayakan kesehatan, tetapi juga dapat menghalangi

penglihatan dan menyebabkan sejumlah reaksi kimia di atmosfer. Tergantung dari mana asal emisinya, partikel debu SPM biasanya mengandung beberapa unsur senyawa kimia dan tersedia dalam berbagai ukuran dan bentuknya. Partikulat debu di udara dikenal dengan berbagai nama karena susunan kimianya yang rumit dan peran ukuran partikel dalam menentukan paparan. Frasa partikel tersuspensi, total partikel tersuspensi, dan lain-lain digunakan dalam kaitannya dengan teknik pemantauan udara.

5. Amonia (NH_3)

Amonia adalah senyawa.nitrogen.yang.paling penting dan paling banyak diproduksi. Pada tahun 1908 dan 1913, ilmuwan Jerman Fritz Haber.berhasil mensintesis ammonia langsung dari unsur-unsurnya, yaitu gas nitrogen dan hidrogen. Gas amonia adalah gas yang tidak berwarna dan memiliki bau yang sangat menyengat. Amonia dapat bertahan di udara selama sekitar satu minggu. Gas amonia terhirup dan dapat menyebabkan iritasi pernapasan yang sangat mematikan, karena efeknya yang mengiritasi, polutan amonium dapat merangsang proses peradangan.pada saluran pernapasan bagian atas, yaitu keluarnya udara dari hidung ke tenggorokan. Amonia juga terdapat di lapisan atmosfer dalam kondisi tidak tercemar. Berbagai sumber misalnya mikroorganisme, regenerasi kotoran dari hewan, pengolahan air limbah, industri amonia dan sistem pendingin dengan amonia. Konsentrasi amonia yang tinggi pada lapisan atmosfer biasanya mengindikasikan pelepasan gas tersebut secara tidak sengaja. Amonia dikeluarkan dari lapisan atmosfer karena afinitasnya terhadap air. Hal tersebut merupakan kunci pembentukan dan netralisasi aerosol nitrat dan sulfat di atmosfer yang.tercemar. Amonia dapat juga bereaksi dengan aerosol asam bertujuan dalam pembentukan garam amonium.

6. Suhu dan Kelembaban

Termometer merupakan salah satu alat yang digunakan untuk mengukur suhu karena suhu adalah angka yang menggambarkan panas atau dinginnya suatu benda. Satuan pengukuran suhu dalam SI (Satuan Internasional) adalah Kelvin (K). Celcius, Fahrenheit, dan Reamur. Air bisa membeku pada suhu 0°C dan dapat mendidih pada suhu 100°C di bawah kekuatan atau tekanan satu atmosfer. Skala yang paling populer di dunia adalah ˚C. Jumlah uap air di udara dikenal sebagai kelembaban. Kelembaban absolut, kelembapan spesifik, atau kelembapan relatif semuanya dapat digunakan untuk menunjukkan nilai konsentrasi ini. Istilah "hygrometer" mengacu pada perangkat yang digunakan untuk mengukur kelembaban. Kelembaban absolut, kelembaban relatif (relatif), atau defisit tekanan uap air adalah semua istilah yang digunakan untuk menggambarkan jumlah uap air di udara. Kandungan uap air (yang dapat ditunjukkan dengan massa) menentukan kelembaban mutlak.

DAFTAR PUSTAKA

Achmad, R. 2004. Kimia Lingkungan, Edisi 1. Yogyakarata.

Agustin, T. I., Sudarno dan Stirokhatun, T. 2013. Analisa Hubungan Jumlah Kendaraan dan Faktor Meteorologi (suhu, kelembaban udara dan kecepatan angin) terhadap Peningkatan Konsentrasi SO2 pada Persimpangan Jalan kota Semarang. Jurnal Program Studi Teknik Lingkungan. Universitas Diponegoro.

Badan Penegdnalian Dampak Lingkungan.2002. Standar Kesehatan Emisi Gas Buang. Jakarta.

Badan Pengelolaan Lingkungan Hidup Daerah Jakarta.2013. Zat–zat Pencemar Udara.

Dwirani, F. 2004. Pengaruh Pencemaran Gas Amoniak dan Dampaknya Terhadap Pekerja dan Masyarakat: Studi Kasus pada PT. Pupuk Kujang Cikampek Jawa Barat. Tesis. Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Indonesia.

Haryoto., Setyono. T., Masykuri, P. dan Muhammad. 2014. Identifikasi Gas Amoniak Terhadap Besarnya Resiko Gangguan Kesehatan Pada Masyarakat Di Sekitar Tempat Pembuangan Akhir (TPA) Sampah Putri Cempo Sukakarta. Jurnal Ekosains 6 (2): 12-19.

Haryoto., Setyono., Masykuri, P. dan Mohamed. 2014. Identifikasi Gas Amoniak Terhadap Gangguan Kesehatan akut Pada Masyarakat di Sekitar Tempat Pembuangan Akhir (TPA) Putri Cempo Sukakarta. Jurnal Ecoscience 6(2): 12-19.

Kusminingrum, N, & Gunawan, G. 2008. Polusi Udara Akibat Aktivitas Kendaraan Bermotor di Jalan Perkotaan Pulau Jawa dan Bali. Laporan penelitian, Puslitbang Jalan dan Jembatan Bandung: Kementrian PU.

Masykuri, M dan Mudjijono. 2011. Aplikasi Metode Griess-Saltzman dengan Teknik Impinger Tunggal sebagai Alternatif Pengukuran Polutan NO2 di Udara. Jurnal Ekosains 3 (1) : 33-40.

Mukono, H.J. 1997. Pencemaran Udara dan Pengaruhnya Terhadap Gangguan Saluran Pernapasan. Airlangga University Press. Surabaya.

Peraturan Pemerintah No. 41. 2006. Buku Mutu Udara Ambien Nasional. Jakarta.

Putut dan Widodo. 2011. Peragaan Demonstrasi Penyebaran Racun dari Karbon Monoksida di Jalan Tol. Surabaya.

Rao,M.N. dan Rao H.V.N. 1994, Air Pollution-Tata McGraw-Hill Publishing Company Limited, New Delhi, India.

Rencana Strategis Tahun 2020-2024, Peraturan Direktur Jenderal Pengendalian Pencemaran dan Kerusakan Lingkungan, Direktur Jenderal Pengendalian Pencemaran dan Kerusakan Lingkungan, Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan.

Srikandi dan Fardias. 1992. Polusi Udara dan Air. Penerbit Kanisus : Yogyakarta.

Undang-Undang Nomor 32 Tanun 2009. Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hudup.

Wardhana dan Arya, W. 2001. Dampak Pencemaran Lingkungan. Penerbit Andi. Yogyakarta.

GLOSARIUM

Ambien : *Salah satu komponen lingkungan pada industri yang perlu diwaspadai. Biasanya, jangka waktu pengukuranya mengacu pada AMDAL yang dimiliki suatu industri.*

Bioremediasi : *proses pembersihan pencemaran pada tanah dengan menggunakan mikroorganisme (jamur dan bakteri).*

Emisi : *Pencemar Udara yang dihasilkan dari kegiatan manusia yang masuk dan dimasukkannya ke dalam udara, mempunyai dan tidak mempunyai potensi Pencemaran Udara.*

Hidrokarban : *Pencemar udara yang dapat berupa padat, cair, atau gas. Unsur ini cenderung memadat dengan bertambahnya jumlah atom karbon.*

ISPU : *angka.yang.tidak.memiliki satuan yang menggambarkan kondisi kualitas udara pada suatu wilayah dan waktu tertentu berdasarkan pengaruhnya terhadap kesehatan manusia, nilai-nilai estetika dan makhluk hidup lainnya.*

Karbon Dioksida : *Senyawa kimia yang terdiri dari dua atom oksigen yang terikat secara kovalen dengan atom karbon.*

Karbon Monoksida	*: gas yang dihasilkan dari beragam proses, antara lain pembakaran batu bara, kayu, dan penggunaan bahan bakar pada kendaraan bermotor.*
Kontraktil	*: Kemampuan untuk berkontraksi.*
Polutan	*: Zat yang berasal dari gas atau partikel yang berlebihan.dapat mencemari udara.*
Remediasi	*: Membersihkan permukaan tanah setelah terjadinya kontaminasi.*

