



PENGANTAR PENCEMARAN UDARA

Marulam MT Simarmata • Asmuliani R • Octovianus SR Pasanda
Ismail Marzuki • David Soputra • Fuad Hilmi Sudasman
Erni Mohamad • Muhammad Syahrir • Siska Aprilia Hardiyanti
Mahyati • Triastuti • Rakhmad Armus



PENGANTAR PENCEMARAN UDARA

UU 28 tahun 2014 tentang Hak Cipta

Fungsi dan sifat hak cipta Pasal 4

Hak Cipta sebagaimana dimaksud dalam Pasal 3 huruf a merupakan hak eksklusif yang terdiri atas hak moral dan hak ekonomi.

Pembatasan Perbuatan Pasal 26

Konten sebagaimana dimaksud dalam Pasal 21, Pasal 24, dan Pasal 25 tidak berlaku terhadap:

- penggunaan tulisan singkat Ciptaan dan/atau produk Hak Terkait untuk pelaporan peristiwa aktual yang ditujukan hanya untuk keperluan penyediaan informasi aktual;
- Penggunaan Ciptaan dan/atau produk Hak Terkait hanya untuk kepentingan penelitian ilmu pengetahuan;
- Penggunaan Ciptaan dan/atau produk Hak Terkait hanya untuk keperluan pengajaran, kecuali pertunjukan dan Fonogram yang telah dilakukan Pengumuman sebagai bahan ajar; dan
- penggunaan untuk kepentingan pendidikan dan pengembangan ilmu pengetahuan yang memungkinkan suatu Ciptaan dan/atau produk Hak Terkait dapat digunakan tanpa izin Pelaku Pertunjukan, Produser Fonogram, atau Lembaga Penyiaran.

Taksa Pelanggaran Pasal 113

- Setiap Orang yang dengan sengaja hak dan/atau tanpa izin Pencipta atau pemegang Hak Cipta melakukan pelanggaran hak ekonomi Pencipta sebagaimana dimaksud dalam Pasal 9 ayat (1) huruf a, huruf b, huruf c, dan/atau huruf h untuk Penggunaan Secara Komersial dipidana dengan pidana penjara paling lama 3 (tiga) tahun dan/atau pidana denda paling banyak Rp500.000.000,00 (lima ratus juta rupiah);
- Setiap Orang yang dengan sengaja hak dan/atau tanpa izin Pencipta atau pemegang Hak Cipta melakukan pelanggaran hak ekonomi Pencipta sebagaimana dimaksud dalam Pasal 9 ayat (1) huruf a, huruf b, huruf c, dan/atau huruf g untuk Penggunaan Secara Komersial dipidana dengan pidana penjara paling lama 4 (empat) tahun dan/atau pidana denda paling banyak Rp1.000.000.000,00 (satu miliar rupiah).

Pengantar Pencemaran Udara

Marulam MT Simarmata, Asmuliani R., Octovianus SR Pasanda
Ismail Marzuki, David Soputra, Fuad Hilmi Sudasman
Erni Mohamad, Muhammad Syahrir, Siska Aprilia Hardiyanti
Mahyati, Triastuti, Rakhmad Armus



Penerbit Yayasan Kita Menulis

Pengantar Pencemaran Udara

Copyright © Yayasan Kita Menulis, 2022

Penulis:

Marulam MT Simarmata, Asmuliani R, Octovianus SR Pasanda
Ismail Marzuki, David Soputra, Fuad Hilmi Sudasman
Emi Mohamad, Muhammad Syahrir, Siska Aprilia Hardiyanti
Mahyati, Triastuti, Rakhmad Armus

Editor: Matias Julyus Fika Sirait

Desain Sampul: Devy Dian Pratama, S.Kom.

Penerbit

Yayasan Kita Menulis

Web: kitamenulis.id

e-mail: press@kitamenulis.id

WA: 0821-6453-7176

IKAPI: 044/SUT/2021

Marulam MT Simarmata., dkk.

Pengantar Pencemaran Udara

Yayasan Kita Menulis, 2022

xiv, 198 hlm; 16 x 23 cm

ISBN: 978-623-342-544-5

Cetakan 1, Juli 2022

I. Pengantar Pencemaran Udara

II. Yayasan Kita Menulis

Katalog Dalam Terbitan

Hak cipta dilindungi undang-undang

Dilarang memperbanyak maupun mengedarkan buku tanpa

izin tertulis dari penerbit maupun penulis

Kata Pengantar

Puji Syukur dan terimakasih bagi Tuhan Yang Maha Kuasa atas berkat dan karuniaNya yang dilimpahkanNya, sehingga kami penulis dapat menyelesaikan buku yang berjudul Pengantar Pencemaran Udara.

