



PEMANTAUAN KUALITAS UDARA



PEMANTAUAN KUALITAS UDARA

Solikhati Indah Purwaningrum, S.T., M.Si.



PEMANTAUAN KUALITAS UDARA

Penulis:

Solikhati Indah Purwaningrum, S.T., M.Si.

Desain Cover:

Helmaria Ulfa

Sumber Ilustrasi:

www.freepik.com

Tata Letak:

Handarini Rohana

Editor:

Evi Damayanti

ISBN:

978-623-500-572-0

Cetakan Pertama:

Desember, 2024

Hak Cipta Dilindungi Oleh Undang-Undang

by Penerbit Widina Media Utama

Dilarang keras menerjemahkan, memfotokopi, atau memperbanyak sebagian atau seluruh isi buku ini tanpa izin tertulis dari Penerbit.

PENERBIT:

WIDINA MEDIA UTAMA

Komplek Puri Melia Asri Blok C3 No. 17 Desa Bojong Emas
Kec. Solokan Jeruk Kabupaten Bandung, Provinsi Jawa Barat

Anggota IKAPI No. 360/JBA/2020

Website: www.penerbitwidina.com

Instagram: [@penerbitwidina](https://www.instagram.com/penerbitwidina)

Telepon (022) 87355370

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Allah SWT, karena berkat rahmat dan karunia-Nya, penulis dapat menyelesaikan penulisan Buku Ajar Pemantauan Kualitas Udara ini. Penulis menyadari bahwa berkat pertolongan Allah SWT, buku ajar ini dapat diselesaikan dengan baik, meskipun banyak halangan dan rintangan dalam proses penulisan.

Penulis mengucapkan terima kasih kepada pihak-pihak yang telah berkontribusi dan membantu proses penulisan buku ajar ini. Penulis mengharapkan adanya kritik dan saran agar buku ini kedepannya dapat menjadi lebih baik. Penulis sangat berharap dengan adanya Buku Ajar Pemantauan Kualitas Udara ini dapat memberikan sumbangsih dalam dunia pendidikan. Aamiin.

Bojonegoro, Desember 2024

Penulis,

Solikhati Indah Purwaningrum, S.T., M.Si.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih, penulis ucapkan kepada berbagai pihak yang telah berkontribusi dan membantu dalam penyelesaian Buku Ajar Pemantauan Kualitas Udara ini. Diantaranya sebagai berikut:

- 1) Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan karunia-Nya;
- 2) Kedua orang tua dan keluarga yang selalu memberikan support dan doa;
- 3) Dr. Arief Januarso, M.Si. selaku Ketua Yayasan Suyitno Bojonegoro;
- 4) Dr. Tri Astuti Handayani, S.H., M.M., M.Hum. selaku Rektor Universitas Bojonegoro;
- 5) Dr. Layli Agustina Rahmawati, S.Sos., M.Si. selaku Ketua LPPM Universitas Bojonegoro;
- 6) Dr. Ahmad Suprastiyo, S.Sos., M.Si. selaku Ketua LPM Universitas Bojonegoro;
- 7) Ir. H. Zainnudin, M.T. selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknik Universitas Bojonegoro;
- 8) Oktavianus Cahya Anggara, S.T., M.Sc. selaku Ketua Program Studi Ilmu Lingkungan Universitas Bojonegoro.

Serta semua pihak yang telah memberikan dorongan, dukungan serta masukan dalam proses pembuatan Buku Ajar Pemantauan Kualitas Udara ini.