BAB 7
KUALIFIKASI SAMPAH DAN TATA CARA SAMPLING SAMPAH

Oleh Edwina Rudyarti

7.1 Kualifikasi Sampah

Kualifikasi sampah ditntukan dari jenis sampah yang dibuang atau sudah tidak digunakan Kembali, cara pemilahan sampah dari sumbernya merupakan salah satu upaya untuk mengelola sampah dan mengurangi dampak yang ditimbulkan. Sampah yang dihasilkan dipilah berdasarkan kualifikasi yaitu:

a. Berdasarkan Dapat atau Tidaknya Terbakar
    1. Mudah Terbakar
       Yaitu sampah yang memiliki kandungan mudah bahan terbakar, contohnya: Kertas, Plastik, daun kering, dan kayu.
    2. Tidak Mudah Terbakar
       Yaitu sampah yang memiliki kandungan bahan tidak terbakar, contohnya: Besi, Kaleng, kaca.
b. Berdasarkan Dapat atau Tidaknya Proses Pembusukan
    1. Mudah Membusuk
       Yaitu sampah yang memiliki kandungan bahan yang mudah membusuk seperti daging, buah, sisa makanan yang lainnya.
    2. Tidak Mudah Membusuk
       Yaitu sampah yang memiliki kandungan bahan yang tidaak mudah membusuk seperti kaleng, botol, plastic, karet dan lainnya

c. Berdasarkan Ciri – Ciri Sampah

1. *Garbage*
   Yaitu yaitu sampah yang terdiri atas zat-zat yang mudah membusuk dan dapat terurai dengan cepat. Khususnya jika cuaca panas, proses pembusukan sering kali menimbulkan bau busuk. Sampah jenis ini dapat ditemukan di tempat pemukiman, rumah makan, rumah sakit, pasar dan lain sebagainya.
2. *Rubbish*
   Yaitu jenis sampah ini dibagi menjadi dua: yaitu jenis sampah rubbish yang mudah terbakar dan yang tidak mudah terbakar.
3. *Ashes*
   Yaitu jenis sampah dari semua sisa pembakaran dari mesin industri.
4. *Sreet Sweeping*
   Yaitu aneka sampah dari jalan atau trotoar akibat aktivitas mesin atau manusia.
5. *Dead animal*
   Yaitu sampah dari jenis bangkai binatang besar seperti anjing, kucing, dan lainnya yang mati akibat kecelakaan atau mati secara alamiah
6. *House Hold Refuse*
   Yaitu jenis sampah campuran semisal, garbage, ashes, rubbish yang berasal dari perumahan atau pemukiman.
7. *Abandoned Vehicle*
   Yaitu jenis sampah yang berasal dari bangkai kendaraan.
8. *Demolision Waste*
   Yaitu sampah yang berasal dari hasil sisa-sisa pembangunan gedung, sampah jenis ini juga dikenal

dengan contructions waste dan biasanya berwujud material tanah uruk, batu dan kayu.

9. Sampah Industri
   Yaitu segala jenis residu dari sector pertanian, perkebunan dan industrial.
10. *Santage Solid*
    Yaitu jenis sampah terdiri dari benda-benda solid atau kasar yang biasanya berupa zat organik pada pintu masuk pengolahan limbah cair.
11. Sampah khusus
    Yaitu sampah yang memerlukan penanganan khusus seperti kaleng dan zat radioaktif.
    (Chandra, B 2006 pengantar kesehatan lingkungan)

Sampah memiliki jenis-jenis yang berbeda dan memiliki tempat pembuangan sampah yang sudah ditentukan berdasarkan jenisnya serta untuk mempermudah pengangkutan sampah ke tempat pembuangan akhir atau biasa disebut TPA. Jenis sampah berdasarkan bahannya di bagi menjadi dua yaitu sampah organik dan sampah anorganik yang biasa masyarakat pada umumnya menyebut sampah berdasarkan jenisnya untuk dapat dipilah di lingkungan perumahan dan perhotelan (Sucipto, 2012). Sampah ini dipilah berdasarkan jenisnya yaitu:

1. Sampah Organik
   Sampah ini berasal dari makhluk hidup yang dapat terurai oleh mikroba ataupun jasad renik seperti jasad manusia, hewan, dan tumbuhan.
2. Sampah Anorganik
   Sampah ini berasal dari benda mati atau bukan makhluk hidup tetapi dapat diperbaharui untuk didaur ulang atau *recycle* dan bisa juga menjadi bahan berbahaya dan beracun apabila tidak dimanfaatkan dan dibuang secara tidak teratur seperti plastic, logam, besi dan lainnya.

3. Bahan Berbahaya dan Beracun (B3)
   Sampah ini merupakan jenis sampah yang memiliki kandungan berbahaya apabila tidak dikelola atau diproses pembuangannya serta pemusnahannya dengan baik, dan beracun apabila mencemari lingkungan dan juga tidak dikelola dengan baik menggunakan treatment pembuangan sampah secara khusus sehingga dapat meracuni sampah lain apabila dijadikan satu, pada umumnya sampah tersebut mengandung merkuri yang merupakan zat berbahaya dan beracun berasal dari kalung bekas cat semprot dan lain sebagainya.

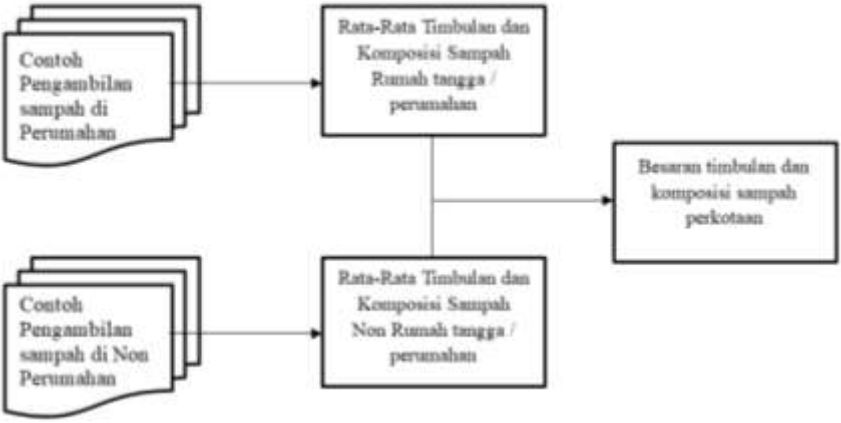
7.2 Tata Cara Sampling Sampah

Sampling sampah merupakan sampel sampah yang diambil berdasarkan atas jumlah minimun sampel yang dibutuhkan untuk dilakukan pengukuran. Tata cara sampling sampah atau metode pengukuran yang bisa digunakan adalah sebagai berikut:

1. Mengukur langsung satuan timbulan sampah dari sejumlah sampel bisa diambil dari sampah rumah tangga atau non rumah tangga yang bisa ditentukan secara random-proposional dari sumber selama 8 hari berturut-turut berdasarkan SNI 19-3964-1995 dan SNI M 36-1991-03.
2. *Load Count Analysis*
   Pengukuran yang dilakuan berdasarkan jumlah dari berat atau volume sampah yang masuk ke dalam tempat pembuangan sampah (TPS).
3. *Weigh Volume Analysis*
   Pengukuran dilakukan menggunakan jembatan timbang, untuk mengetahui jumlah sampah yang masuk ke tempat penerima sampah agar dapat diketahui dengan mudah dari waktu ke waktu dan jumlah sampah yang dihasilkan dapat diperkirakan total jumlahnya dalam satu minggu.
4. *Material Balance Analysis*

Pengukuran dengan menggunakan Analisa yang lebih mendasar, dengan menganalisa secara detail aliran bahan yang masuk, aliran bahan yang hilang dalam system, dan aliran bahan yang menjadi sampah dari sebuah sistem yang ditentukan batas-batasannya atau disebut sistem boundry.

