

EDITOR

Niken Pujirahayu, S.Hut., MP., Ph.D

Ramadhan Tosepu, S.K.M., M.Kes., Ph.D



Toksikologi **LINGKUNGAN DAN INDUSTRI**

Haidina Ali | Demes Nurmayanti | Nur Qadri Rasyid | Islawati | Livia Elsa | Indah Ade Prianti
Wiwin Aprianie | Putri Ayuningtias Mahdang | Aminuddin Mane Kandari | Khambali
Rachmamiyah | Ma'rifatul Ula | Muawanah

Toksikologi

LINGKUNGAN DAN INDUSTRI

Buku Toksikologi Lingkungan dan Industri yang berada ditangan pembaca ini terdiri dari 13 bab yang membahas tentang :

Bab 1 Konsep Dasar Toksikologi Lingkungan dan Industri

Bab 2 Tipe-Tipe Substansi Toksik, Agen-Agen Toksik

Bab 3 Klasifikasi Toksikan Berdasarkan Jenisnya

Bab 4 Faktor Faktor yang Mempengaruhi Kerja Zat Toksik

Bab 5 Penetapan Kisaran Dosis

Bab 6 Efek Biologis Zat Toksik

Bab 7 Penilaian Kualitas Perairan Secara Fisika, Kimia, dan Biologi

Bab 8 Pencemaran Perairan

Bab 9 Pencemaran Udara

Bab 10 Pengaruh Polutan Udara Terhadap Lingkungan

Bab 11 Pemeriksaan Kualitas Udara Ambien

Bab 12 Intoksikasi Logam Berat

Bab 13 Toksikologi Pestisida

TOKSIKOLOGI LINGKUNGAN DAN INDUSTRI

Haidina Ali, SST, S.Kep., M.Kes

Demes Nurmawati, ST., M.Kes

Nur Qadri Rasyid, S.Si., M.Si

Islawati, S. Pd., M.Pd

Livia Elsa, S.Si., M.Si

Indah Ade Prianti, S.K.M., M.P.H

Wiwin Aprianie, S.Pd., M.Si

Putri Ayuningtias Mahdang, S.K.M., M.KKK

Prof. Dr. Ir. Aminuddin Mane Kandari, M.Si

Dr.Khambali, ST., MPPM

Rachmamiyah, SKM. M.Kes

dr. Ma'rifatul Ula, Sp.FM

Muawanah, ST., M.Si



eureka
media aksara

PENERBIT CV. EUREKA MEDIA AKSARA

TOKSIKOLOGI LINGKUNGAN DAN INDUSTRI

Penulis : Haidina Ali, SST, S.Kep., M.Kes | Demes Nurmawati, ST., M.Kes | Nur Qadri Rasyid, S.Si., M.Si | Islawati, S. Pd., M.Pd | Livia Elsa, S.Si., M.Si | Indah Ade Prianti, S.K.M., M.P.H | Wiwin Aprianie, S.Pd., M.Si | Putri Ayuningtias Mahdang, S.K.M., M.KKK | Prof. Dr. Ir. Aminuddin Mane Kandari, M.Si | Dr.Khambali, ST., MPPM | Rachmamiyah, SKM. M.Kes | dr. Ma'rifatul Ula, Sp.FM | Muawanah, ST., M.Si

Editor : Niken Pujirahayu, S.Hut., MP., Ph.D
Ramadhan Tosepu, S.K.M., M.Kes., Ph.D

Desain Sampul : Ardyan Arya Hayuwaskita

Tata Letak : Sri Rahayu Utari

ISBN : 978-623-120-758-6

Diterbitkan oleh : **EUREKA MEDIA AKSARA, MEI 2024**
ANGGOTA IKAPI JAWA TENGAH
NO. 225/JTE/2021

Redaksi:

Jalan Banjaran, Desa Banjaran RT 20 RW 10 Kecamatan Bojongsari
Kabupaten Purbalingga Telp. 0858-5343-1992

Surel : eurekamediaaksara@gmail.com

Cetakan Pertama : 2024

All right reserved

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

KATA PENGANTAR

Puji syukur kami panjatkan kehadiran Allah SWT, berkat rahmat dan petunjuk-Nya dapat menyelesaikan penyusunan buku bacaan yang juga diharapkan menjadi alternatif referensi bagi para mahasiswa dan praktisi kesehatan dalam bidang kesehatan lingkungan untuk mengenal, mempelajari, dan memahami toksikologi lingkungan dan industri.

Toksikologi lingkungan dan industri adalah ilmu yang mempelajari racun kimia dan fisik yang dihasilkan oleh suatu kegiatan manusia dan menimbulkan pencemaran lingkungan dan industri. Buku ini terdiri dari 13 bab yang membahas tentang:

- Bab 1 Konsep Dasar Toksikologi Lingkungan dan Industri
- Bab 2 Tipe - Tipe Substansi Toksik, Agen - Agen Toksik
- Bab 3 Klasifikasi Toksikan Berdasarkan Jenisnya
- Bab 4 Faktor - Faktor yang Mempengaruhi Kerja Zat Toksik
- Bab 5 Penetapan Kisaran Dosis
- Bab 6 Efek Biologis Zat Toksik
- Bab 7 Penilaian Kualitas Perairan Secara Fisika, Kimia, dan Biologi
- Bab 8 Pencemaran Perairan
- Bab 9 Pencemaran Udara
- Bab 10 Pengaruh Polutan Udara Terhadap Lingkungan
- Bab 11 Pemeriksaan Kualitas Udara Ambien
- Bab 12 Intoksikasi Logam Berat
- Bab 13 Toksikologi Pestisida

Mudah-mudahan buku ini memberikan manfaat besar meningkatkan pengetahuan mahasiswa dalam rangka mencapai kompetensi yang disyaratkan dalam kurikulum. Kami ucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah mendorong dan memberikan motivasi penyusunan buku ini. Buku ini memang dirasakan jauh dari lengkap dan sempurna, keterangan detail tetap dianjurkan untuk membaca buku-buku dan kepustakaan yang tercantum dalam daftar referensi. Akhirnya guna penyempurnaan buku ini, kami tetap memohon masukan, kritik, saran agar nantinya

terwujud sebuah buku ajar praktis, informatif, penuh manfaat dan menjadi rujukan dalam memahami toksikologi lingkungan dan industri.