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	iii
UCAPAN TERIMA KASIH	iv
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR TABEL	xi
BAB I GAMBARAN UMUM KUALITAS UDARA	1
A. Definisi dan Sejarah Kualitas Udara	1
B. Komponen Kualitas Udara	6
C. Latihan Soal.....	7
BAB II GAMBARAN UMUM POLUTAN PENCEMARAN UDARA	9
A. Definisi dan Kasus Polusi Udara Akibat Polutan Pencemaran Udara.....	9
B. Latihan Soal.....	25
BAB III SUMBER DAN KARAKTERISTIK POLUTAN PENCEMARAN UDARA	27
A. Sumber Polutan Pencemaran Udara	27
B. Karakteristik Polutan Pencemaran Udara	29
C. Latihan Soal.....	31

BAB IV REGULASI TENTANG POLUTAN PENCEMARAN UDARA 33

- A. Regulasi Polutan Pencemaran Udara secara Global..... 33
- B. Regulasi Polutan Pencemaran Udara di Indonesia..... 34
- C. Latihan Soal..... 39

BAB V DAMPAK LINGKUNGAN TERHADAP PAJANAN

POLUTAN PENCEMARAN UDARA 41

- A. Dampak Pencemaran Udara Terhadap Tanaman,
Hewan dan Material 41
- B. Dampak Pencemaran Udara Terhadap Atmosfer,
Tanah, Badan Air, dan *Global Climate Change* 45
- C. Dampak Pencemaran Udara Terhadap
Kesehatan dan Kesejahteraan Manusia 48
- D. Latihan Soal..... 51

BAB VI UPAYA PEMANTAUAN DAN

PENGENDALIAN PENCEMARAN UDARA..... 53

- A. Upaya Pemantauan Pencemaran Udara 53
- B. Upaya Pengendalian Pencemaran Udara 71
- C. Latihan Soal..... 78

BAB VII PENGARUH FAKTOR METEOROLOGI DAN

KLIMATOLOGI TERHADAP PENCEMARAN UDARA..... 79

- A. Faktor Meteorologi..... 79
- B. Faktor Klimatologi..... 80

C. Latihan Soal.....	81
----------------------	----

BAB VIII ANALISIS RISIKO KESEHATAN

TERHADAP PENCEMARAN UDARA	83
--	-----------

A. Konsep Analisis Risiko Kesehatan	83
---	----

B. Faktor Mempengaruhi Tingkat Risiko Kesehatan	92
---	----

C. Latihan Soal.....	93
----------------------	----

DAFTAR PUSTAKA.....	94
----------------------------	-----------

PROFIL PENULIS.....	97
----------------------------	-----------

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Industri di Dorona pada Tahun 1910.....	3
Gambar 2.1 Perbandingan Ukuran Partikulat	10
Gambar 2.2 Kondisi Pencemaran Udara di Tiongkok China.....	11
Gambar 2.3 Kondisi Pencemaran Udara di Provinsi Jambi Akibat Kebakaran Hutan dan Lahan	13
Gambar 2.4 Estimasi Konsentrasi CO ₂ di Beberapa Negara	18
Gambar 5.1 Proses Pemanasan Global	46
Gambar 5.2 Kondisi Penipisan Lapisan Ozon Tahunan	47
Gambar 5.3 Proses Penipisan Lapisan Ozon	47
Gambar 5.4 Pengaruh Ukuran Partikel Terhadap Kesehatan	49
Gambar 6.1 Alat Pengukuran Passive Sampler	54
Gambar 6.2 Stasiun Pemantauan dan Layar Display Kualitas Udara.....	55
Gambar 6.3 Konsep Model Eulerian	56
Gambar 6.4 Konsep Model Gaussian	57
Gambar 6.5 Keluaran Model Hysplit	59
Gambar 6.6 Keluaran Model AERMOD	62
Gambar 6.7 Komponen Utama Model CALPUFF.....	64
Gambar 6.8 Diagram Alir Model CALPUFF	65