Proses pengukuran sampling sampah memiliki Langkah-langkah yang diambil untuk mengukur timbulan sampah melalui konsep sebagai berikut :



Gambar 7.1 : Konsep Pengambilan dan Pengukuran Timbulan Sampah

Pengukuran jumlah timbulan dan komposisi sampah secara garis besar tetap mengacu berdasarkan SNI 19-3964-1994 tentang Metode Pengambilan dan Pengukuran Contoh Timbulan dan Komposisi Sampah Perkotaan dengan modifikasi dalam penentuan waktu pengambilan sampling. Berdasarkan SNI 19- 3964-1994, cara pengerjaan pengambilan dan pengukuran timbulan sampah di lokasi non pemukiman dilakukan dengan cara menentukan lokasi pengambilan contoh serta peralatan yang dibutuhkan. Pelaksanaan

pengambilan dan pengukuran contoh timbulan sampah dilakukan dengan cara:

1. Menentukan titik lokasi sampling (pengambilan sampah)
2. Menyiapkan peralatan, seperti bak pengukur yang berukuran 20 cm × 20 cm × 100 cm, timbangan, sarung tangan, masker, meteran dan lain-lain
3. Mencatat jumlah unit masing-masing penghasil sampah
4. Timbang bak pengukur (40 liter)
5. Ambil sampah dari tempat pengumpulan sampah dan masukkan ke masing-masing bak pengukur 40 liter
6. Hentak 3 kali bak contoh dengan mengangkat bak setinggi 20 cm, lalu jatuhkan ke tanah
7. Ukur dan catat volume sampah (Vs)
8. Timbang dan catat berat sampah (Bs)
9. Pilah sampah berdasarkan jenisnya
10. Timbang dan catat berat sampah setiap jenisnya

Untuk metode pengukuran timbulan sampah dapat dilakukan menggunakan ukuran volume dengan wadah pengukur 40 liter dan ditimbang beratnya, sedangkan sampah yang terkumpul diukur dalam bak pengukur besar 500 liter dan ditimbang beratnya, kemudian dipisahkan berdasarkan komponen komposisi dari sampah tersebut kemudian ditimbang beratnya. Pengolahan sampah biasanya dilakukan pada minggu ke tiga. Untuk pengukuran densitas sampah dapat dilakukan dengan membagi berat sampah gerobak dengan volume sampah yang ada di gerobak TPS. Pengukuran densitas dilakukan bersamaan dengan pengukuran laju timbulan sampah, sehingga didapatkan rata-rata sampah rumah tangga dengan ukuran berat $\pm$ 146,02 kg/m^3. Dari laju timbulan sampah tersebut kemudian dilakukan pengolahan sampah melalui empat tahapan yaitu:

1. *Reduce*

   Merupahan tahapan dengan cara mengurangi sampah yang dihasilkan dalam penggunaanya benda sekali pakai yang bisa menjadi sampah, contohnya

   a. Menghindari berbelanja menggunakan kantong plastik yang sekali pakai, gunakan tas belanja sendiri yang lebih efektif efisien untuk membawa barang belanjaan dan mengurangi sampah plastik.
   b. Hindari membeli minuman kemasan botol plastic atau kaca, karena jika sudah terpakai makan akan menjadi sampah, bisa menggantinya dengan botol minum yang bisa dibawa kemana-mana untuk tempat minum.
   c. Mengurangi pemakaian kertas yang tidak perlu, misalnya dalam kegiatan mengeprint bisa menggunakan kertas bolak-balik agar lebih efektif efisien juga, dan itu merupakan salah satu tujuan menyelamatkan lingkungan.
   d. Ketika membeli koran dan majalan usahakan jangan langsung dibuang tetapi bisa didaur ulang atau bisa dijual ketempat loak.

2. *Reuse*

   Merupakan tahapan menggunakan Kembali barang-barang yang sudah tidak terpakai menjadi sesuatu yang berguna, atau bisa bernilai jual, dengan menggunakan Kembali sampah yang sudah tidak dibutuhkan lagi akan dapat mengurangi timbunan sampah di TPS, contoh dalam tahapan reuse adalah :

   a. Membiasakan tidak membuang plastik yang kita dapat dari pasar, warung maupun supermarket. Kantong plastik tersebut sebaiknya dikumpulkan agar dapat digunakan kembali apabila kita membutuhkan kantong untuk membawa barang.

b. Kaleng-kaleng bekas digunakan untuk tempat pensil, pot tanaman, celengan dan sebagainya. Agar lebih indah, kaleng tersebut bisa dicat dan dihias menggunakan kreativitas kita.
c. Gunakan kembali baju-baju bekas tak terbakai sebagai lap atau keset. Dalam kreativitas kita bisa membuat selimut, serbet, taplak meja dan tas dari kain-kain bekas.
d. Belajarlah membuat kerajinan (handycraft)dari barang-barang bekas. Menciptakan kerajinan akan melatih keterampilan dan menumbuhkan kreativitas

3. *Recycle*

Merupakan tahapan mendaur ulang sampah yang tidak digunakan Kembali baik sampah organik maupun anorganik, untuk sampah organic bis akita lakukan sendiri seperti mengubahnya menjadi pupuk kompos, seperti daun kering, sisa makanan, atau limbah rumah tangga. Dari jenis -jenis sampah memiliki 3 golongan yang bisa di pilah-pilah untuk memudahkan dalam memberikan perlakuan kepada setiap masing-masing golongan yaitu:

a. Mengumpulkan botol-botol bekas sisa minuman, kaleng-kaleng bekas, kertas bekas, majalan bekas, korang bekas, plastic bekas dll untuk bisa didaur ulang dijadikan hiasan atau karya seni lainnya yang bisa memiliki nilai jual
b. Memilah sampah organik untuk di daur ulang seperti sisa makanan, sampah daun, sampah buah yang busuk dll
c. Menyalurkan sampah-sampah yang bisa didaur ulang ke petugas daur ulang atau tukang loak barang-barang bekas

4. *Replace*

   Merupakan tahapan mengganti dalam artian adalah mengganti barang yang kita gunakan dengan bahan yang ramah lingkungan atau yang bisa digunakan dalam waktu jangka Panjang agar mengurangi barang-barang yang digunakan hanya sekali pakai, seperti :

   a. Menukar kantong plastik biasa dengan plastik biodegradable. Plastik jenis ini lebih eco-friendly karena mudah diuraikan.
   b. Mengganti botol minum dengan botol yang dapat digunakan berulang kali, atau botol dari bahan almuminium.
   c. Lebih baik menggunakan tas yang terbuat dari kain perca batik atau plastik bekas kemasan detergen sebagai pengganti tas yang hanya sekali pakai. Tas unik dan menarik, dan ramah lingkungan, akan membantu mengurangi pencemaran lingkungan.
   d. Hindari menggunakan styrofoam, lebih baik diganti dengan kotak makan untuk membawa bekal sendiri sebagai tempat makanan

DAFTAR PUSTAKA

Putri, S. E., Ngudiantoro, N., & Setyawan, D. 2017. Studi Timbulan dan Komposisi Sampah di Kelurahan Sindur dan Kelurahan Pangkul, Kecamatan Cambai, Kota Prabumulih. *Demography Journal of Sriwijaya (DeJoS)*, *1*(1), 1-7.

Kusminah, I. L. 2018. Penyuluhan 4r (Reduce, Reuse, Recycle, Replace) dan kegunaan bank sampah sebagai langkah menciptakan lingkungan yang bersih dan ekonomis di Desa Mojowuku Kab. Gresik. *JPM17: Jurnal Pengabdian Masyarakat*, *3*(01).

Nurdiana, J., & Indriana, H. F. 2017. Analisis Pengelolaan Sampah Berdasarkan Komposisi Sampah Perumahan Di Wilayah Samarinda. *Jurnal Teknologi Lingkungan*, *1*(1).

Chandra, B. 2007. Pengantar kesehatan lingkungan. Egc.