Kendari, 20 April 2024

Tim Penulis

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR.....	iv
DAFTAR ISI.....	vi
DAFTAR GAMBAR.....	x
DAFTAR TABEL	xi
BAB 1 KONSEP DASAR TOKSIKOLOGI LINGKUNGAN DAN INDUSTRI	
Oleh: Haidina Ali, SST., S.Kep., M.Kes.....	1
A. Konsep Toksikologi Lingkungan dan Industri.....	1
B. Perkotaan dan Lingkungan.....	11
C. Perumahan dan Permukiman	15
D. Kriteria Lokasi Perumahan.....	17
E. Faktor - Faktor Pendorong Perkembangan Perumahan.....	18
F. Pola Spasial	21
DAFTAR PUSTAKA.....	29
BAB 2 TIPE - TIPE SUBSTANSI TOKSIK, AGEN - AGEN TOKSIK	
Oleh: Demes Nurmayanti, ST., M.Kes.....	32
A. Tipe - Tipe Substansi Toksik.....	32
B. Agen - Agen Toksik.....	37
DAFTAR PUSTAKA.....	45
BAB 3 KLASIFIKASI TOKSIKAN BERDASARKAN JENISNYA	
Oleh: Nur Qadri Rasyid, S.Si., M.Si.....	48
A. Pendahuluan.....	48
B. Logam Berat.....	49
C. Bahan Kimia Pertanian (Pestisida).....	52
D. Bahan Tambahan dan Kontaminan Makanan	56
E. Pelarut	57
F. Produk Pembakaran.....	59
DAFTAR PUSTAKA.....	61

BAB 4	FAKTOR - FAKTOR YANG MEMPENGARUHI KERJA ZAT TOKSIK	
	Oleh: Islawati, S.Pd., M.Pd.....	63
	A. Pendahuluan	63
	B. Faktor - Faktor yang Mempengaruhi Kerja Zat	64
	DAFTAR PUSTAKA	85
BAB 5	PENETAPAN KISARAN DOSIS	
	Oleh: Livia Elsa, S.Si., M.Si.....	88
	A. Pendahuluan	88
	B. Pengendalian Bahan Kimia Berbahaya	90
	C. Pajanan, Paparan, dan Dosis.....	92
	D. Penetapan Kisaran Dosis.....	95
	DAFTAR PUSTAKA	100
BAB 6	EFEK BIOLOGIS ZAT TOKSIK	
	Oleh: Indah Ade Prianti, S.K.M., M.P.H.	101
	A. Pendahuluan	101
	B. Tahap Mekanisme Efek Toksik.....	101
	C. Efek Toksik Berdasarkan Lokasi.....	104
	D. Bioakumulasi.....	110
	DAFTAR PUSTAKA	112
BAB 7	PENILAIAN KUALITAS PERAIRAN SECARA FISIKA, KIMIA, DAN BIOLOGI	
	Oleh: Wiwin Aprianie, S.Pd., M.Si	113
	A. Kualitas Perairan.....	113
	B. Karakteristik Fisik.....	114
	C. Karakteristik Kimia.....	115
	D. Karakteristik Mikrobiologi.....	120
	DAFTAR PUSTAKA	122
BAB 8	PENCEMARAN PERAIRAN	
	Oleh: Putri Ayuningtias Mahdang, S.KM., M.KKK.....	126
	A. Pendahuluan	126
	B. Parameter Pencemaran Air	127
	C. Sumber Pencemaran Air.....	128
	D. Dampak Pencemaran Air Terhadap Kesehatan Manusia	133
	DAFTAR PUSTAKA	136

BAB 9 PENCEMARAN UDARA

Oleh: Prof. Dr. Ir. Aminuddin Mane Kandari, M.Si	138
A. Pendahuluan.....	138
B. Definisi dan Pengertian Pencemaran Udara.....	142
C. Klasifikasi Pencemaran Udara	145
D. Kriteria dan Standar Pencemaran Udara	155
E. Faktor – Faktor yang Mempengaruhi Pencemaran Udara	157
F. Dampak Pencemaran Udara	157
G. Pencegahan dan Pengendalian Pencemaran Udara...	163
H. Penutup	165
DAFTAR PUSTAKA.....	167

BAB 10 PENGARUH POLUTAN UDARA TERHADAP LINGKUNGAN

Oleh: Dr. Khambali, ST., MPPM	171
A. Pendahuluan.....	171
B. Sumber Pencemaran Udara.....	172
C. Jenis Pencemar Udara	176
D. Kondisi Lingkungan yang Memicu Terjadinya Pencemaran Udara	181
E. Dampak Adanya Polutan Udara Terhadap Lingkungan.....	182
F. Penutup	186
DAFTAR PUSTAKA.....	188

BAB 11 PEMERIKSAAN KUALITAS UDARA AMBIEN

Oleh: Rachmaniyah, SKM., M.Kes	191
A. Pendahuluan.....	191
B. Konsep dalam Pengambilan Sampel Uji	194
C. Pemeriksaan Kualitas Udara Ambien	199
DAFTAR PUSTAKA.....	208