Gambar 6.9 Data Masukan Model CALPUFF	66
Gambar 6.10 Keluaran Model CALPUFF	66
Gambar 6.11 Aplikasi AirVisual	68
Gambar 6.12 Aplikasi AQI Monitor & Weather Forecast	69
Gambar 6.13 Skala Indeks Kualitas Udara	70
Gambar 6.14 Kegiatan Berpotensi Menggunakan Energi Baru Terbarukan	74
Gambar 6.15 Pengelolaan Sampah Berdasarkan Jenis Sampah	75
Gambar 6.16 Luas Kebakaran Hutan dan Lahan Tahun 2015-2020	76
Gambar 6.17 Luas Kebakaran Hutan dan Lahan Tahun 2023	77
Gambar 8.1 Bagan Alir Penerapan ARKL	84

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Konsentrasi PM _{2,5} Rata-Rata Tahunan di China	15
Tabel 3.1 Komposisi Kimia Logam dan Sumber Pembentukannya	30
Tabel 4.1 Baku Mutu Udara Ambien	35

BAB I

GAMBARAN UMUM KUALITAS UDARA

A. DEFINISI DAN SEJARAH KUALITAS UDARA

Kualitas udara merupakan kondisi udara di suatu wilayah yang dapat dilihat dari parameter fisik, kimia dan biologi. Kualitas udara yang baik yaitu udara yang mengandung sedikit partikel padat dan polutan kimia, dan tidak menimbulkan risiko kesehatan.

Permasalahan kualitas udara sudah berlangsung lama sejak zaman Romawi. Hanya saja setelah serangkaian insiden kabut asap yang parah, pihak berwenang akhirnya mengambil tindakan dan mulai membatasi kegiatan yang menghasilkan emisi.

a. Revolusi Industri

Pada tahun 1820 sampai 1840, Inggris, negara-negara Eropa, dan Amerika Serikat mulai beralih ke proses manufaktur baru yang dikenal dengan revolusi industri. Revolusi industri ini mencakup munculnya sistem pabrik mekanis untuk menggantikan metode produksi manual, manufaktur kimia, produksi besi, dan peningkatan penggunaan tenaga uap dan air, yang semuanya menghasilkan lebih banyak sumber daya alam dan menunjang perekonomian.

BAB II

GAMBARAN UMUM

POLUTAN PENCEMARAN UDARA

A. DEFINISI DAN KASUS POLUSI UDARA AKIBAT POLUTAN PENCEMARAN UDARA

- PM10

PM10 adalah partikel udara yang berukuran lebih kecil dari 10 mikrometer dan merupakan salah satu parameter kualitas udara. PM10 merupakan aerosol padat dengan ukuran jari-jari lebih kecil dari 10 μm . Aerosol merupakan partikel padatan yang berukuran kecil yang tersuspensi di atmosfer. PM10 memiliki persentase 50% sampai dengan 60% dari total polutan yang ada di udara ambien.

Perbandingan ukuran partikulat PM10 dan PM2,5 jika dilihat dari ukuran rambut manusia. Ukuran partikel sangatlah penting untuk diketahui karena memengaruhi dampak partikel tersebut terhadap manusia dan lingkungan.

BAB III

SUMBER DAN KARAKTERISTIK POLUTAN PENCEMARAN UDARA

A. SUMBER POLUTAN PENCEMARAN UDARA

Polutan pencemaran udara dapat bersumber secara alami dan antropogenik. Sumber pencemaran udara secara alami merupakan pencemaran udara akibat dari fenomena alam dan faktor geografis suatu wilayah yang menyebabkan timbulnya polutan udara. Sedangkan sumber antropogenik merupakan pencemaran udara yang diakibatkan dari aktivitas manusia yang menghasilkan polutan udara.

Sumber alami polutan pencemaran udara meliputi:

- 1) Letusan gunung berapi yang menghasilkan abu vulkanik seperti PM, gas beracun seperti SO₂, pasir dan material panas yang berbahaya.
- 2) Kebakaran hutan dan lahan yang disebabkan oleh panas matahari atau suhu bumi yang meningkat tajam. Kebakaran tersebut menghasilkan polutan CO₂, PM, SO₂ dan NO₂.