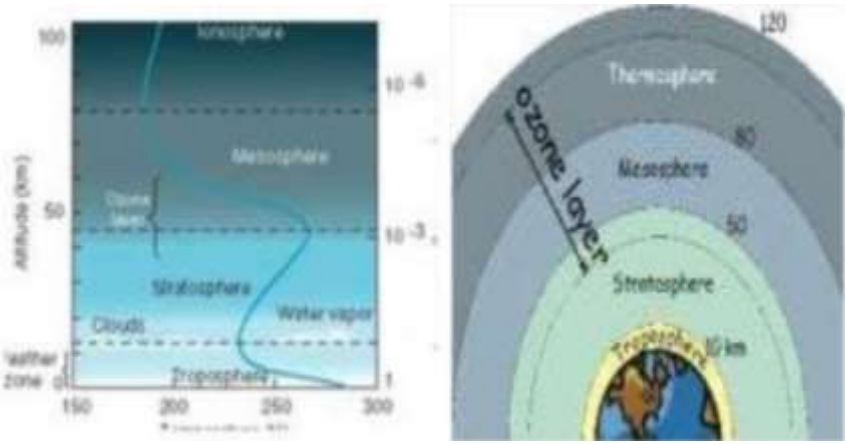
BAB 8
PARAMETER PENCEMARAN UDARA DAN TATA CARA ANALISIS

Oleh Jernita Sinaga

8.1 Pendahuluan

Banyak pencemar ada di udara bebas juga ada di udara tidak bebas, efeknya terhadap kesehatan sama seperti khususnya partikulat hidup diantaranya mikroba berada di udara, kebanyakan jenis saprofit, jamur, spora, bakteri tanah dan virus dan bahan pencemar kimia lainnya. Udara bukanlah tempat hidup alamiah mikroba, karena bentuk vegetatif di udara mikroba tidak bertahan lama dan cepat punah, pada udara bebas. Spora dan virus dapat bertahan di udara dan mikroba di udara tergantung kecepatan angin dan kelembapan. Udara di atas tanah mengandung lebih banyak mikroba dibanding udara di atas laut. (Kurniawan Agung, 2019)

Bumi dengan atmosfer (*atmosphere*) yang terdiri dari bahan gas yang yang dilapisan beberapa ruang, yaitu troposfer, stratosfer, mesosfer dan termosfer. Manusia berada di atmosfer bumi. Atmosfer dengan kondisi suhu bervariasi dan beragam sesuai dengan kondisi lingkungan, tergantung dari pada sinar pancaran matahari di bumi. (Puspawati Catur, 2019)



Gambar 8.1 : Susunan Lembaran Kulit Bumi dan Lapisan Gas di Udara (Rizal Reda, 2017)

Susunan troposfer terdapat 75-80% massa udara pembentangan antara 8-17km permukaan bumi yang berdasarkan massa udara, tersusun gas nitrogen kurang lebih 78% oksigen (21%) Argon, Karbon dioksida atau CO_2 Ne, He, CH_4 (methane) dan uap air (H_2O) (Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan RI, 2020)

Tabel 8.1 : Komponen Gas di Udara Bersih (Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan RI, 2020) (Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup dan Kehutanan RI, 1995)

No	Komponen Udara	Persentase
1.	Nitrogen (N_2)	78.10
2.	Oxygen (O_2)	20.90
3.	Argon (Ar)	0.90
4.	Karbon Dioksida (CO_2)	0.033
5.	Lainnya, seperti Ne, He, CH_4) (methane)	0.003
6.	Uap air (H_2O)	Bervariasi
	Jumlah	100.00

Komposisi gas pada troposfer terdapat kandungan air rendah dibanding pada troposfer karena gas di troposfer berada di 17-48 km dari bumi, kandungan azon lebih besar dibanding pada troposfer. Ozon pada stratosfer reaksi yang terjadi partikel dengan molekul oksigen terhadap pencemar radiasi sinar alam seperti matahari dan ozon surya di lapisan bumi, dengan terdapatnya ozon dapat berfungsi untuk kehidupan makhluk hidup diantaranya: (Dewata Indang,dkk, 2018)

1. Makhluk hidup dan organisme dapat hidup bila tidak ada sinar ultraviolet secara langsung yang menyinari, sehingga gas ozon di lapisan stratosfer tidak tercemar, terjadinya dampak sistem kekebalan tubuh terjadi karena dampak sinar ultraviolet matahari.
2. Ozon pada stratosfer, mencegah oksigen di lapisan troposfer berubah menjadi ozon (O_3), polutan udara yang berdampak untuk kesehatan dilingkungan. (Soemirat Juli, 2014)

Beberapa kriteria udara tidak bebas yang berdampak cemaran di ruangan gedung (indoor air), rumah, pabrik, bioskop, sekolah, rumah sakit dan lainnya. Udara tidak bebas di sumur dan pertambangan. Gedung yang khusus atau sengaja diatur baik suhu maupun frekuensi pertukaran udaranya dengan menggunakan ventilasi berupa penghawaan udara dengan gedung mendayagunakan cuaca alamiah mengatur bagian gedung dapat dibuka. kualitas udara tidak bebas sangat bervariasi. Kegiatan dalam gedung mempengaruhi kualitas analisis udara. Kualitas baik, tentunya dampak penyakit akibat udara berkurang. Udara tidak bebas efeknya nyata karena aliran tidak bebas, pencemar akan masuk pada tubuh penghuni pada konsentrasi yang ada di udara. Misalnya terjadi penyakit bawaan udara dan sick building syndrome. Untuk udara tidak bebas ini sayangnya belum sempurna pengaturan kualitasnya. Ada baku mutu yang dikenal sebagai nilai

ambang batas (NAB) untuk udara dalam pabrik, diatur oleh Menteri Tenaga Kerja, tetapi banyak yang belum diatur baku mutunya, Misalnya kualitas udara di rumah sakit, gedung umum, rumah, dll (Soemarwoto Otto, 2014)

Zat pencemar fisis yang sering dijumpai adalah temperatur, bising, sinar elektromagnetik dan sinar-sinar radioaktif. Efek biologis yang terjadi pada organisme, baik itu tumbuhan, hewan, maupun manusia. Efek biologis pencemar sering tidak berupa penyakit khusus seperti halnya bakteri. Misalnya, bakteri vibrio kolera pasti menyebabkan penyakit kolera. Tidak demikian halnya dengan pencemar kimiawi. Bahkan berbagai jenis pencemar sering menimbulkan gejala yang sama, karenanya efek biologi pencemar kimiawi sering diklasifikasikan atas dasar gejala. Ada yang menimbulkan fibrosis, granuloma, asfiksia, kanker, mutan, keracunan sistemik, iritasi dan demam. (Soemarwoto Otto, 2014)

8.2 Metode Analisis dan Baku Mutu Udara.

Termodinamika Hukum lingkungan di sebut (*thermo-dynamiclaw*) bahwa lingkungan secara alami dapat memulihkan keadaan dari pada lingkungan sendiri bila terdapat polutan yang masih batas normalnya. Pemulihan yang terjadi oleh alam itu sendiri, prinsip belum ada gangguan atau pencemar yang masih standar di lingkungan "paksa" dilingkungan terjadi dan bereaksi secara seimbang antara bahan pencemar dengan alamiah lingkungan sekitar. Daya dukung lingkungan perlu dijaga dan diterapkan secara alami agar dapat mengetahui dan memprediksi kemampuan suatu cemaran di lingkungan menetralisir parameter pencemar untuk pemulihan kondisi lingkungan secara alami oleh keadaan alamiah.

Carrying capacity yang disebut daya dukung merupakan ukuran maksimum bahan pencemar yang dapat disangga dan ditolerens wilayah sekitar lingkungan tanpa mengurangi kemampuan menyangga pencemar yang merupakan ukuran

jumlah sumberdaya yang dapat diperbaharui (renewable resources). Pengelolaan Lingkungan Hidup dengan daya dukung suatu kemampuan lingkungan, mendukung perikehidupan yang ada pada lingkungan. Daya tampung pencemar pada lingkungan hidup merupakan suatu kemampuan alamiah yang dapat terjaga di lingkungan untuk seberapa besarnya penyerapan zat, energy dan komponen masuk atau dimasukkan ke wilayah udara. (Peraturan Menteri Kesehatan RI, 2014)

8.2.1 Metode Analisis Laboratorium

Kualitas pada analisis lingkungan hidup yang digambarkan pada wilayah tertentu dapat diindikasikan dengan analisis pada kualitas udara ambient. Analisis kualitas pencemar yang berada pada lingkungan diperiksa dengan mengambil sampel pencemar kualitas udara. Diuji di laboratorium lingkungan (Laboratorium terakreditasi) dilakukan pemeriksaan sesuai dengan uji laboratorium zat energy, bahan pencemar yang terkandung di udara. Parameter yang dilakukan pengujian laboratorium diukur dengan hasil kualitas analisa uji pemeriksaan yang di dapat di laboratorium yang dapat sebagai pembanding pada BML dengan kualitas analisis udara yang sesuai dengan standard mutu (batas maksimum pencemar) dalam pada perundangan yang berlaku di lingkungan. Parameter BML harus dapat menunjukkan pencemar batas standar alamiah untuk lingkungan dalam hal pemulihan sendiri sesuai dengan batas kondisi maksimum pencemar di lingkungan terkoordinir, ditenggang pencemar diudara dapat berkualitas baik pada lingkungan. Parameter dimaknai kadar zat pencemar menimbulkan dampak negative terhadap kesehatan. (Rizal Reda, 2017)

Analisis dengan uji laboratorium dapat pembanding berdasarkan analisis pemeriksaan dengan kualitas analisis bahan yang diteliti dengan BML sesuai dengan bahan pencemar di udara yang tersedia baku mutunya seperti kualitas udara ambien di lingkungan yang dibandingkan dengan Baku Mutu Lingkungan.