Udara merupakan campuran berbagai gas yang tidak berwarna dan tidak berbau yang memenuhi ruang di atas bumi seperti yang dihirup makhluk hidup apabila bernapas. Udara memiliki nilai yang sangat penting di dalam kehidupan makhluk hidup dan keberadaan benda-benda lainnya. Sehingga udara merupakan sumber daya alam yang harus dilindungi untuk hidup dan kehidupan manusia dan makhluk hidup lainnya. Hal ini berarti bahwa pemanfaatannya harus dilakukan secara bijaksana dengan memperhitungkan kepentingan generasi sekarang dan yang akan datang. Untuk mendapatkan udara sesuai dengan tingkat kualitas yang diinginkan maka pengendalian pencemaran udara menjadi sangat penting untuk dilakukan.

Pencemaran udara merupakan epidemi yang terkait pada polusi terburuk di dunia dan menyebabkan sekitar tujuh juta kematian setiap tahun. Pencemaran udara tidak fenomena baru. Faktanya, pencemaran itu telah menjadi masalah sejak kemunculan nenek moyang kita. Meningkatnya populasi manusia telah membuka pintu bagi lebih banyak bakteri dan penyakit. Paparan konstan ke lingkungan yang tercemar secara substansial mengakibatkan peningkatan risiko terhadap masalah kesehatan dan kematian dini.

Buku ini membahas tentang :

Bab 1 Sejarah dan Definisi Pencemaran Udara

Bab 2 Gas-Gas Pencemaran Udara

Bab 3 Atmosfir Bumi Dan Masalah Pencemaran Udara

Bab 4 Polutan Udara dan Sumber Pencemarannya, (Gas dan Partikulat)

Bab 5 Efek Pencemaran Udara Pada Kesehatan Dan Kesejahteraan Manusia

Bab 6 Efek Pencemaran Udara pada Tanaman, Hewan dan Material

Bab 7 Efek Pencemaran Udara Terhadap Atmosfer, Tanah dan Badan

Air, Climate Change, Ozone Holes

Bab 8 Meteorologi Pencemaran Udara

Bab 9 Pemodelan Pencemaran Udara

Bab 10 Peraturan dan Standar Pencemaran Udara

Bab 11 Fungsi Cerobong pada Pengendalian Pencemaran Udara

Bab 12 Pembangkit Listrik Gas dan Batubara

Buku yang disusun secara berkolaborasi oleh para sivitas, yang berasal dari berbagai perguruan tinggi baik negeri maupun swasta merupakan implementasi atas Tri Dharma Perguruan Tinggi. Berkat dukungan moral dan material dari berbagai pihak sangatlah membantu tersusunnya buku ini.

Penulis sungguh menyadari jika di dalam penyusunan buku ini masih terdapat kekurangan, akan tetapi penulis meyakini sepenuhnya bahwa sekecil apapun kontribusi buku ini, semoga tetap akan memberikan sebuah manfaat bagi para pembaca. Akhir kata, kami mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah berperan serta dalam penyusunan buku ini. Penulis juga berterimakasih kepada Pimpinan Penerbit Kita Menulis yang telah berkenan menerbitkan buku ini.

Semoga Tuhan yang Maha Kuasa, senantiasa memberkati segala usaha kita. Amin

Medan, Juni 2022

Penulis

Marulam MT Simarmata, dkk

Daftar Isi

Kata Pengantar	v
Daftar Isi	vii
Daftar Gambar	xi
Daftar Tabel.....	xiii
Bab 1 Sejarah dan Definisi Pencemaran Udara	
1.1 Pendahuluan.....	1
1.2 Sejarah Pencemaran Udara	3
1.3 Definisi Pencemaran	11
Bab 2 Gas-Gas Pencemaran Udara	
2.1 Karbon.....	13
2.2 Sulfur	17
2.3 Nitrogen.....	19
2.4 Hidrokarbon	23
Bab 3 Atmosfir Bumi Dan Masalah Pencemaran Udara	
3.1 Pendahuluan.....	27
3.2 Sumber-Sumber Polusi Udara.....	28
3.3 Efek Polusi Pada Manusia Dan Lingkungan.....	31
3.4 Pemanasan Global	33
3.5 Struktur Atmosfer	34
3.6 Dampak Ozon di Atmosfer	36
3.7 Polusi Udara Dan Masalah Global.....	38
Bab 4 Polutan Udara dan Sumber Pencemarannya, (Gas dan Partikulat)	
4.1 Polutan Udara, Sebuah Pengantar	43
4.2 Sumber Polusi Udara.....	45
4.2.1 Sumber Alami.....	46
4.2.2 Sumber Buatan	48
4.3 Penyebab Pencemaran Udara	51
4.4 Partikulat Udara	54
4.4.1 Partikulat Udara, sebuah pengantar.....	54
4.4.2 Konsentrasi Partikulat Udara (PM2.5).....	55

4.4.3 Standar Pencemaran Udara.....	56
4.4.4 Jenis-jenis partikulat udara.....	57
4.4.5 Sifat Partikulat udara	58
4.4.6 Bahaya Partikulat.....	59
4.4.7 Partikulat Mikroplastik di Udara	60
4.4.8 Ancaman Mikroplastik di Udara	61
4.5 Dampak Pendemaran Udara.....	62