BAB IV

REGULASI TENTANG

POLUTAN PENCEMARAN UDARA

A. REGULASI POLUTAN PENCEMARAN UDARA SECARA GLOBAL

WHO (*World Health Organization*) merupakan organisasi kesehatan dunia yang merupakan badan perserikatan bangsa-bangsa (PBB) yang bertugas untuk mengkoordinasikan dan mengarahkan kesehatan masyarakat secara global. Menurut WHO rata-rata konsentrasi PM_{2,5} per 24 jam maksimal adalah 15 µg/m³. Konsentrasi ozon di udara maksimal selama 6 bulan berturut-turut adalah 60 µg/m³. Batas kadar maksimal PM₁₀ per hari adalah 50 µg/m³. Konsentrasi karbon monoksida (CO) dalam ruangan maksimal adalah 25 ppm dalam waktu 1 jam, dan 9 ppm dalam kurun waktu 8 jam. Konsentrasi CO₂ adalah 310-330 ppm untuk udara bersih, sedangkan untuk udara tercemar konsentrasi CO₂ adalah 350-700 ppm.

Konsentrasi maksimal Nitrogen dioksida (NO₂) di udara menurut WHO adalah < 500 µg/m³. Konsentrasi SO₂ yang dapat membahayakan kesehatan manusia adalah 2620 µg/m³ atau 1 ppm

BAB V

DAMPAK LINGKUNGAN TERHADAP PAJANAN POLUTAN PENCEMARAN UDARA

A. DAMPAK PENCEMARAN UDARA TERHADAP TANAMAN, HEWAN DAN MATERIAL

Pencemaran udara merupakan kondisi udara yang tidak memenuhi baku mutu dan dapat berdampak negatif terhadap lingkungan. Dampak pencemaran udara terhadap tanaman, hewan dan material meliputi:

1) Tanaman

Pencemaran udara dapat mempengaruhi tumbuhan, yaitu:

- Merusak daun. Polutan pencemaran udara dapat menyebabkan klorosis atau bahkan dapat mengubah daun menjadi kuning, dengan begitu akan menurunkan konsentrasi klorofil pada daun. Dampaknya adalah tanaman tersebut tidak dapat menghasilkan makanan atau energi sendiri, dan dapat mengalami kematian.

BAB VI

UPAYA PEMANTAUAN DAN PENGENDALIAN PENCEMARAN UDARA

A. UPAYA PEMANTAUAN PENCEMARAN UDARA

Pemantauan pencemaran udara dilakukan dengan mengumpulkan data secara berkelanjutan mengenai kualitas udara, seperti polutan gas, partikulat dan kondisi meteorologi serta klimatologi. Data tersebut kemudian digunakan untuk menentukan jenis polusi udara yang dialami masyarakat serta kemungkinan dampak lingkungan yang terjadi.

Beberapa metode yang dapat digunakan untuk memantau kualitas udara atau pemantauan pencemaran udara meliputi:

1) Passive sampler

Metode ini menggunakan sistem penyerapan polutan berupa gas maupun partikel secara difusi melalui media yang dipaparkan dalam waktu tertentu, dan tidak secara kontinu. Metode ini tidak memerlukan energi listrik yang besar, biaya yang murah, dan mudah ditempatkan dimana saja. Pada

BAB VII

PENGARUH FAKTOR METEOROLOGI DAN KLIMATOLOGI TERHADAP PENCEMARAN UDARA

A. FAKTOR METEOROLOGI

1) Arah dan kecepatan angin

Pada dasarnya, perbedaan tekanan udara antara tempat asal dan arah angin menentukan kecepatan angin. Secara umum, polutan berada di atmosfer melalui dua cara: kecepatan angin dan turbulensi atmosfer. Pusaran mekanis dan termal adalah dua cara turbulensi menghasilkan aliran udara.