Dampak penurunan analisis kualitas yang tercermin di udara ambien diperediksikan bahwa kondisi kualitas udara sebelum ada proses proyek yang merubah lingkungan itu sendiri dengan kualitas analisis udara dilakukan dalam tahap proses ada kegiatan proyek yang terdapat perubahan dengan menyesuaikan baku mutu Peraturan. (Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan RI, 2020)

8.2.2 Metode Analisis Tematik

Analisis udara dengan teknik analisis tematik dilakukan terhadap kualitas lingkungan wilayah tertentu menggunakan gambaran atau wacana pada tema yang pernah dilakukan pembahasan atau penelitian yang menggambarkan masalah yang terjadi yang berhubungan dengan gambaran kejadian pada lingkungan dengan kondisi pencemar udara yang diteliti oleh pihak lain sebagai peneliti. Data sekunder merupakan data yang digunakan yang merupakan wacana, Kasus pencemaran udara yang diteliti dengan cara mengumpulkan berbagai makalah atau penelitian hasil seminar disuatu lokasinya yang berbeda atau sama yang dilakukan sebagai gambaran masalah dengan bahan pencemar udara berbeda, Hasil pembahasan dirangkum menjadi suatu gambaran wacana dengan suatu isu utama pencemaran udara dilingkunga dan menjadi solusi mengatasi masalah pencemaran udara. Cara lain dapat juga dilakukan menganalisis mengumpulkan data sekunder tentang kondisi lingkungan tertentu, dengan suatu gambaran berupa wacana yang tertera pada Status Lingkungan Hidup Daerah (SLHD), dengan daerah dapat dilakukan pada suatu daerah tertentu dengan data berkala secara terus menerus dilakukan pengamatan atau penelitian, terdokumentasi setiap tahunnya oleh Pemerintah Daerah, (Sumantri Arif, 2017)

Aspek tema (thema) ataupun topik yang diteliti kegiatan masyarakat terkait dengan dampak negative terhadap kesehatan.

Metode analisis tematik dapat menitik beratkan lebih pada satu topik di diskusikan pembahasan topik terhadap kesehatan. Contoh analisis tematik adalah "tema: maraknya perokok di kalangan masyarakat". Perilaku merokok merupakan suatu perilaku yang mengangu merokok pada tempat–tempat umum yang dapat mempengaruhi lingkungan sekitar, merokok pada kendaraan umum, di ruang public yang Ber-AC, di area anak-anak balita. Perilaku merokok berbanding lurus, buruk perilaku merokok, akan lebih buruk juga kualitas analisis udara lingkungan. (Irianto Koes, 2014)

8.2.3 Metode Analisis Penilaian Para Ahli

Meminta pendapat para ahli atau ilmuwan yang ahli dibidang udara atau pencemar udara terkait dengan masalah pokok lingkungan yang sedang dikaji dalam pokok isu bahan pencemar udara yang merupakan suatu metode analisis para ahli bidang bahan pencemar udara dengan perbandingan beberapa pendapat dan temuan yang dikaji. Metode memperkirakan pendapat para ahli (disiplin terkait isu udara) pengalaman para ahli pada kasus tematik sesuai bidang keahlian di bidang pencemar udara. Penilaian memperkirakan ataupun menduga dampak yang akan terjadi dari suatu proses pencemar dengan kualitas bahan pencemar di udara.

Pencemar dapat terjadi pada suatu proses yang ditimbulkan oleh beberapa kegiatan suatu proyek yang berhubungan dengan pencemar, penurunan kualitas udara di sekitar lingkungan proyek yang berpengaruh dengan kesehatan manusia yang berada pada lokasi proyek, Analisis kasus ini dapat dilihat dengan kualitas udara yang dapat merubah keadaan di lingkungan, pendapat kepada para ahli ilmuwan dibidang udara dengan kesehatan masyarakat sangat diharapkan referensi pendapat dari parah ahli, keadaan dengan kejadian yang berdampak sangat kuat berpengaruh terhadap kesehatan masyarakat disekitar lokasi proyek, semakin tinginya

angka dampak akibat kualitas udara pada kesehatan masyarakat di sekitar kegiatan dampak pencemar di proyek. Kegiatan analisis kualitas udara dapat dilaksanakan secara diskusi formal terbuka yang dapat memperoleh argumentasi ilmiah sebagai faktor akibat kegiatan. (Rizal Reda, 2017)

8.3 Parameter Pencemaran Udara.

Data indeks parameter dasar pencemar udara yang dilakukan pemantauan pada kualitas udara secara otomatis untuk Indeks Standar Pencemar Udara (ISPU) terdi dari (Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan RI, 2020):

1. Partikulat (PM10)
2. Karbon Monoksida (CO)
3. Sulfur Dioksida (SO_2)
4. Nitrogen Dioksida (NO_2)
5. Ozon (O_3)

Perhitungan dan pelaporan informasi indeks standar pencemar udara ditetapkan Kepala Badan Pengendalian Dampak Lingkungan. Keputusan Kepala Badan Pengendalian Dampak Lingkungan diantaranya (Dewata Indang,dkk, 2018)(Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan RI, 2020)

Tabel 8.2 : Parameter Dasar ISPU dan Periode Waktu Pengukuran (Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup dan Kehutanan RI, 1995)

No	Parameter	Waktu Pengukuran dalam Periode rata-rata
1.	Partikel PM_{10}	24 jam
2.	Sulfur Dioksida (SO_2)	24 jam
3.	Karbon Monoksida (CO)	8 jam
4.	Ozon (O_3)	1 jam
5.	Nitrogen Dioksida (NO_2)	1 jam

Pengukuran kontinyu dilihat pada rata-rata tertinggi pada waktu posisi tahapan pengukuran, disampaikan setiap saat kepada masyarakat setiap 24 jam dari data rata-rata sebelumnya (24 jam sebelumnya) (Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan RI, 2020)

Tabel 8.3 : Indeks Standar Analisis Pencemar Udara (Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan RI, 2020)

ISPU	**Analisis Pencemar pada Level**	**Status Warna**	**Dampak Kesehatan**
0-50	Baik	Hijau	Tidak memberikan dampak bagi manusia atau hewan, tumbuhan
51-100	Sedang	Biru	Tingkat kualitas udara diterima pada kesehatan kelompok sensitif kurangi aktivitas fisik, tumbuhan berpengaruh
101-	Tidak sehat	Kuning	Bersifat merugikan dan

ISPU	Analisis Pencemar pada Level	Status Warna	Dampak Kesehatan
200			hewan, kerusakan tumbuhan, nilai estetika
201-300	Sangat Tidak Sehat	Merah	Udara merugikan, populasi terpapar
>300	Berbahaya	Hitam	Analisis merugikan populasi (iritasi mata, batuk, dahak dan sakit tenggorokan) perlu penanganan cepat

Tabel 8.4 : Analisis Parameter Carbon Monoksida (CO) (Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan RI, 2020)

Kategori	Rentang ISPU	Dampak (Pengaruh)
Baik	0-50	Tidak ada efek
Sedang	51-100	Perubahan kimia darah yang tidak terdeteksi
Tidak Sehat	101-200	Gejala cardiovasculer pada perokok jantung berpengaruh.
Sangat Tidak Sehat	201-300	Gejala cardiovasculer, tidak perokok penderita jantung
Berbahaya	>300	Berbahaya populasi yang terpapar

Tabel 8.5 : Indeks Standar Analisis Parameter Nitrogen (NO_2)
(Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan RI, 2020)

Kategori	**Rentang ISPU**	**Dampak (Pengaruh)**
Baik	0-50	Sedikit Berbau
Sedang	51-100	Berbau
Tidak Sehat	101-200	Tidak terdeteksi adanya bau, kehilangan warna, reaktivitas tenggorokan penderita asma
Sangat Tidak Sehat	201-300	Sendivitas, berpenyakit asma dan bronkitis meningkat.
Berbahaya	>300	Populasi yang terpapar sangat berbahaya

Tabel 8.6 : Indeks Standar Analisis Parameter Ozone (O_3)
(Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan RI, 2020)