Bab 5 Efek Pencemaran Udara Pada Kesehatan Dan Kesejahteraan Manusia

5.1 Pendahuluan.....	65
5.2 Sumber-sumber Pencemaran Udara.....	66
5.3 Karbon Monoksida (CO).....	67
5.4 Karbon dioksida (CO ₂).....	69
5.4.1 Efek Rumah Kaca.....	70
5.5 Freon.....	72
5.6 Sulfur Oksida dan Nitrogen Oksida	73
5.7 Smog.....	76
5.8 Partikulat	77

Bab 6 Efek Pencemaran Udara pada Tanaman, Hewan dan Material

6.1 Pendahuluan.....	79
6.2 Efek Pencemaran Udara pada Ekosistem dan Biodiversitas.....	82
6.3 Efek pada Tanaman.....	86
6.4 Efek pada Hewan.....	89
6.5 Efek pada Material	91

Bab 7 Efek Pencemaran Udara Terhadap Atmosfer, Tanah dan Badan Air, Climate Change, Ozone Holes

7.1 Pendahuluan.....	93
7.2 Efek Pencemaran Udara Terhadap Atmosfir	94
7.3 Efek Pencemaran Udara Terhadap Tanah Dan Badan Air	96
7.4 Efek Pencemaran Udara Terhadap Climate Change	98
7.5 Efek Pencemaran Udara Terhadap Ozone Holes.....	100

Bab 8 Meteorologi Pencemaran Udara

8.1 Pengertian Meteorologi.....	103
8.2 Faktor - Faktor Meteorologi	105
8.2.1 Suhu	106

8.2.2 Kecepatan Angin.....	106
8.2.3 Tekanan Udara.....	106
8.2.4 Kelembaban.....	107
8.3 Pencemaran Udara.....	107
8.3.1 Timbal (Pb).....	108
8.3.2 Kromium (Cr).....	108
8.3.3 Seng (Zn).....	109
8.4 Peralatan Pengamatan Unsur Cuaca.....	109
 Bab 9 Pemodelan Pencemaran Udara	
9.1 Pendahuluan.....	117
9.2 Pencemaran Udara.....	117
9.3 Pemodelan.....	119
9.4 Pencemaran Udara dan Pemodelannya.....	120
9.4.1 Klasifikasi Model Pencemaran Udara.....	121
9.4.2 Tahapan Pemodelan Pencemaran Udara.....	123
9.4.3 Teknik Pemodelan Pencemaran Udara.....	124
 Bab 10 Peraturan dan Standar Pencemaran Udara	
10.1 Pendahuluan.....	129
10.2 Pencemaran Udara.....	130
10.2.1 Ruang Sistem Informasi Pengendalian Pencemaran dan Kerusakan Lingkungan.....	130
10.2.2 Indeks Standar Pencemar Udara (ISPU).....	131
10.3 Peraturan-Peraturan Yang Terkait Dengan Pencemaran Udara.....	136
10.4 Peraturan-Peraturan Yang Terkait Dengan Baku Mutu Udara.....	137
10.4.1 Baku Mutu Udara.....	138
10.5 Standar Pencemaran Udara.....	139
 Bab 11 Fungsi Cerobong pada Pengendalian Pencemaran Udara	
11.1 Pendahuluan.....	143
11.2 Perkembangan dan Penyebab Pencemaran Udara.....	145
11.2.1 Dampak Pencemaran Udara dan Pengendaliannya.....	147
11.2.2 Pengendalian dan Pencegahan Pencemaran Udara.....	148
11.3 Mengenal Cerobong Asap.....	150
11.3.1 Sejarah dan Perkembangan Cerobong Asap.....	150
11.3.2 Kriteria dan Tipe Cerobong Asap.....	151
11.3.3 Jenis dan Sumber Pencemaran Udara.....	154

Bab 10

Peraturan dan Standar Pencemaran Udara

10.1 Pendahuluan

Pengendalian pencemaran udara meliputi pengendalian dari usaha dan/atau kegiatan sumber bergerak, sumber bergerak spesifik, sumber tidak bergerak, dan sumber tidak bergerak spesifik yang dilakukan dengan upaya pengendalian sumber emisi dan/atau sumber gangguan yang bertujuan untuk mencegah turunnya mutu udara ambien sesuai pasal 2 permen RI No 41 tahun 1999.

Berdasarkan bab 1 pasal 1 No 22 tahun 2021 terkait mutu udara adalah ukuran kondisi udara pada waktu dan tempat tertentu yang diukur dan/atau diuji secara sistematis dan terpadu berdasarkan parameter dan metode tertentu untuk melakukan perlindungan dan pengelolaan mutu udara berdasarkan ketentuan peraturan perundang-undangan.

10.2 Pencemaran Udara

Definisi pencemar udara adalah zat, energi, dan/atau komponen lainnya yang menyebabkan terjadinya pencemaran udara. Pencemaran udara atau emisi adalah masuk atau dimasukkannya zat, energi, dan/atau komponen lainnya ke dalam udara ambien oleh kegiatan manusia sehingga melampaui baku mutu udara ambien yang telah ditetapkan atau mempunyai potensi pencemaran udara.