2) Kelembaban

Udara yang lembab dapat menyebabkan bahan pencemar berbentuk partikel berikatan dengan air di udara, menghasilkan partikel yang lebih besar. Kelembaban udara yang tinggi dapat meningkatkan pertumbuhan mikroorganisme dan pelepasan formaldehid dari material bangunan, tetapi kelembaban relatif rendah (kurang dari 20%) dapat menyebabkan selaput lendir membran menjadi kering.

BAB VIII

ANALISIS RISIKO KESEHATAN

TERHADAP PENCEMARAN UDARA

A. KONSEP ANALISIS RISIKO KESEHATAN

Berdasarkan Direktorat Jenderal Pengendalian Penyakit dan Penyehatan Lingkungan Dinas Kesehatan tahun 2012 pengukuran efek pencemaran udara dapat dilakukan dengan metode Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan (ARKL). Analisis risiko kesehatan (ARK) merupakan suatu pendekatan untuk mengidentifikasi dan memprediksi risiko kesehatan manusia yang disebabkan oleh paparan atau pajanan polutan pencemaran udara. ARKL merupakan salah satu alat pengelolaan risiko untuk melindungi kesehatan masyarakat dari dampak buruk terhadap lingkungan.

Terdapat beberapa tahapan dalam mengkaji ARKL, meliputi: identifikasi bahaya, analisis pajanan, analisis dosis-respon, dan karakterisasi risiko. Berikut merupakan bagan alir dari penerapan ARKL menurut Dirjen PP&PL tahun 2012 pada Gambar 8.1.

DAFTAR PUSTAKA

- Basri .S, dkk. (2014). Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan (Model Pengukuran Risiko Pencemaran Udara terhadap Kesehatan). Jurnal Kesehatan 7 (2), 2014: 427 – 442.
- Cahyadi .W, dkk. (2016). Pengaruh Faktor Meteorologis dan Konsentrasi Partikulat (PM₁₀) terhadap Kejadian Infeksi Saluran Pernapasan Akut (ISPA) (Studi Kasus Kecamatan Banjarbaru Selatan, Kota Banjarbaru Tahun 2014 – 2015). EnviroScienceae 12 (3), November 2016: 302 – 311.
- Gurjar, B.R., Molina, L.T., & Ojha, C.SP. (2010). Air Pollution Health and Environmental Impacts. DRC Press.
- Jacobson, M.Z. (2012). Air Pollution and Global Warming History Science, and Solutions Second Edition. Cambridge University Press.
- Keputusan Menteri Lingkungan Hidup no. Kep-48/MENLK/11/1996 tentang Pedoman Penyusunan Program Pengendalian Pencemaran Udara.
- Keputusan Menteri Lingkungan Hidup No. KEP-53/MENLH/10/1996 tentang Pedoman Penyusunan Rencana Pengelolaan Kualitas Udara.

- Kim, Y. (2011). Impact of Traffic Flows and Wind Directions on Air Pollution Concentrations in Soel. Korea: The Korea Transport Institute Goyang-si, Gyeonggi-do.
- Lodge, J.P, editor. (1989). Methods of Air Sampling and Analysis 3nd ed. Lewis Publisher. Chealsea.
- Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan No. P.20/MENLHK/SETJEN/KUM.1/3/2018 tentang Standar Baku Mutu Kualitas udara. Peraturan Pemerintah No. 41 Tahun 1999 tentang Pengendalian Pencemaran Udara.
- Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan No. P.4/MENLHK/SETJEN/KUM.1/2/2018 tentang Tata Cara Penyelenggaraan Pemantauan Kualitas Udara.
- Permen LH No. 12 Tahun 2010 tentang Pelaksanaan Pengendalian Pencemaran Udara di Daerah.
- Permen LH No. 15 Tahun 2019 tentang Baku Mutu Emisi Sumber Tidak Bergerak Bagi Usaha/Kegiatan Industri.
- PP No. 45 Tahun 1997 tentang Instrumen Ekonomi Dalam Pengelolaan Lingkungan Hidup.
- Peraturan Pemerintah No. 22 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup.
- Sarjani. (2004). Cuaca dan Iklim. Jakarta.