BAB 12 INTOKSIKASI LOGAM BERAT

Oleh: dr. Ma'rifatul Ula, Sp. FM	209
A. Pendahuluan.....	209
B. Sejarah Intoksikasi Logam Berat.....	210
C. Jenis Logam Berat dan Perannya dalam Toksikologi Industri.....	210
D. Mekanisme Toksikologi.....	211

E. Studi Kasus Keracunan Logam Berat.....	216
F. Diagnosis dan Penemuan Klinis Keracunan Logam Berat	216
G. Pengelolaan dan Pencegahan Intoksikasi Logam Berat	218
H. Regulasi dan Kebijakan	219
DAFTAR PUSTAKA	221
BAB 13 TOKSIKOLOGI PESTISIDA	
Oleh: Muawanah, ST., M.Si	226
A. Pendahuluan	226
B. Pengertian Pestisida.....	227
C. Penggolongan Pestisida.....	228
D. Jalur Masuk Pestisida	232
E. Keracunan dan Toksisitas Pestisida	233
F. Mekanisme Kerja Pestisida	234
G. Dampak Toksisitas Pestisida.....	237
DAFTAR PUSTAKA	239
TENTANG PENULIS	241

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1.	Cara Masuk Xenobiotik ke dalam Tubuh Manusia	7
Gambar 1.2.	Biakumulasi dan Biomagnifikasi di Makhluk Hidup Akuatik	10
Gambar 1.3.	Contoh Pola <i>Clustered</i> , <i>Dispersed</i> dan <i>Random</i>	23
Gambar 5.1.	Rute Paparan Toksik	92
Gambar 7. 1.	Uji konfirmasi koliform dan fecal koliform; (a) koloni koliform di VRBA; (b) Uji fermentasi laktosa-positif koliform di BGB; (c) koloni fecal koliform di BGA; (d) tes fecal koliform positif di MB.....	120
Gambar 9.1.	Peringkat Pencemaran Udara Tertinggi di Dunia	140
Gambar 9.2.	Berbagai Penyakit Akibat Polusi Udara di Dunia	141
Gambar 9.3.	Klasifikasi Pencemar Udara Menurut Bentuknya.....	151
Gambar 9.4.	Visualisasi Polusi PM 10 dan PM 2.5	152
Gambar 9.5.	Ilustrasi Beberapa Sumber Pencemar Udara dan Bentuk Pencemar serta Efek yang Ditimbulkan	163
Gambar 10.1.	Siklus atau Proses Pencemaran Amonia	175
Gambar 10.2.	Polutan Primer dan Sekunder	176
Gambar 10.3.	Proses Hujan Asam	184
Gambar 10.4.	Proses Terjadinya Eutrofikasi.....	185
Gambar 10.5.	Kabut Asap.....	185
Gambar 11.1.	Penggunaan ISPU di Indonesia.....	193
Gambar 11.2.	Sumber Titik.....	195
Gambar 11.3.	Arah Angin Dominan dalam Pengambilan Sampel.....	196
Gambar 11.4.	Sumber Garis.....	196
Gambar 13.1.	Struktur Kimia DDT	229
Gambar 13.2.	Struktur Kimia Golongan Organofosfat	230
Gambar 13.3.	Struktur Kimia Karbofuran	231

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1. Klasifikasi Insektisida	53
Tabel 3.2. Contoh Bahan Kimia Organik yang Digunakan Sebagai Bahan Tambahan Makanan.....	56
Tabel 5.1. Kategori Toksisitas Relatif	97
Tabel 9.1. Komposisi Udara Kering di Atmosfer (0 - 2 km)	142
Tabel 9.2. Kriteria Udara Bersih dan Udara Tercemar Menurut WHO.....	143
Tabel 9.3. Jenis Polutan, Sumber dan Efeknya pada Tingkat Global, Tumbuhan dan Hewan.....	149
Tabel 9.4. Kriteria Pencemaran Udara Berdasarkan Jenis.....	155
Tabel 9.5. Indeks Standar Pencemar Udara (ISPU), Kategori, Dampak dan Kode Warna	157
Tabel 11.1. Baku Mutu Udara Ambien	192
Tabel 11.2. Kategorian Kualitas Udara Dasar ISPU.....	193
Tabel 13.1. Golongan Pestisida Berdasarkan Toksisitasnya	231



TOKSIKOLOGI LINGKUNGAN DAN INDUSTRI

Haidina Ali, SST, S.Kep., M.Kes

Demes Nurmayanti, ST., M.Kes

Nur Qadri Rasyid, S.Si., M.Si

Islawati, S. Pd., M.Pd

Livia Elsa, S.Si., M.Si

Indah Ade Prianti, S.K.M., M.P.H

Wiwin Aprianie, S.Pd., M.Si

Putri Ayuningtias Mahdang, S.KM., M.KKK

Prof. Dr. Ir. Aminuddin Mane Kandari, M.Si

Dr.Khambali, ST., MPPM

Rachmamiyah, SKM. M.Kes

dr. Ma'rifatul Ula, Sp.FM

Muawanah, ST., M.Si



BAB 1

KONSEP DASAR TOKSIKOLOGI LINGKUNGAN DAN INDUSTRI

Haidina Ali, SST., S.Kep., M.Kes

A. Konsep Toksikologi Lingkungan dan Industri

Konsep toksik (racun), meskipun sudah dikenal secara umum namun sesungguhnya memiliki arti sangat luas. Bagi orang awam, toksik merupakan sinonim dari kata beracun. Racun didefinisikan sebagai zat kimia dengan tingkat toksisitas tinggi bagi manusia dan makhluk hidup lainnya. Doull dan Bruce (1986) menyatakan bahwa racun adalah agen penyebab kerusakan dan kematian pada makhluk hidup apabila terpejan atau terabsorpsi tubuh.