Adapun sumber pencemar udara adalah setiap kegiatan manusia yang mengeluarkan pencemar udara ke dalam udara ambien. Baku mutu udara ambien adalah nilai pencemar udara yang keberadaannya dalam udara ambien.

Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (KLHK) berkomitmen untuk memberikan informasi mutu udara yang tepat dan akurat kepada masyarakat dalam rangka upaya pengendalian pencemaran udara. KLHK terus meningkatnya jumlah stasiun pemantauan otomatis kontinu yang dimiliki yaitu kualitas udara sudah terpantau dari 500 titik pemantauan manual yang tersebar diseluruh kabupaten/kota, sedangkan pemantauan *real time* difokuskan pada daerah yang terdampak kebakaran lahan dan hutan serta daerah perkotaan yang terpapar pencemaran dari kendaraan bermotor dan industri. Saat ini sudah terpasang 26 stasiun pemantauan. Pada tahun 2024 stasiun pemantauan *real time* ini ditargetkan menjadi 165 stasiun.

10.2.1 Ruang Sistem Informasi Pengendalian Pencemaran dan Kerusakan Lingkungan

Ruang sistem informasi pengendalian pencemaran dan kerusakan lingkungan memiliki fungsi utama yaitu ruang pameran terhadap berbagai aktivitas dan capaian kinerja kegiatan Direktorat Jenderal Pengendalian Pencemaran dan Kerusakan Lingkungan (PPKL) dalam pemantauan kualitas lingkungan. Pada tahun 2024 ditargetkan 304 perusahaan melaporkan data limbahnya secara *real time* dan 195 perusahaan melaporkan emisinya secara *real time* (Anugrah, 2020).

Ruang sistem informasi pengendalian pencemaran dan kerusakan lingkungan maupun sistem informasi pendukungnya diharapkan akan mendorong peningkatan berbagai upaya penurunan beban pencemaran dan kerusakan lingkungan di daerah maupun secara nasional melalui pendekatan DPSIR (Drivers, Pressures, State, Impact and Response) dalam Status Lingkungan

Hidup Indonesia (SLHI) sebagai model untuk menganalisis dampak kegiatan masyarakat dari masyarakat, kebijakan -kebijakan yang mengatur aktivitas masyarakat terhadap lingkungan.

Sistem informasi untuk melengkapi informasi yang dimasukkan, maka semakin akurat prediksi yang dihasilkan dan semakin cepat para pemangku kepentingan dapat melakukan mitigasi dan beradaptasi terhadap perubahan lingkungan antara lain:

1. Sistem Pemantauan Kualitas Air Sungai Sungai secara real time (ONLIMO)
2. Sistem Pemantauan Kualitas Air Limbah Secara Terus Menerus dan Dalam Jaringan (SPARING) Sistem ini akan dikembangkan untuk mengintegrasikan laporan pengelolaan air limbah dan emisi secara real time melalui SPARING (Sistem Pemantauan Kualitas Air Limbah Industri)
3. Kualitas Udara Ambien (ISPU, Indeks Standar Polutan Udara) dan secara real time (AQMS, Air Quality Monitoring System)
4. Sistem Pemantauan Emisi Industri Secara Otomatis, Kontinu dan Terintegrasi Sistem Pemantauan Emisi Industri (SISPEK)
5. Sistem Pemantauan Tinggi Muka Air Tanah (TMAT) di lahan Gambut di berbagai lokasi di seluruh Indonesia (SiMATAG-0.4m, Sistem Informasi Muka Air Tanah Gambut)
6. Sistem Informasi Lahan Akses Terbuka (SILAT)
7. Sistem Informasi Kualitas Air Laut (SIKAL) dan
8. Sistem Pelaporan Elektronik Lingkungan Hidup (SIMPEL). Sistem pelaporan pengelolaan lingkungan dari industri telah diintegrasikan dalam SIMPEL (Sistem Pelaporan Elektronik dari Perusahaan). Saat ini 7.011 perusahaan telah mendaftar dan 4.096 perusahaan aktif melaporkan pelaksanaan pengelolaan lingkungannya melalui SIMPEL. (Anugrah, 2020)

10.2.2 Indeks Standar Pencemar Udara (ISPU)

ISPU (Indeks Standar Pencemar Udara) merupakan angka yang digunakan untuk menggambarkan kondisi mutu udara ambien di lokasi tertentu dan

didasarkan kepada dampak terhadap kesehatan manusia, nilai estetika dan makhluk hidup lainnya sebagai hasil pemantauan mutu udara dari stasiun pemantauan otomatis kontinu.

Penyusunan ISPU bertujuan untuk memberikan kemudahan dari keseragaman informasi mutu udara ambien kepada masyarakat di lokasi dan waktu tertentu serta sebagai bahan pertimbangan dalam melakukan upaya-upaya pengendalian pencemaran udara baik bagi pemerintah pusat maupun pemerintah daerah.