- Suhadi, dan Damantoro. (2005). Emission Strengths and spatial Distribution of Emissions of Primary Pollutants in Agglomeration of Jakarta: Jakarta.
- Soemarwoto, O. (2004). Ekologi, Lingkungan Hidup dan Pembangunan. Djambatan: Jakarta.
- Soemirat, J. (2013). Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan. Gadjah Mada University Press: Bandung.
- Undang-Undang No. 23 Tahun 1997 tentang Pengelolaan Lingkungan Hidup
- Undang-Undang No. 32 Tahun 2009 tentang Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup
- US EPA. (2005). The Particle Pollution Report. United States of America.
- Vallero, D. (2014). Fundamentals of Air Pollution. Elsevier inc.
- World Health Organization (WHO). (2009). Global Health Risks. Geneva: WHO.

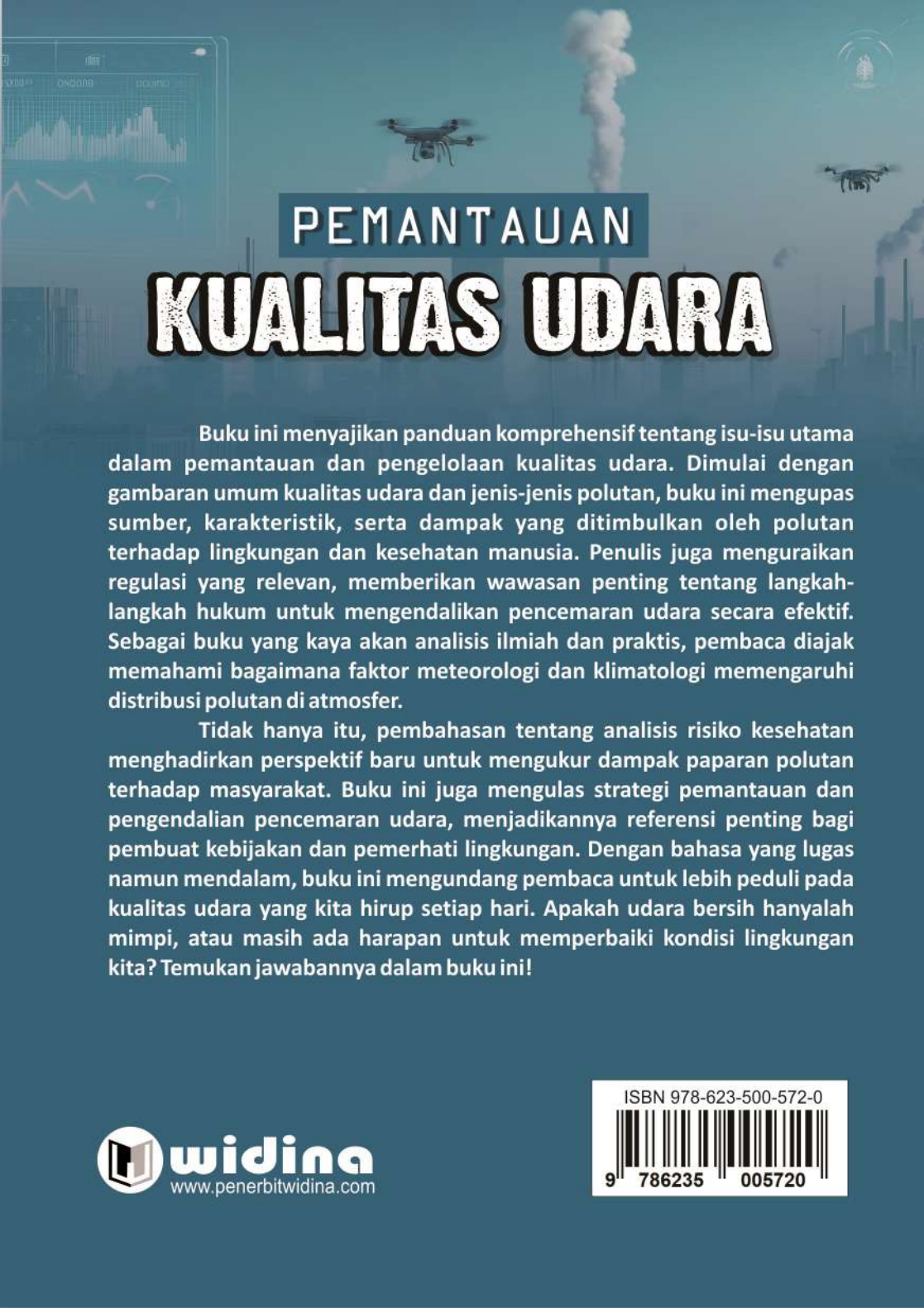
PROFIL PENULIS

Solikhati Indah Purwaningrum, S.T., M.Si.



Penulis lahir di Bungo Antoi, 17 Juni 1997. Penulis merupakan dosen tetap pada Program Studi Ilmu Lingkungan Fakultas Sains dan Teknik Universitas Bojonegoro dan aktif sampai saat ini. Penulis menyelesaikan pendidikan S1 Teknik

Lingkungan Universitas Jambi pada tahun 2019 merupakan lulusan pertama di Fakultas Teknik Universitas Jambi. Melanjutkan S2 tahun 2019 pada Program Studi Magister Ilmu Lingkungan Pascasarjana Universitas Jambi. Penulis sempat berkarir di Program Pemberdayaan Masyarakat KOTAKU (Kota Tanpa Kumuh) Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat pada Tahun 2020-2021. Tahun 2022 berkarir di RSUD H. Abdurrahman Sayoeti Kota Jambi sebagai staff ahli