Kategori	**Rentang ISPU**	**Dampak (Pengaruh)**
Baik	0-50	Tumbuhan kombinasi SO_2 terjadi luka (selama 4 jam)
Sedang	51-100	Tumbuhan dari beberapa species terjadi luka
Tidak Sehat	101-200	Atlit yang berlatih keras penurunan kesehatan
Sangat Tidak Sehat	201-300	Parup-paru kronis terjadi pada olah ragawan
Berbahaya	>300	Berbahaya bagi semua populasi yang terpapar

Tabel 8.7 : Indeks Standar Analisis Parameter Sulfur Dioksida (SO_2) (Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan RI, 2020)

Kategori	Rentang ISPU	Dampak (Pengaruh)
Baik	0-50	Kombinasi dengan O_3 terjadi luka pada tumbuhan (selama 4 jam)
Sedang	51-100	Terjadi Tumbuhan yang luka
Tidak Sehat	101-200	Bau yang terdeteksi
Sangat Tidak Sehat	201-300	Senditivitas pasien asma dan bronkitis berbahaya
Berbahaya	>300	berbahaya bagi semua populasi yang terpapar

8.4 Standar Analisis Kualitas Udara

Tahap awal memahami dampak negative pencemar udara terhadap lingkungan adalah analisis kualitas udara. Udara ambien ditentukan oleh kuantitas emisi cemaran dari sumber cemaran dan proses transportasi, konversi dan penghilangan cemaran di atmosfer. Bahan pencemar (polutan) udara berupa polutan primer dan polutan sekunder. (Kurniawan Agung, 2019)

1. Polutan primer: Kimia bersifat polutan yang masuk ke udara alamiah dengan tingkat konsentrasi berbahaya SO_2, NO, NO_2, CO dan bahan partikulat (debu dan jelaga).
2. Polutan sekunder: Reaksi kimia dengan komponen kimia di udara bebas, Asam Sulfat (H_2SO_4) menjadi hujan asam dengan reaksi:
   a. $SO_4 + H_2$ H_2SO_3
   b. $H_2SO_3 + ½\ O_2$ H_2SO_4 (hujan asam), atau reaksi berikut:
   c. $SO_2 + O$ $SO_3 + H_2O$ H_2SO_4 (hujan Asam)

d. Sinar matahari + Hidrokarbon + NO_2 (emisi kendaraan bermotor) sumber dari kendaraan bermotor dan dalam keadaan hujan.

3. Polutan sekunder berupa Asam Nitrat (HNO_3): Reaksi kimia yang terjadi pada saat zat pencemar NO_2 menjadi hujan asam (Asam Nitrat) adalah sebagai berikut:
   a. $NO_2 + OH = HNO_3$
   b. $NO_2 + O_3 = NO_3 + O_2$
   c. $NO_2 + NO_3 = N_2O_5$
   d. $N_2O_5 + H_2O = HNO_3$

   Reaksi saat hari hujan dimana air hujan bereaksi dengan asap knalpot membentuk asam nitrat dan asam sulfat (Rizal Reda, 2017).

Kegiatan manusia sebagai bahan pencemar (lalu lintas berupa kendaraan bermotor sebagai sarana transportasi, alat industri dan proses rumah tangga setiap harinya). Bahan pencemar pembakaran dan transformasi energi potensial menjadi energi kinetik, tidak efisien 1- Entropy, bensin, solar akan menghasilkan Entropy bentuk panas, bising, getaran dan pertikulat serta asap yang mengandung bahan pencemar. (Dewata Indang,dkk, 2018)

Kualitas udara ambien dapat menentukan suatu kejadian yang bermuara pada dampak negatif pencemaran. Baku mutu udara yang merupakan suatu pencemar yang ada diudara ambien ukuran batas kadar zat, energi atau unsur pencemar yang ditenggang dalam udara ambien. (Peraturan Pemerintah No.41 Tahun 1999). (Peraturan Pemerintah Presiden RI, 1999)

8.3.1 Parameter dan Baku Mutu Udara di Lingkungan

Indeks standar kualitas udara resmi di Indonesia adalah Indeks Standar Pencemar Udara (ISPU). Penetapan ISPU mempertimbangkan tingkat mutu udara terhadap kesehatan manusia, hewan, tumbuhan, bangunan dan nilai estetika. (Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup , 1997)

Indeks Standar Pencemar Udara diperoleh dari pengoperasian Stasiun Pemantauan Kualitas Udara ambien Otomatis. Udara ambien di atmosfer, aktivitas manusia, kejadian alamiah bencana, aktivitas akan selalu menghasilkan sampah, kembali ke dalam sistem atmosfer yang dapat berpengaruh terhadap lingkungan. Nilai ISPU yang dihitung secara otomatis tidak memiliki satuan, angka absolut pada nilai ISPU menggambarkan kondisi kualitas udara ambien di suatu lokasi. Penetapan kriteria ISPU didasarkan nilai estetika, dampak lingkungan dan perubahan makhluk hidup lainnya. Perhitungan, pelaporan dan informasi ISPU yang ditetapkan oleh Kepala Badan Pengendalian Dampak Lingkungan, yaitu Keputusan Kepala Badan Pengendalian Dampak Lingkungan. (Keputusan Kepala Badan Pengendalian Dampak Lingkungan, 1997)

Tabel 8.8 : Parameter Baku Mutu Udara Ambien dan Tingkat Kebauan (Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan RI, 2020) (Rizal Reda, 2017) (Keputusan Kepala Badan Pengendalian Dampak Lingkungan, 1997)

No	Parameter	Waktu	Baku Mutu	Metode Analisis	Metode
		Pengukuran		Peralatan	SNI
1	Sulfur Dioksida (SO_2)	1 Jam	900 µg/Nm^3	Pararosanalin/Spektrofotometer	SNI 19-7119.7-2005
		24 Jam	365 µg/Nm^3		
		1 Tahun	60 µg/Nm^3		
2.	Karbon Monoksida	1 Jam	30.000 µg/Nm	NDIR/ NDIR	SNI 19-7117.10-2005

No	Parameter	Waktu Pengukuran	Baku Mutu	Metode Analisis Peralatan	Metode SNI
	(CO)		3	Analyser/ Spektrofotometer	
		24 Jam	10.000 µg/Nm3		
3.	Nitrogen Dioksida (NO_2)	1 Jam	400 µg/Nm3	Saltzman/ Spektrofotometer	SNI 19-7119.2-2005
		24 Jam	150 µg/Nm3		
		1 Tahun	100 µg/Nm3		
4.	Oksidan (O_3)	1 Jam	235 µg/Nm3	Chemiluminescent/ Spektrofotometer	SNI 19-7119. 8-2005
		2 jam	160 µg/Nm3		
5.	Hidrokarbon (HK)	I Jam	400 µg/Nm3	Flame Ionization / Gas Chromatografi	SNI 19-7119. 13-2009
		24 Jam	150 µg/Nm3		
		1 Tahun	100 µg/Nm3		
6.	Debu (TSP)	24 Jam	100 µg/Nm3	Gravimetrik/Hi-Vol	SNI 19-7119. 3-2005
7.	PM_{10}	24	150	Gravimetr	SNI 19-7119. 3-

No	Parameter	Waktu Pengukuran	Baku Mutu	Metode Analisis Peralatan	Metode SNI
		Jam	µg/Nm^3	ik/Hi-Vol	2005
8.	Timbal	24 Jam	2 µg/Nm^3	-	SNI 19-7119. 4-2005
9.	Amonia (NH_3)	-	2 ppm	-	SNI 19-7119. 1-2005
10.	Hidrogen Sulfida (H_2S)	-	0,02 ppm	-	Method of Air Sampling & Analysis 3rded.part 2.701

Opasitas merupakan tingkat ketidaktembusan cahaya matahari dari gas pembakaran pada emisi sumber tidak bergerak. Opasitas bahan pencemar yang ada di lingkungan udara sebagai indikator dilingkungan yang praktis dalam pemantauan dan dikembangkan dalam hubungan korelatif pada pengamatan total partikel.