KLHK telah mengeluarkan dan memberlakukan peraturan menteri lingkungan hidup dan kehutanan nomor P.14/MENLHK/SETJEN/KUM.1/7/2020 tentang indeks standar pencemar udara yang menggantikan keputusan menteri lingkungan hidup No. 45/MENLH/10/1997 tentang perhitungan dan pelaporan serta informasi indeks standar pencemar udara, dan keputusan kepala badan pengendalian dampak lingkungan nomor 107 tahun 1997 tentang perhitungan dan pelaporan serta informasi indeks standar pencemar udara.

Pada peraturan No. 14 tahun 2020 tercantum bahwa perhitungan ISPU meliputi parameter terhadap kesehatan manusia yakni:

1. Partikulat (PM10)
2. Partikulat (PM2.5)
3. Karbon Monoksida (CO)
4. Nitrogen Dioksida (NO₂)
5. Sulfur Dioksida (SO₂)
6. Ozon (O₃)
7. Hidrokarbon (HC).

Adapun tahapan pelaksanaan ISPU adalah:

1. Perhitungan ISPU berdasarkan pemantauan dan konversi konsentrasi parameter menjadi nilai ISPU
2. Pelaporan berdasarkan peralatan SPKUA dan lokasi pemantauan
3. Publikasi.

Adapun peralatan SPKUA yang dapat digunakan adalah:

1. Alat pemantau kualitas udara
2. Alat pemantau meteorologi

3. Perangkat pengolah data dan
4. Beroperasi selama 24 (dua puluh empat) jam secara terus-menerus.
5. Kriteria penempatan peralatan SPKUA meliputi:
 - a. Ditempatkan pada udara terbuka dengan sudut terbuka 120° terhadap penghalang
 - b. Ketinggian sampling inlet dari permukaan tanah untuk partikel dan gas paling sedikit 2 (dua) meter dan
 - c. Jarak alat pemantau kualitas udara dari sumber emisi terdekat paling sedikit 20 (dua puluh) meter.

Adapun data meteorologi berdasarkan konversi konsentrasi parameter menjadi nilai ISPU yang meliputi:

1. Kecepatan dan arah angin
2. Temperatur udara
3. Kelembaban
4. Intensitas matahari dan/atau curah hujan.

Adapun tata cara perhitungan ISPU yang merupakan bagian tidak terpisahkan berdasarkan peraturan menteri adalah:

1. ISPU batas atas;
2. ISPU batas bawah;
3. Ambien batas atas;
4. Ambien batas bawah; dan
5. Konsentrasi ambien hasil pengukuran.

Adapun hasil perhitungan ISPU dapat dilakukan penjaminan mutu melalui:

1. Pemeriksaan kelengkapan data harian konsentrasi setiap parameter
2. Penghapusan data yang tidak normal dengan menggunakan sistem aplikasi validasi data.

Apabila terjadi kesalahan dalam hasil perhitungan ISPU, maka dapat dilaksanakan proses penghapusan data yaitu:

1. Sedang dilakukan pemeliharaan SPKUA
2. Ketidakstabilan tegangan listrik pada peralatan SPKUA

3. Adanya gangguan pada sensor
4. Terjadi pemadaman listrik.

Dalam hal hasil penjaminan mutu menunjukkan data valid sebesar $\geq 75\%$, sebagai dasar penentuan kategori ISPU untuk menyusun laporan hasil yang dilengkapi data dan informasi yaitu:

1. Waktu pelaporan
2. Waktu pengukuran
3. Lokasi yang dilaporkan
4. Keterangan lokasi pemantauan
5. Parameter pencemar kritis
6. Hasil ISPU yang paling tinggi
7. Kategori ISPU dan
8. Konsentrasi.

Pada Permen LHKRI No. 14 tahun 2020, penambahan parameter, terdapat peningkatan frekuensi penyampaian informasi ISPU kepada publik. Hasil perhitungan ISPU parameter PM2.5 disampaikan kepada publik tiap jam selama 24 jam. Sedangkan hasil perhitungan ISPU parameter PM10, NO₂, SO₂, CO, O₃, dan HC disampaikan kepada publik paling sedikit 2 (dua) kali dalam 1 (satu) hari pada pukul 09.00 dan 15.00. Tabel 10.1 menunjukkan konversi nilai konsentrasi parameter ISPU dan cara perhitungan sebagai berikut:

Tabel 10.1: Konversi Nilai Konsentrasi

ISPU	24 Jam PM10 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	24 Jam PM2.5 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	24 Jam SO ₂ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	24 Jam CO ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	24 Jam O ₃ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	24 Jam NO ₂ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	24 Jam HC ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
0 - 50	50	15,5	52	4000	120	80	45
51 - 100	150	55,4	180	8000	235	200	100
101 - 200	350	150,4	400	15000	400	1130	215
201 - 300	420	250,4	800	30000	800	2260	432
>300	500	500	1200	45000	1000	3000	648

Keterangan:

- Data pengukuran selama 24 jam secara terus-menerus.
- Hasil perhitungan ISPU parameter partikulat (PM2.5) disampaikan tiap jam selama 24 jam.
- Hasil perhitungan ISPU parameter partikulat (PM10), sulfur dioksida (SO₂), karbon monoksida (CO), ozon (O₃), nitrogen dioksida (NO₂) dan hidrokarbon (HC), diambil nilai ISPU parameter tertinggi dan paling sedikit disampaikan setiap jam 09.00 dan jam 15.00.