Teknik Lingkungan. Saat ini penulis berdomisili di Kecamatan Kalirejo, Kabupaten Bojonegoro. Penulis sehari-harinya menjalankan tugasnya sebagai dosen. Akhir kata penulis sampaikan ucapan rasa syukur yang sebesar-besarnya atas terselesaikannya buku ajar “Pemantauan Kualitas Udara”.



PEMANTAUAN KUALITAS UDARA

Buku ini menyajikan panduan komprehensif tentang isu-isu utama dalam pemantauan dan pengelolaan kualitas udara. Dimulai dengan gambaran umum kualitas udara dan jenis-jenis polutan, buku ini mengupas sumber, karakteristik, serta dampak yang ditimbulkan oleh polutan terhadap lingkungan dan kesehatan manusia. Penulis juga menguraikan regulasi yang relevan, memberikan wawasan penting tentang langkah-langkah hukum untuk mengendalikan pencemaran udara secara efektif. Sebagai buku yang kaya akan analisis ilmiah dan praktis, pembaca diajak memahami bagaimana faktor meteorologi dan klimatologi memengaruhi distribusi polutan di atmosfer.

Tidak hanya itu, pembahasan tentang analisis risiko kesehatan menghadirkan perspektif baru untuk mengukur dampak paparan polutan terhadap masyarakat. Buku ini juga mengulas strategi pemantauan dan pengendalian pencemaran udara, menjadikannya referensi penting bagi pembuat kebijakan dan pemerhati lingkungan. Dengan bahasa yang lugas namun mendalam, buku ini mengundang pembaca untuk lebih peduli pada kualitas udara yang kita hirup setiap hari. Apakah udara bersih hanyalah mimpi, atau masih ada harapan untuk memperbaiki kondisi lingkungan kita? Temukan jawabannya dalam buku ini!