Tabel 8.9 : Parameter Baku Mutu Udara Emisi Cerobong Asap (Keputusan Kepala Badan Pengendalian Dampak Lingkungan, 1997)

No	**Parameter**	**Baku Mutu *)**	**Metode**
1.	Partikulat	230 µg/Nm^3	SNI 19.7117.12-2005
2.	Sulfur Dioksida (SO_2)**)	750 µg/Nm^3	22.9/IK/UETB-O
3.	Nitrogen Oksida ditentukan sebagai NO_2**)	825 µg/Nm^3	22.9/IK/UETB-O
4.	Opasitas	20 %	SNI 19-7117.11-2005

Tabel 8.10 : Parameter Baku Mutu Udara Emisi untuk Industri Besi dan Baja (Keputusan Kepala Badan Pengendalian Dampak Lingkungan, 1997)

NO.	Sumber	Total Parameter	Batas Maksimum (mg/m^3)
1.	Penanganan Bahan Baku (Raw Material Handing)	Partikel	600
2.	Tanur Oksigen Basa (Basic Oxygen Furmace)	Partikel	6000
3.	Tanur busur listrik (Electric Are furmace)	Partikel	600
4.	Dapur pemanas (Releating furmace)	Partikel	600
5.	Dapur proses pelunakan baja (Annealing furnace)	Partikel	600
6.	Proses celup lapis metal (Acid picking dan regeneration)	Partikel	600
		Hydrochlorie acid fumes (HCL)	10
7.	Tenaga ketel uap (power boiler)	Partikel	400
		Sulfur Dioksida (SO_3)	1200
		Nitrogen Oksida (NO_3)	1400
8.	Semua Sumber	Opasitas	40 %

Tabel 8.11 : Parameter Baku Mutu Udara Emisi untuk Industri Pulp dan Kertas (Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup dan Kehutanan RI, 1995)

NO	Sumber	Total Parameter	Batas Maksimum (mg/m^3)
1.	Tungku Recovery (Recovery Furmace)	Partikel	400
		Sulfur tereduksi (Total reduced sulphur-TRS)	20
2.	Tanur putar pembakaran kapur (lime klin)	Partikel	400
		Sulfur tereduksi (Total reduced sulphur-TRS)	40
3.	Tangki pelarutan lelehan (Smeil disolving tank)	Partikel	400
		Total Sulfur tereduksi (Total reduced sulphur-TRS)	40
4.	Digester	Total Sulfur tereduksi (Total reduced sulphur-TRS)	14
5.	Unit pemutihan (Bleach plant)	Khlorin (CI_2)	15
		Khlorin dioksida (CIO_3)	130
6.	Tenaga ketel uap (Power boiler)	Tatal partikel	400
		Sulfur Dioksida (SO_2)	1200
		Nitrogen Oksida (NO_2)	1400
7.	Semua Sumber	Opasitas	40%

Tabel 8.12 : Parameter Baku Mutu Udara Emisi Kegiatan PLTU Menggunakan Bahan Bakar Batubara (Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup dan Kehutanan RI, 1995)

No	Parameter	**Batas Maksimum (mg/m^3)**
1.	Total Partikel	300
2.	Sulfur Dioksida (SO_2)	1500
3.	Nitrogen Oksida (NO_2)	1700
4.	Opasitas	40%

Tabel 8.13 : Parameter Baku Mutu Udara Emisi untuk Industri Semen. (Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup dan Kehutanan RI, 1995)

NO	**Sumber**	**Parameter**	**Batas Maksimum (mg/m3)**
1.	Tungku recovery (Kilns)	Total Partikel	150
		Sulfur Dioksida (SO2)	1500
		Nitrogen Oksida (NO2)	1800
		Opasitas	35%
2.	Pendingin terak (Cinker coolers)	Total Partikel	150
3.	Milling, Grinding, Alat pengangkut, Conveying, Pengepakan (bagging)	Total Partikel	150
4.	Tenaga ketel uap (power boiler)	Total Partikel	400
		Sulfur Dioksida (SO2)	1200
		Nitrogen Oksida (NO2)	1400

DAFTAR PUSTAKA

Dewata Indang,dkk. 2018. *Pencemaran Lingkungan.* Depok: PT Raja Grafindo.

Irianto Koes. 2014. *Ilmu Kesehatan Masyarakat.* Bandung: Alfabeta CV Bandung.

Keputusan Kepala Badan Pengendalian Dampak Lingkungan. 1997. *Keputusan Kepala Badan Pengendalian Dampak Lingkungan No. Kep-107/KABAPEDAL/11/1997 Tentang Pedoman Teknis Perhitungan dan Pelaporan Serta Informasi Indeks Standar Pencemar Udara.* Jakarta: Badan Pengendalian Dampak Lingkungan RI.

Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup. 1997. *Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup No. 45 Tahun 1997 Tentang Indeks Standar Pencemaran Udara.* Jakarta: Menteri Negara Lingkungan Hidup.

Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup dan Kehutanan RI. 1995. *Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan RI Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor Kep 13/MENLHK/3/1995 Tentang Baku Mutu Emisi Sumber Tidak Bergerak , Menteri Negara Lingkungan Hidup.* Jakarta: Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan RI.

Kurniawan Agung. 2019. *Dasar-Dasar Analisis Kualitas Lingkungan.* Malang: Wineka Media.

Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan RI. 2020. *Peraturan Lingkungan Hidup dan Kehutanan RI Nomor P 14/MENLHK/Setjen/KUM 1/7/2020 Tentang Indeks Standar Pencemar Udara .* Jakarta: Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan RI.

Peraturan Pemerintah Presiden RI. 1999. *Peraturan Pemerintah RI Nomor 41 Tahun 1999 Tentang Pengendalian encemaran Udara.* Jakarta: Kementrian RI.

Peraturan Pemerintah RI Nomor 27. 2020. *Pengelolaan Sampah Spesifik.* Jakarta: Kementrian Lingkungan Hidup dan kehutan RI.

Puspawati Catur. 2019. *Kesehatan Lingkungan Teori dan aplikasi.* Jakarta: Buku Kedokteran EGC.

Rizal Reda. 2017. *Analisis Kualitas Lingkungan.* Jakarta: Lembaga Penelitian dan Pengabdian Masyarakat Universitas Pembangunan Nasional Veteran.

Soemarwoto Otto. 2014. *Analisis Mengenai Dampak Lingkungan.* Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.

Soemirat Juli. 2014. *Kesehatan Lingkungan.* Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.

Sumantri Arif. 2017. *Kesehatan Lingkungan Edisi Keempat.* Jakarta: Kencana.

Wijana Nyoman. 2014. *Ilmu Lingkungan Edisi 2.* Yogyakarta: Graha Ilmu, Ruko Jambusari 7A Yogyakarta.

BIODATA PENULIS

Prof. Dr. Ir. Nurlita Pertiwi, M.T
Guru Besar dalam Bidang Pengelolaan Sumber Daya Alam dan Lingkungan Hidup Universitas Negeri Makassar

Penulis lahir di Palembang tanggal 02 April 1969. Penulis adalah guru besar di bidang Pengelolaan Sumber Daya Alam dan Lingkungan dan bertugas sebagai dosen tetap pada Doktoral Pendidikan Kependudukan dan Lingkungan Hidup Program Pascasarjana Universitas Negeri Makassar. Penulis menyelesaikan pendidikan S1 pada Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin. Selanjutnya pendidikan magister diselesaikan pada program studi Teknik Sipil Program Pasca Sarjana Universitas Hasanuddin. Penulis menyelesaikan Pendidikan Doktor pada Program StudiPengelolaan Sumber Daya Alam dan Lingkungan pada Sekolah Pasca Sarjana Institut Pertanian Bogor pada tahun 2011.Penulis telah menulis menerbitkan puluhan artikel pada jurnal nasional dan internasional serta telah menulis beberapa buku referensi diantaranya adalah Implementasi Sustainable Development di Indonesia, Beton Ramah Lingkungan dan Ilmu Bahan Bangunan.

BIODATA PENULIS

Dr. Tarzan Purnomo, M.Si.
Dosen Program Studi Biologi Jurusan Biologi
Fakultas MIPA Universitas Negeri Surabaya

Dr. Tarzan Purnomo, M.Si., lahir di Mojokerto, Jawa Timur tanggal 5 Mei 1965. Penulis adalah dosen tetap pada Program Studi Biologi, Jurusan Biologi Fakultas MIPA, Universitas Negeri Surabaya sejak 1992. Menyelesaikan pendidikan S1 pada Jurusan Pendidikan Biologi FPMIPA IKIP Surabaya (1991), S2 Program Studi Biologi, Program Pascasarjana Universitas Gadjah Mada Yogyakarta (1998), dan Program Doktor (S3) Lingkungan Pesisir dan Lautan, Program Pascasarjana Universitas Brawijaya Malang (2011). Mengikuti *Postdoctoral Programe* Marine Ecology di Victoria University of Wellington, New Zealand (2013). Penulis menekuni bidang Ekologi, Biologi Perairan, Ekologi Perairan, Ekologi Laut, Ilmu Lingkungan, Konservasi Sumber Daya Alam, Manajemen Ekosistem Perairan, serta Ekologi Pesisir dan Kelautan.