Toksikologi merupakan cabang ilmu yang mempelajari tentang sifat, pengaruh, dan cara mendeteksi agen toksik. Toksikologi berasal dari bahasa Yunani, yakni *toxicon* berarti racun dan *logos* berarti ilmu. Sehingga, Truhaut (1974) mendefinisikan toksikologi sebagai ilmu pengetahuan mengenai substansi beracun (toksik), yang dapat menyebabkan perubahan atau gangguan pada fungsi-fungsi suatu organisme sehingga bisa memberi dampak serius dan berbahaya bagi organisme target, seperti kematian.

Manusia dan organisme lainnya, dapat terpapar oleh zat-zat toksik melalui berbagai sumber seperti udara, air, makanan, dan sebagainya. Paparan ini pada umumnya secara akut tidak membahayakan, namun dapat memberi efek buruk pada jangka panjang. Penurunan kualitas pada lingkungan sebagai dampak dari kemajuan zaman dan peningkatan industrialisasi menyebabkan cemaran tersebut dapat semakin meluas. Toksikologi

DAFTAR PUSTAKA

- Ariens, E.J., Mutschler, F., Simon, A.M., 1993, *Pengantar Toksikologi Umum*, Diterjemahkan oleh Yoke R. Wattimena, Mathilda B. Widiyanto, Elin Yulinah Sukandar, Cetakan kedua, Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
- Beek, B., 2000, Bioaccumulation: New Aspects and Developments, *In Handbook of Environmental Chemistry*, Vol. 2: Reactions and Processes, Part J, edited by Otto Hutzinger, Springer-Verlag, New York.
- Darsono, V., 1992, *Pengantar Ilmu Lingkungan*, Penerbit Universitas Atmajaya, Yogyakarta.
- Doull J., and Bruce M.C., 1986, "Origin and Scope of Toxicology" in *Casarett and Doull's Toxicology: The Basic Science of Poisons*, 3rd edition, pp 3-10, Macmillan Publishing Company, New York.
- Duffus, J.H., 1980, *Environmental Toxicology*, Edward Arnold, London.
- Frank C.Lu., 1995, *Toksikologi Dasar: Asas, Organ Sasaran, dan Penilaian Resiko*, Diterjemahkan oleh Edi Nugroho, Zumilda S. Bustami, Iwan Darmansyah, Edisi Kedua, Universitas Indonesia Press, Jakarta.
- Hodgson, Ernest, 2004, *A Textbook of Modern Toxicology*, 3rd Edition, John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey.
- Hollinger, M.A., Derelanko M.J., 2002, *Handbook of Toxicology*, 2nd Edition, CRC Press LLC, US.
- Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat. 2014. *Peraturan Menteri Perumahan Rakyat Republik Indonesia Nomor 12 Tahun 2014 Tentang Pedoman Penyusunan Rencana Pembangunan dan Pengembangan Perumahan Dan Kawasan Permukiman Daerah Provinsi Dan Daerah Kabupaten/Kota*. Jakarta: Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat.

- Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat. 2016. Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Republik Indonesia Nomor 02/PRT/M/2016 Tentang Peningkatan Kualitas Terhadap Perumahan Kumuh dan Permukiman Kumuh. *Berita Negara Republik Indonesia Tahun 2016* No. 172. Jakarta: Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat.
- Koeman J.H., 1987, *Pengantar Umum Toksikologi*, Terjemahan oleh R.H. Yudono, UGM Press, Yogyakarta.
- Loomis, T.A., 1978. *Essentials of Toxicology*. 3rd edition, pp 245, Lea & Febiger, Philadelphia.
- Mukono, H.J., 2008, *Pencemaran Udara dan Pengaruhnya Terhadap Gangguan Saluran Pernafasan*, Cetakan Ketiga, Airlangga University Press, Surabaya.
- Mutschler, E., 1999, *Arzneimittelwirkungen: Lehrbuch der Pharmakologie und Toxikologie; mit einführenden Kapiteln in die Anatomie, Physiologie und Pathophysiologie, Unter mitarb, von Schäfer-Korting, -7 völlig neu bearb, und erw, Aufl., Wiss, Verl.-Ges, Stuttgart.*
- Puspitasari R, 2007, Laju Polutan dalam Ekosistem Laut. Oseana, Volume XXXII. *Jurnal Pusat Penelitian Oseanografi- LIPI*, Jakarta.
- Republik Indonesia. 2011. Undang-Undang No.1 Tahun 2011 tentang Perumahan dan Kawasan Permukiman. *Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 2011 Nomor 7*. Jakarta: Sekretariat Negara.
- Republik Indonesia. 2016. Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No 14 Tahun 2016 Tentang Penyelenggaraan Perumahan dan Kawasan Permukiman. *Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 2016 Nomor 101*. Jakarta

- Republik Indonesia. 2016. Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No 64 Tahun 2016 Tentang Pembangunan Perumahan Masyarakat Berpenghasilan Rendah. *Lembaran Negara RI Tahun 2016 No. 316*. Jakarta
- Setyawan, 2013, Mikro Anatomi Insang sebagai Indikator Pencemaran Logam Berat di Perairan Kaligarang Semarang, *Unnes Journal of Life Science* 2 (1) ISSN 2252-6277. Universitas Negeri Semarang.
- Syam, Nasrudin, 2016, *Efek Toksik Xenobiotik, Bahan Ajar Fakultas Kesehatan Masyarakat*, Universitas Muslim Indonesia.
- Truhaut R, 1974, *Ecotoxicologie et Protection De L'environnement*, Abst. Col 'Biologie et Devenir de L'homme', pp. 101-121, MacGraw-Hill-Ediscience.
- Turner, John F.C. 1976. *Housing By People. Towards Autonomy in Building Environments*. London: Marion Boyars
- Wirasuta I.M.A.G., dan Niruri R., 2006, *Buku Ajar Toksikologi Umum*, Jurusan Farmasi FMIPA Universitas Udayana, Bali.
- Yudohusodo, Siswono. 1991. *Rumah Untuk Seluruh Rakyat*. Jakarta: Yayasan Padamu Negeri

BAB 2

TIPE - TIPE SUBSTANSI TOKSIK, AGEN - AGEN TOKSIK

Demes Nurmayanti, ST., M.Kes

A. Tipe - Tipe Substansi Toksik

Substansi toksik adalah zat atau bahan kimia yang menyebabkan keracunan atau efek merugikan pada organisme hidup. Sifat - sifat toksik dari substansi tersebut dapat menyebabkan berbagai masalah kesehatan, mulai dari iritasi ringan hingga kerusakan organ yang serius atau bahkan kematian dalam kasus yang ekstrim. Toksisitas substansi dapat bervariasi tergantung pada dosis, cara paparan, lama paparan, dan faktor - faktor lainnya (Niruri & Wirasuta, 2006).