Perhitungan ISPU dilakukan berdasarkan nilai ISPU batas atas, ISPU batas bawah, ambien batas atas, ambien batas bawah, dan konsentrasi ambien hasil pengukuran. Persamaan matematika perhitungan ISPU sebagai berikut:

$$I = \frac{I_a - I_b}{X_a - X_b} (X_x - X_b) + I_b \quad \dots\dots\dots(1)$$

Di mana,

I = ISPU terhitung

Ia = ISPU batas atas

Ib = ISPU batas bawah

Xa = Konsentrasi ambien batas atas ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

Xb = Konsentrasi ambien batas bawah ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

Xx = Konsentrasi ambien nyata hasil pengukuran ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

Perhitungan ISPU dilakukan berdasarkan kategori angka rentang dan penjelasan nilai ISPU. Tabel 10.2 menunjukkan kategori ISPU sebagai berikut:

Tabel 10.2: Kategori Indeks Standar Pencemar Udara (ISPU)

Rentang	Kategori	Penjelasan
1-50	Baik	Tingkat mutu udara yang sangat baik, tidak memberikan efek negatif terhadap manusia, hewan dan tumbuhan.
51-100	Sedang	Tingkat mutu udara masih dapat diterima pada kesehatan manusia, hewan dan tumbuhan.
101-200	Tidak Sehat	Tingkat mutu udara yang bersifat merugikan pada manusia, hewan dan tumbuhan.
201-300	Sangat Tidak Sehat	Tingkat mutu udara yang dapat meningkatkan risiko kesehatan pada sejumlah segmen populasi yang terpapar.
301+	Berbahaya	Tingkat mutu udara yang dapat merugikan kesehatan serius pada populasi dan perlu penanganan cepat.

Suatu informasi terkait parameter PM_{2,5} yang merupakan parameter pencemar udara paling berpengaruh terhadap kesehatan manusia. Data yang terkait baku mutu tahunan Indonesia dan beberapa negara lain dapat dilihat pada tabel 3.

Tabel 10.3: Perbandingan baku mutu PM_{2,5} di beberapa negara (Chaniago D., 2020)

No	Negara	Baku Mutu µg/m ³
-	WHO Guideline	10
1	Australia	8
2	Singapura, Amerika Serikat (primary)	12
3	Indonesia, Korea Selatan, Bangladesh, China Grade I, Jepang, Pakistan, Amerika Serikat (secondary)	15
4	Mongolia, Filipina, Sri Lanka, Thailand, Vietnam	25
5	China Grad II, Malaysia	35
6	India	40

10.3 Peraturan-Peraturan Yang Terkait Dengan Pencemaran Udara

Peraturan pemerintah yang terkait pencemaran udara antara lain adalah:

1. Keputusan Kepala Badan Pengendalian Dampak Lingkungan Nomor KEP- 205/BAPEDAL/07/1996 tentang pedoman teknis pengendalian pencemaran udara sumber tidak bergerak
2. Undang-Undang nomor 23 Tahun 1997 tentang pengelolaan lingkungan hidup dipandang perlu menetapkan peraturan pemerintah tentang pengendalian pencemaran udara
3. Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor KEP-45/MENLH/10/1997 tentang indeks standar pencemar udara
4. Keputusan Kepala Badan Pengendalian Dampak Lingkungan Nomor KEP-107/BAPEDAL/11/1997 tentang pedoman teknis perhitungan dan pelaporan serta informasi indeks standar pencemaran udara
5. Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 41 Tahun 1999 tentang pengendalian pencemaran udara

6. Undang-Undang nomor 32 Tahun 2009 tentang perlindungan dan pengelolaan lingkungan hidup.
7. Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 12 Tahun 2010 tentang pelaksanaan pengendalian pencemaran udara di daerah
8. Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 04 Tahun 2011 tentang Standar Kompetensi dan Sertifikasi Kompetensi Penanggung Jawab Pengendalian Pencemaran Udara
9. Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Nomor 5 Tahun 2021 tentang tata cara penerbitan persetujuan teknis dan sertifikat kelayakan operasional bidang pengendalian pencemaran lingkungan
10. Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 11 Tahun 2021 tentang baku mutu emisi
11. Peraturan Pemerintah Nomor 22 Tahun 2021 tentang penyelenggaraan perlindungan dan pengelolaan lingkungan hidup.

10.4 Peraturan-Peraturan Yang Terkait Dengan Baku Mutu Udara

Definisi udara ambien adalah udara bebas di permukaan bumi pada lapisan troposfir yang berada di dalam wilayah yurisdiksi Republik Indonesia yang dibutuhkan dan memengaruhi kesehatan manusia, makhluk hidup dan unsur lingkungan hidup lainnya. Selanjutnya udara ambien memiliki rentang ambang batas emisi gas buang yang sumber tidak bergerak sebagai batas kadar maksimum dan/atau beban emisi maksimum yang diperbolehkan masuk atau dimasukkan ke dalam udara ambien.