BIODATA PENULIS

Gaspar Bao Balabuana, S.Si., M.Sc
Dosen Program Studi Teknik Lingkungan
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan (FTSP)
Universitas Sains dan Teknologi Jayapura

Penulis lahir di Maumere tanggal 12 Juli 1982. Penulis adalah dosen tetap pada Program Studi Teknik Lingkungan – Universitas Sains dan Teknologi Jayapura. Menyelesaikan pendidikan S1 pada Jurusan Kimia – Universitas Gadjah Mada Yogyakarta dan melanjutkan S2 pada Jurusan Ilmu Kimia Universitas Gadjah Mada Yogyakarta. Penulis memiliki pengalaman riset di bidang kimia material dan lingkungan. Adapun penulis pernah menjadi *poster presenter* pada 4th *Young Chemist Conference* di USM Penang, Malaysia, 2013.

BIODATA PENULIS

Dr. Rahmawati, S. Si, M. Kes.
Dosen Tetap Program Studi D3 Teknologi Laboratorium Medis (TLM) Politeknik Kesehatan Muhammadiyah Makassar

Penulis lahir di Desa Kasiwiang Kecamatan Suli Kabupaten Luwu pada tanggal 12 April 1980, merupakan anak kedua dari dua bersaudara dari pasangan Abd. Muis dan Rapidah Hasan. Penulis adalah dosen tetap yayasan pada Program Studi D3 Teknologi Laboratorium Medis (TLM) Politeknik Kesehatan Muhammadiyah Makassar. Menyelesaikan pendidikan sekolah dasar di SD Negeri 20 Cimpu Kecamatan Suli Kabupaten Luwu pada tahun 1992. Pada tahun 1995 telah menyelesaikan pendidikan sekolah menengah pertama pada SMP Negeri 2 Kabupaten Takalar. Kemudian pada tahun 1998 menyelesaikan pendidikan sekolah menengah atas pada Sekolah Menengah Farmasi (SMF) Depkes Ujungpandang, Makassar.

Penulis menyelesaikan pendidikan S1 pada Jurusan Kimia Fakultas MIPA Universitas Hasanuddin pada tahun 2003. Pada tahun 2004 melanjutkan S2 pada Jurusan Kesehatan

Lingkungan Fakultas Kesehatan Masyarakat (FKM) Universitas Hasanuddin dan berhasil menyelesaikan studi pada tahun 2006. Kemudian pada tahun 2013 melanjutkan S3 pada jurusan Ilmu Kimia Fakultas MIPA Universitas Hasanuddin dan berhasil meraih gelar Doktor pada tahun 2018. Penulis menekuni bidang ilmu kimia analitik dan biokimia serta toksikologi klinik.

BIODATA PENULIS

Lukman Baihaqi Alfakihuddin, M.S.
Dosen di Universitas Sampoerna dan juga dosen di Broward College Florida Amerika Serikat

Muhammad Lukman Baihaqi Alfakihuddin lahir di Mojokerto. Penulis adalah dosen di Universitas Sampoerna. Selain itu, penulis juga dosen di Broward College Florida Amerika Serikat sejak tahun 2021. Sebelumnya pada tahun 2020, penulis aktif di Atlas Corps sebagai mentor untuk beberapa akademisi di Indonesia. Penulis menyelesaikan pendidikan S1 di Universitas Islam Negeri Malang dan melanjutkan S2 di Florida Institute of Technology. Sebelum bergabung dengan Universitas Sampoerna, penulis adalah fellow pada Climate Cornell University Fellow pada tahun 2020. Selain itu, penulis juga seorang tergabung dalam asosiasi peneliti di Cornell University pada tahun 2015 -2018.

BIODATA PENULIS

Ali Makmur
Dosen PSDKU Gayo Lues Fakultas Pertanian Universitas Syiah Kuala

Ali Makmur Lahir di Kecamatan Rikit Gaib Kabupaten Aceh Tenggara Provinsi Aceh pada Tanggal 29 April 1992, merupakan anak pertama dari empat bersaudara dari pasangan Ayahanda M. Yunus dan Ibunda Samiati. Pada tahun 1998 penulis memulai pendidikan formal di SD Negeri 1 Seneren dan melanjutkan ke SMP Negeri 1 Rikit Gaib pada tahun 2004, pada tahun 2007 penulis melanjutkan ke SMK Negeri 1 Gayo Lues dan lulus pada tahun 2010. Pada tahun 2010 penulis melanjutkan ke Program Studi Diploma III Budidaya Peternakan Fakultas Pertanian Universitas Syiah Kuala dan lulus pada tahun 2013. Kemudian pada tahun yang sama penulis melajutkan kembali studi S1 di Jurusan Peternakan Fakultas Pertanian Universitas Syiah Kuala. Pada tahun 2015 penulis diterima sebagai karyawan pembantu Laboratorium Bahan Pakan Nutrisi Ternak sampai 2017. Pada tahun 2016 penulis melajutkan kembali studi S2 Program Magister Kesehatan Masyarakat Veteriner Fakultas Kedokteran Hewan Universitas Syiah Kuala dan Pada tahun 2020 .Penulis di percaya menjadi salah

satu dosen PSDKU Gayo Lues Fakultas Pertanian Universitas Syiah Kuala.

BIODATA PENULIS

Edwina Rudyarti, S.Si., M.Sc
Dosen Keselamatan dan Kesehatan Kerja Universitas Medika Suherman

Penulis lahir di Magelang pada tanggal 05 April 1990. Penulis merupakan dosen tetap di Program Studi Sarjana Terapan Keselamatan dan Kesehatan Kerja, Fakulta Ilmu Vokasi, Universitas Medika Suherman, dengan menyelesaikan Pendidikan terakhir yaitu Magister Ilmu Kesehatan Kerja Fakultas Kedokteran Universitas Gadjah Mada dengan predikat Cumloude pada tahun 2015. Penulis merupakan dosen dengan Jabatan Fungsional AA dan sedang proses ke Lektor dengan memiliki tugas tambahan sebagai ketua program studi dan juga aktif dalam Unit Publikasi dan Sentra HKI di Fakultas, saat ini selain mengajar penulis juga berkontribusi aktif dalam berbagai kegiatan penelitian dan pengabdian masyarakat dengan fokus bidang Keselamatan dan Kesehatan Kerja, dan sudah menghasilkan lebih dari 14 Publikasi baik Nasional maupun Internasional. Penulis pernah mendapatkan 3 kali hibah Penelitian Dosen Pemula dari Kemenristek Dikti, dan pernah mendapatkan penghargaan sebagai Paper terbaik, Pemakalah terbaik, dan lomba poster terbaik di dalam ajang Seminar Nasional, saat ini penulis sedang fokus kepada buku

terbitan terkait Keselamatan dan Kesehatan Kerja. Email Penulis : edwina@medikasuherman.ac.id

BIODATA PENULIS

Jernita Sinaga, SKM.MPH
Dosen Poltekkes Kemenkes Medan
Jurusan Kesehatan Lingkungan

Jernita Sinaga, SKM.MPH, Lahir di Hutabayu Marubun, pada tanggal 08 Juni 1974. Tahun 2004 bergabung di Poltekkes Kemenkes Medan pada Jurusan Kesehatan Lingkungan dan Dosen Tetap pada tahun 2017 pada Politeknik Kesehatan Kementerian Medan Jurusan Kesehatan Lingkungan Menyelesaikan pendidikan Sarjana muda (1997) di Akademik Kesehatan Lingkungan meraih gelar (AMKL) dan Sarjana Kesehatan Masyarakat (2011) dengan ilmu minat Jurusan Kesehatan Lingkungan pada Universitas Sumatera Utara dengan gelar (SKM). Gelar *Master of Public Health* (MPH) diperoleh dari Program Studi Ilmu Kesehatan Masyarakat pada Fakultas Kedokteran Universitas Gadjah Mada Yogyakarta pada tanggal 19 Juli 2017, dengan Ilmu Kesehatan Lingkungan. Disiplin ilmu yang disandang adalah Ilmu Kesehatan Lingkungan.