Substansi toksik dapat ditemukan dalam berbagai bentuk, (Kanwar, 2022) seperti:

1. Bahan Biologis Beracun

Racun yang berasal dari mikroorganisme seperti bakteri, virus, jamur, atau racun dari tanaman atau hewan tertentu. Berikut adalah beberapa contoh toksin biologis dan organisme yang menghasilkannya:

a. Botulinum Toxin

Diproduksi oleh bakteri *Clostridium botulinum* adalah salah satu toksin yang paling beracun. Toksin ini dapat menyebabkan botulisme, suatu kondisi yang dapat mengakibatkan kelumpuhan otot dan bahkan kematian jika tidak diobati.

DAFTAR PUSTAKA

- Brvar, M. (2014). Interstitial Pneumonitis After Acetylene Welding: A Case Report. *International Journal of Occupational Medicine and Environmental Health*, 27(1), 132-136. <https://doi.org/10.2478/s13382-014-0235-2>
- Citi, V., Passerini, M., Calderone, V., & Testai, L. (2023). Plants and Mushrooms as Possible New Sources of H₂S Releasing Sulfur Compounds. *International Journal of Molecular Sciences*, 24(15). <https://doi.org/10.3390/ijms241511886>
- Ding, K., Zhuo, P., Ge, M., Liao, X., Mo, J., Liu, S., Xu, Q., & Zhang, X. (2023). Metabolic profiling of *Apostichopus Japonicus* Body Wall Exposed To A Typical Type of PBDEs: Potential Health Risks And Impact On Sea Cucumber Health. *Frontiers in Marine Science*, 10(September), 1-16. <https://doi.org/10.3389/fmars.2023.1205538>
- Espinoza, J., Medina, C., Calabi-Floody, A., Sánchez-Alonso, E., Valdés, G., & Quiroz, A. (2020). Evaluation Of Reductions In Fume Emissions (Vocs And Svocs) From Warm Mix Asphalt Incorporating Natural Zeolite And Reclaimed Asphalt Pavement For Sustainable Pavements. *Sustainability* (Switzerland), 12(22), 1-17. <https://doi.org/10.3390/su12229546>
- Golomb, B. A., Berg, B. K., & Han, J. H. (2024). Susceptibility To Radiation Adverse Effects In Veterans With Gulf War Illness And Healthy Civilians. *Scientific Reports*, 14(1), 1-16. <https://doi.org/10.1038/s41598-023-50083-7>
- Kanwar, R. (2022). Biological, Physical And Chemical Synthesis Of Silver Nanoparticles And Their Non-Toxic Bio-Chemical Application: A Brief Review. *Pure and Applied Biology*, 11(2), 421-438. <https://doi.org/10.19045/bspab.2022.110042>
- Kirkland, K. H., & Rosenman, K. D. (2022). Association of Occupational And Environmental Clinics Exposure Code System And Criteria For Substances That Cause Work-

- Related Asthma. *Occupational and Environmental Medicine*, 79(4), 287–288. <https://doi.org/10.1136/oemed-2021-108174>
- Liu, G., Chen, T., Cui, J., Zhao, Y., Li, Z., Liang, W., Sun, J., Liu, Z., & Xiao, T. (2023). Trace Metal(loid) Migration from Road Dust to Local Vegetables and Tree Tissues and the Bioaccessibility-Based Health Risk: Impacts of Vehicle Operation-Associated Emissions. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 20(3). <https://doi.org/10.3390/ijerph20032520>
- Masanja, F., Yang, K., Xu, Y., He, G., Liu, X., Xu, X., Xiaoyan, J., Xin, L., Mkuye, R., Deng, Y., & Zhao, L. (2023). Impacts of Marine Heat Extremes On Bivalves. *Frontiers in Marine Science*, 10(June), 1–19. <https://doi.org/10.3389/fmars.2023.1159261>
- Mascarenhas, C., Sousa, A. C. A., & Rato, L. (2024). Effects of Pharmaceutical Substances with Obesogenic Activity on Male Reproductive Health. *International Journal of Molecular Sciences*, 25(4), 2324. <https://doi.org/10.3390/ijms25042324>
- Newman Taylor, A. J. (1988). Occupational Asthma. *Postgraduate Medical Journal*, 64(753), 505–510. <https://doi.org/10.1136/pgmj.64.753.505>
- Niruri & Wirasuta. (2006). *Buku Ajar Toksikologi Umum*. https://www.academia.edu/15602276/Buku_Ajar_Toksikologi_Umum
- Salih, K. A. (2023). Environmental Risks Study of Toxic Metals Contamination for Medical Wastes. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1232(1), 1–11. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1232/1/012017>
- Sauvé, S. (2024). *Toxicology, Environmental Chemistry, Ecotoxicology, and One Health: definitions and paths for future research*. March, 1–5. <https://doi.org/10.3389/fenvs.2024.1303705>
- Van Quang, H., Vuong, N. B., Trang, B. N. L., Toan, N. L., & Van Tong, H. (2024). Association of UGT1A1 Gene Variants, Expression Levels, And Enzyme Concentrations with 2,3,7,8-TCDD Exposure In Individuals Exposed to Agent Orange/