Status mutu udara ambien ditetapkan dan dilakukan oleh bidang pengendalian dampak lingkungan daerah berdasarkan inventarisasi dan/atau penelitian terhadap mutu udara ambien, potensi sumber pencemar udara, kondisi meteorologis dan geografis, serta tata guna tanah. Selanjutnya kepala instansi yang bertanggung jawab menetapkan pedoman teknis inventarisasi dan pedoman teknis penetapan status mutu udara ambien.

Suatu peraturan pemerintah yang terkait baku tingkat gangguan dan ambang batas kebisingan berdasarkan antara lain:

1. Persetujuan teknis adalah persetujuan dari pemerintah atau pemerintah daerah berupa ketentuan mengenai standar perlindungan dan pengelolaan lingkungan hidup dan/atau analisis mengenai dampak lalu lintas usaha dan/atau kegiatan sesuai peraturan perundang-undangan. (Pasal 1 angka 93 PP No. 22 Tahun 2021)
2. Sertifikat kelayakan operasional (SLO) adalah surat yang memuat pernyataan pemenuhan mengenai standar perlindungan dan pengelolaan lingkungan hidup usaha dan/atau kegiatan sesuai peraturan perundang-undangan. (Pasal 1 angka 94 PP No. 22 Tahun 2021)

10.4.1 Baku Mutu Udara

Beberapa baku mutu udara yang telah ditetapkan oleh pemerintah adalah:

1. Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor KEP-13/MENLH/03/1995 tentang baku mutu emisi sumber tidak bergerak
2. Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor KEP-48/MENLH/11/1996 tentang baku mutu tingkat kebisingan
3. Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor KEP-49/MENLH/11/1996 tentang baku mutu tingkat getaran
4. Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor KEP-50/MENLH/11/1996 tentang baku mutu tingkat kebauan
5. Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 05 Tahun 2006 tentang ambang batas emisi gas buang kendaraan bermotor lama
6. Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 07 Tahun 2007 tentang baku mutu emisi sumber tidak bergerak bagi ketel uap
7. Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 17 Tahun 2008 tentang baku mutu emisi sumber tidak bergerak bagi usaha dan/atau kegiatan industri keramik
8. Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 18 Tahun 2008 tentang baku mutu emisi sumber tidak bergerak bagi usaha dan/atau kegiatan industri karbon black

9. Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 21 Tahun 2008 tentang baku mutu emisi sumber tidak bergerak bagi usaha dan/atau kegiatan pembangkit tenaga listrik termal
10. Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 04 Tahun 2009 tentang ambang batas emisi gas buang kendaraan bermotor tipe baru
11. Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 07 Tahun 2009 tentang ambang batas kebisingan kendaraan bermotor tipe baru
12. Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 13 Tahun 2009 tentang baku mutu emisi sumber tidak bergerak bagi usaha dan/atau kegiatan minyak dan gas bumi
13. Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 35 Tahun 2009 tentang pengelolaan halon
14. Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 10 Tahun 2012 tentang baku mutu emisi gas buang kendaraan bermotor tipe baru kategori L3
15. Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 07 Tahun 2012 tentang pengelolaan emisi sumber tidak bergerak bagi usaha dan/atau kegiatan industri rayon
16. Pasal 31 PP No. 40 Tahun 2012 tentang pembangunan dan pelestarian lingkungan hidup bandar udara.

10.5 Standar Pencemaran Udara

Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup Republik Indonesia No.41 Tahun 1999 tentang baku mutu udara ambien nasional dengan pembakaran dalam, yang berdasarkan tabel 10.4 sebagai berikut:

Tabel 10.4: Baku Mutu Udara Ambien Nasional

No	Parameter	Waktu Pengukuran	Baku Mutu	Metode Analisis	Peralatan
1	SO ₂	1 Jam	900 ug/Nm ³	Pararosanilin	Spektrofotometer
		24 Jam	365 ug/Nm ³		
		1 Tahun	60 ug/Nm ³		

2	CO	1 Jam	30.000 ug/Nm ³	NDIR	NDIR Analyzer
		24 Jam	10.000 ug/Nm ³		
		1 Tahun	-		
3	NO _x	1 Jam	400 ug/Nm ³	Saltzman	Spektrofotometer
		24 Jam	150 ug/Nm ³		
		1 Tahun	100 ug/Nm ³		
4	O ₃	1 Jam	235 ug/Nm ³	Chemiluminescent	Spektrofotometer
		1 Tahun	50 ug/Nm ³		
5	HC	3 Jam	160 ug/Nm ³	Flame Ionization	Gas Chromatografi
6	PM ₁₀	24 Jam	150 ug/Nm ³	Gravimetric	Hi - Vol
		24 Jam	65 ug/Nm ³	Gravimetric	Hi - Vol
	PM _{2.5}	1 Tahun	15 ug/Nm ³	Gravimetric	Hi - Vol
7	TSP (debu)	24 Jam	230 ug/Nm ³	Gravimetric	Hi - Vol
		1 Tahun	90 ug/Nm ³		
8	Pb	24 Jam	2 ug/Nm ³	Gravimetric	Hi - Vol
		1 Tahun	1 ug/Nm ³	Ekstraktif pengabuan	AAS
9	Dustfall (Debu Jatuh)	30 Hari	10 Ton/Km ² /bulan (Pemukiman)	Gravimetric	Cannister
			20 Ton/Km ² /bulan (Pemukiman) (Industri)		
10	Total Fluorides (ASF)	24 Jam	3 ug/Nm ³	Specific Ion	Impinger atau
		90 hari	0,5 ug/Nm ³	Electrode	Countinous Analyzer
11	Fluor Indeks	30 hari	40 ug/100 cm ² dari kertas limed filter	Colourimetric	Limed Filter Paper