Dioxin. *Scientific Reports*, 14(1), 3315. <https://doi.org/10.1038/s41598-024-54004-0>

BAB 3

KLASIFIKASI TOKSIKAN BERDASARKAN JENISNYA

Nur Qadri Rasyid, S.Si., M.Si

A. Pendahuluan

Toksikologi memiliki cakupan yang luas dan berkaitan dengan studi toksisitas bahan kimia yang digunakan:

1. Dalam pengobatan untuk tujuan diagnostik, pencegahan, dan terapeutik;
2. Dalam industri makanan sebagai bahan tambahan langsung dan tidak langsung;
3. Di bidang pertanian sebagai pestisida, zat pengatur tumbuh, penyerbuk buatan, dan bahan tambahan pakan ternak; dan
4. Dalam industri kimia sebagai pelarut, komponen, dan zat antara plastik dan banyak jenis bahan kimia lainnya. Hal ini juga berkaitan dengan dampak kesehatan dari logam (seperti di pertambangan dan pabrik peleburan), produk minyak bumi, kertas dan pulp (Lu & Kacew, 2009).

Masyarakat umum terpapar berbagai racun, melalui udara dan air, kontak dengan kulit serta dari makanan sebagai bahan tambahan, pestisida, dan kontaminan, seringkali dalam kadar rendah yang mungkin tidak berbahaya secara akut namun memiliki efek samping jangka panjang. Sumber zat-zat toksin, transportasi, degradasi, dan biokonsentrasinya di lingkungan, serta pengaruhnya terhadap manusia dibahas dalam toksikologi lingkungan.

Toksikologi lingkungan adalah studi tentang dampak polutan terhadap struktur dan fungsi sistem ekologi. Cakupan toksikologi lingkungan yang luas memerlukan pendekatan

DAFTAR PUSTAKA

- Aparecida, M., Campos Ventura-Camargo, B. de, & Miyuki, M. (2013). Toxicity of Herbicides: Impact on Aquatic and Soil Biota and Human Health. In *Herbicides - Current Research and Case Studies in Use*. *InTech*. <https://doi.org/10.5772/55851>.
- Barile, F. A. (2010). *Clinical Toxicology: Principles And Mechanisms*. Informa Healthcare.
- Gilbert, Steven G., (2005). *A Small Dose of Toxicology*. CRC Press. New York
- Hodgson, E. (2010). *A Textbook Of Modern Toxicology*. John Wiley & Sons.
- Landis, W., Sofield, R., & Yu, M.-H. (2017). *Introduction to Environmental Toxicology* (fifth edition). CRC Press.
- Lu, F. C., & Kacew, Sam. (2009). *Lu's Basic Toxicology: Fundamentals, Target Organs, and Risk Assessment*. Informa Healthcare.
- Manahan, S. E. (2003). *Toxicological Chemistry And Biochemistry*. Lewis Pub.
- Neumann (2001). *Health Risk Of Combustion Products: Toxicological Considerations*. 42 (5-7), 0-479. doi:10.1016/s0045-6535 (00)00219-8
- Sokan-Adeaga, A. A., Sokan-Adeaga, M. A., Sokan-Adeaga, E. D., Oparaji, A. N., Edris, H., Tella, E. O., Balogun, F. A., Aledeh, M., & Amubieya, O. E. (2023). Environmental toxicants and health adversities: A review on interventions of phytochemicals. In *Journal of Public Health Research* (Vol. 12, Issue 2). SAGE Publications Ltd. <https://doi.org/10.1177/22799036231181226>
- Uzma, N., Khaja, B. M., Salar, M., Santhosh Kumar, B., Aziz, N., David, M. A., & Reddy, V. D. (2008). Impact of Organic Solvents and Environmental Pollutants on the Physiological

Function in Petrol Filling Workers. In *Int. J. Environ. Res. Public Health* (Vol. 5, Issue 3). www.ijerph.org

Wakefield, J. C., & Health Protection Agency (Great Britain). Chemical Hazards and Poisons Division. (2010). A toxicological review of the products of combustion. *Health Protection Agency, Centre for Radiation, Chemical and Environmental Hazards, Chemical Hazards and Poisons Division*.

Williams, P. L., James, R. C., & Roberts, S. M. (2000). *Principles of Toxicology: Environmental And Industrial Applications*. Wiley.

Zakrzewski, S. F. (2002). *Environmental Toxicology*, Third Edition (third edition). Oxford University Press.

BAB 4

FAKTOR - FAKTOR YANG MEMPENGARUHI KERJA ZAT TOKSIK

Islawati, S.Pd., M.Pd

A. Pendahuluan

Zat toksik telah menjadi perhatian utama dalam bidang kesehatan dan lingkungan, karena kemampuannya untuk menyebabkan berbagai masalah kesehatan dan lingkungan yang serius. Faktor - faktor yang mempengaruhi cara kerja zat toksik sangat kompleks dan dapat bervariasi tergantung pada berbagai kondisi. Memahami faktor - faktor ini menjadi kunci dalam upaya untuk mengelola dan mengurangi risiko paparan terhadap zat berbahaya ini. Dosis zat toksik adalah faktor yang paling mendasar dalam menentukan tingkat keparahan efeknya. Semakin tinggi dosis yang diterima, semakin berat pula dampak yang mungkin ditimbulkannya pada tubuh manusia. Dosis yang rendah mungkin tidak menimbulkan efek yang terlihat, sementara dosis yang tinggi bisa menyebabkan kerusakan serius.