12	Klorine & Klorine Dioksida	24 Jam	150 ug/Nm ³	Spesific Ion Electrode	Countinous Analyzer
13	Sulphat Indeks	30 hari	1 mg SO ₂ / 100 cm ³ dari Lead Peroksida	Colourimetric	Lead Peroxida Candle

Pada Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup Republik Indonesia tahun 1999 telah mengalami perubahan dari beberapa parameter pengukuran dan disederhanakan menjadi Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup Republik Indonesia tahun Nomor 22 Tahun 2021 tentang baku mutu udara ambien dari yaitu pada tabel 10.5 sebagai berikut:

Tabel 10.5: Baku Mutu Udara Ambien

No	Parameter	Waktu Pengukuran	Baku Mutu	Sistem Pengukuran
1	SO ₂	1 Jam	150 ug/m ³	Aktif Kontinu
		24 Jam	75 ug/m ³	Aktif Manual
		1 Tahun	45 ug/m ³	Aktif Kontinu
2	CO	1 Jam	10.000 ug/m ³	Aktif Kontinu
		8 Jam	4.000 ug/m ³	Aktif Kontinu
3	NO _x	1 Jam	200 ug/m ³	Aktif Kontinu
				Aktif Manual
		24 Jam	65 ug/m ³	Aktif Kontinu
4	Oksidan fotokimia (Ox) sebagai Ozon (O ₃)	1 Jam	150 ug/m ³	Aktif Kontinu
				Aktif Manual
		8 Jam	100 ug/m ³	Aktif Kontinu
5	Hidrokarbon Non Metana (NMHC)	1 Tahun	35 ug/m ³	Aktif Kontinu
		3 Jam	160 ug/m ³	Aktif Kontinu
6	Partikulat debu < 100 µm (TSP)	24 Jam	230 ug/m ³	Aktif Manual
	Partikulat debu < 10 µm (PM ₁₀)	24 Jam	75 ug/m ³	Aktif Kontinu
		1 Tahun	40 ug/m ³	Aktif Kontinu
	Partikulat debu < 2,5 µm (PM _{2,5})	24 Jam	55 ug/m ³	Aktif Kontinu
1 Tahun		15 ug/m ³	Aktif Manual	
7	Pb	24 Jam	2 ug/m ³	Aktif Kontinu

Adapun kegiatan pelaporan dari parameter waktu pengukuran berdasarkan beberapa kondisi yaitu sebagai berikut:

1. Konsentrasi yang dilaporkan untuk waktu pengukuran selama 1 jam adalah konsentrasi hasil pengukuran yang dilakukan setiap 30 menit (dalam 1 jam dilakukan 2 kali pengukuran) dan dilakukan di antara pukul 11:00-14:00 waktu setempat.
2. Konsentrasi yang dilaporkan untuk waktu pengukuran selama 8 jam adalah konsentrasi hasil pengukuran yang dilakukan di antara pukul 06:00-18:00 waktu setempat.
3. Konsentrasi yang dilaporkan untuk waktu pengukuran selama 3 jam adalah konsentrasi hasil pengukuran yang dilakukan di antara pukul 06:00-10:00 waktu setempat.

Selanjutnya peraturan yang terkait baku mutu emisi mesin dengan pembakaran pada Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup Republik Indonesia No.11 Tahun 2021 yang ditunjukkan tabel 10.6 sebagai berikut:

Tabel 10.6: Baku Mutu Emisi Mesin

No	Kapasitas (KW)	Bahan	Parameter	Kadar Maks (mg/Nm ³)
1	101 - 500	Minyak	Nitrogen Oksida (NO _x)	3400
			Karbon Monoksida (CO _x)	170
		Gas	Nitrogen Oksida (NO _x)	300
			Karbon Monoksida (CO _x)	450
2	501 - 1000	Minyak	Nitrogen Oksida (NO _x)	1850
			Karbon Monoksida (CO _x)	77
			Total Partikulat	95
			Sulfur Dioksida (SO ₂)	160
		Gas	Nitrogen Oksida (NO _x)	300
			Karbon Monoksida (CO _x)	250
3	1001 - 3000	Minyak	Nitrogen Oksida (NO _x)	2300
			Karbon Monoksida (CO _x)	168
			Total Partikulat	90
			Sulfur Dioksida (SO ₂)	150
		Gas	Nitrogen Oksida (NO _x)	285
			Karbon Monoksida (CO _x)	250
			Sulfur Dioksida (SO ₂)	60