Dalam memahami toksisitas zat, terdapat tiga faktor utama yang perlu dipertimbangkan: faktor - faktor yang berkaitan dengan zat itu sendiri, faktor - faktor yang berkaitan dengan organisme yang terpapar, dan faktor - faktor yang terkait dengan interaksi antara zat dan organisme.

DAFTAR PUSTAKA

- Brabete, A.C. et al. (2020) 'Sex- and Gender-Based Analysis in Cannabis Treatment Outcomes: A Systematic Review', *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(3), p. 872. Available at: <https://doi.org/10.3390/ijerph17030872>.
- Fath, M.A. (2021) 'Pengaruh Kualitas Udara dan Kondisi Iklim terhadap Perekonomian Masyarakat (Literature Review)', *Media Gizi Kesmas*, 10(2), p. 329. Available at: <https://doi.org/10.20473/mgk.v10i2.2021.329-342>.
- Fenton, S.E. et al. (2021) 'Per- and Polyfluoroalkyl Substance Toxicity and Human Health Review: Current State of Knowledge and Strategies for Informing Future Research', *Environmental Toxicology and Chemistry*, 40(3), pp. 606–630. Available at: <https://doi.org/10.1002/etc.4890>.
- Fuselli, S. (2019) 'Beyond drugs: the evolution of genes involved in human response to medications', *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 286(1913), p. 20191716. Available at: <https://doi.org/10.1098/rspb.2019.1716>.
- Greaves, L. and Hemsing, N. (2020) 'Sex and Gender Interactions on the Use and Impact of Recreational Cannabis', *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(2), p. 509. Available at: <https://doi.org/10.3390/ijerph17020509>.
- Martin, D. et al. (2020) 'Sarcopenia Is Associated With Hematologic Toxicity During Chemoradiotherapy in Patients With Anal Carcinoma', *Frontiers in Oncology*, 10. Available at: <https://doi.org/10.3389/fonc.2020.01576>.
- Medici, F. et al. (2022) 'Everything You Always Wanted to Know about Sarcopenia but Were Afraid to Ask: A Quick Guide for Radiation Oncologists (Impact of Sarcopenia in Radiotherapy: The AFRAID Project)', *Current Oncology*, 29(11), pp. 8513–8528. Available at: <https://doi.org/10.3390/curroncol29110671>.

- Montano, L. et al. (2022) 'Polychlorinated Biphenyls (PCBs) in the Environment: Occupational and Exposure Events, Effects on Human Health and Fertility', *Toxics*, 10(7), p. 365. Available at: <https://doi.org/10.3390/toxics10070365>.
- Najam, S.B. and Z.H.B. (2023) 'Predicting Role of Parental Relationship on the Self-Concept and Body Image of Daughters', *Pakistan Journal of Psychological Research*, 38(1), pp. 131-146. Available at: <https://doi.org/10.33824/PJPR.2023.38.1.09>.
- Nurma Sari et al. (2023) 'Toksistas Akut Infusa Daun Pepaya Calina jantan (*Carica papaya* L.) Pada Mencit Betina', *Current Biomedicine*, pp. 46-53. Available at: <https://doi.org/10.29244/currbiomed.1.1.46-53>.
- Othman, N. et al. (2022) 'A Review of Polychlorinated Biphenyls (PCBs) Pollution in the Air: Where and How Much Are We Exposed to?', *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(21), p. 13923. Available at: <https://doi.org/10.3390/ijerph192113923>.
- Sarpong, J.O. and Mandal, A. (2022) 'S2928 A Novel Case of Drug-Induced Acute Liver Injury Following Intravenous Iron Therapy', *American Journal of Gastroenterology*, 117(10S), pp. e1904-e1904. Available at: <https://doi.org/10.14309/01.ajg.0000868352.63186.4e>.
- Sfendla, A. et al. (2022) 'Swedish High School Students' Drug and Alcohol Use Habits throughout 2020', *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(24), p. 16928. Available at: <https://doi.org/10.3390/ijerph192416928>.
- Tian, M. et al. (2022) 'Toxicological Mechanism of Individual Susceptibility to Formaldehyde-Induced Respiratory Effects', *Environmental Science & Technology*, 56(10), pp. 6511-6524. Available at: <https://doi.org/10.1021/acs.est.1c07945>.

- Ulfindrayani, I.F. et al. (2019) 'Pengaruh Ekstraksi SiO₂ dari Lumpur Lapindo Terhadap Daya Adsorpsinya pada Larutan Metil Orange', *CHEESA: Chemical Engineering Research Articles*, 2(2), p. 50. Available at: <https://doi.org/10.25273/cheesa.v2i2.5108>.
- Usman, M.B. et al. (2021) 'Genetic Polymorphisms and Pesticide-Induced DNA Damage: A Review', *The Open Biotechnology Journal*, 15(1), pp. 119-130. Available at: <https://doi.org/10.2174/1874070702115010119>.
- Wang, Q. et al. (2023) 'Advances in the investigation of the role of autophagy in the etiology of chronic obstructive pulmonary disease: A review', *Medicine*, 102(47), p. e36390. Available at: <https://doi.org/10.1097/MD.0000000000036390>.
- Younossi, Z.M. (2019) 'Non-alcoholic fatty liver disease - A global public health perspective', *Journal of Hepatology*, 70(3), pp. 531-544. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.jhep.2018.10.033>.
- Zahrox, I.F., Hairrudin, H. and Sofiana, K.D. (2021) 'Hubungan Paparan Pestisida dengan Kadar SGOT dan SGPT Petani di Desa Pakis Kabupaten Jember', *Jurnal Kesehatan Lingkungan Indonesia*, 20(1), pp. 47-52. Available at: <https://doi.org/10.14710/jkli.20.1.47-52>.
- Zeng, Q. et al. (2023) 'Clinical effect of aerobic exercise training in chronic obstructive pulmonary disease: A retrospective study', *Medicine*, 102(42), p. e35573. Available at: <https://doi.org/10.1097/MD.0000000000035573>.

BAB 5

PENETAPAN KISARAN DOSIS

Livia Elsa, S.Si., M.Si

A. Pendahuluan

Mengutip dari ungkapan seorang bapak toksikologi pada sekitar abad ke-15 yang bernama Paracelsus dikatakan bahwa “semua zat merupakan racun (toksik) dan tidak ada yang bukan racun, dosis yang tepatlah yang akan membedakan suatu zat itu racun atau obat” (Budiawan, 2008). Dari ungkapan tersebut dapat kita pahami bahwa pada dasarnya semua zat yang ada dimuka bumi ini adalah racun apabila kita tidak menggunakan dalam dosis yang tepat. Sebagai contoh air yang kita gunakan untuk minum (H_2O) yang merupakan zat yang kita anggap paling aman dikonsumsi sehari-hari, namun apabila dikonsumsi dalam jumlah yang salah justru bisa membahayakan juga. Artinya dari sini dapat kita simpulkan bahwa dosis sangatlah penting untuk menjadikan zat-zat tersebut menjadi toksik atau tidak.

Toksikan atau zat toksik secara umum berasal dari senyawa - senyawa kimia seperti gas karbon monoksida, dari biologis seperti virus, bisa hewan, racun jamur, dari radiasi biasanya dari radiasi radioaktif atau juga radiasi nuklir, dan secara fisik seperti karena faktor cuaca panas atau dingin ekstrim, suara atau tekanan yang dapat merusak organ - organ tubuh (Haryanto *et al.*, 2021).

Keracunan menjadi salah satu kejadian yang sering kita jumpai. Mulai dari keracunan dalam skala kecil sampai skala besar. Sebagai contoh ada kejadian seorang anak yang

DAFTAR PUSTAKA

- Azteria, V. A. (2019) 'Penanganan Bahan Kimia Berbahaya Pada Bagian Pengecatan Mobil (Studi Kasus: Auto 2000 Body and Paint Balikpapan)', *Identifikasi: Jurnal Ilmiah Keselamatan, Kesehatan Kerja dan Lindungan Lingkungan*, 5(1), pp. 54–67. doi: 10.36277/identifikasi.v5i1.73.
- Badan Standardisasi Nasional. 2015. SNI 19-0292-2005. *Nilai Ambang Batas (NAB) Zat Kimia Di Udara Tempat Kerja*. Jakarta. BSN.
- Budiawan, N. (2008) 'Peran Toksikologi Forensik Dalam Mengungkap Kasus Keracunan Dan Pencemaran Lingkungan', *Universitas Indonesia Indonesian Journal of Legal and Forensic Sciences*, 1(1), pp. 35–39.
- Costa, D. L. (2018) 'Historical Highlights Of Air Pollution Toxicology', *Toxicological Sciences*, 164(1), pp. 5–8. doi: 10.1093/toxsci/kfy117.
- Haryanto et al. (2021). *Toksikologi Dasar*. Penerbit Cv. Eureka Media Aksara.
- Keputusan Menteri Tenaga Kerja Nomor: KEP.187/MEN/1999 tentang Pengendali Bahan Kimia Berbahaya di Tempat Kerja.
- Kurniawidjaja, L. M. et al. (2021). *Konsep Dasar Toksikologi Industri*, Fkm Ui.
- Yenni, M., Sugiarto and Husaini, A. (2021) 'Analisis Kadar Logam Timbal Darah Petugas Stasiun Pengisian Bensin Umum (Spbu) Kota Jambi', Cetak) *Journal of Innovation Research and Knowledge*, 1(5), p. 773.

BAB 6

EFEK BIOLOGIS ZAT TOKSIK

Indah Ade Prianti, S.K.M., M.P.H.

A. Pendahuluan

Efek toksik yang terjadi pada manusia dapat dipengaruhi oleh sifat fisik dan aktivitas kimia dalam tubuh, dosis dan hubungan dosis-waktu, rute pajanan toksikan masuk ke dalam tubuh, spesies, usia, jenis kelamin, kemudahan toksikan diabsorpsi oleh tubuh, kemampuan metabolisme tubuh, distribusi dalam tubuh, proses ekskresi, kondisi kesehatan/ riwayat kesehatan, status gizi, serta adanya bahan kimia lain dalam tubuh.

B. Tahap Mekanisme Efek Toksik

Mekanisme toksik pada umumnya didefinisikan sebagai hasil dari sederetan proses fisika, biokimia, dan biologis yang sangat rumit dan kompleks. Berdasarkan kerja toksik dan mekanisme kerjanya, dapat dibedakan dua yaitu sebagai berikut:

1. Mekanisme toksik dimana suatu proses interaksi kimia antara zat senyawa atau metabolitnya dengan substrat biologik yang membentuk ikatan kimia kovalen dengan sifat tidak bolak - balik (*irreversible*).
2. Pengaruh toksik dimana perubahan fungsional akibat interaksi bolak - balik (*reversible*) antara zat asing (xenobiotik) dengan substrat.

DAFTAR PUSTAKA

- Beek, B., 2000, Bioaccumulation: New Aspects and Developments, *In Handbook of Environmental Chemistry, Vol. 2: Reactions and Processes, Part J*, edited by Otto Hutzinger, Springer-Verlag, New York.
- Klaassen, C. D. and Watkins III, J. B. (2015). *Casarett & Doull's Essential of Toxicology*. McGraw-Hill Companies, Inc.
- NIH (2018a). *Types of Systemic Toxic Effects*. Available at: <https://tox tutor.nlm.nih.gov/03-003.html> (Accessed: 20 November 2020).
- Syam, Nasrudin, 2016, Efek Toksik Xenobiotik, *Bahan Ajar Fakultas Kesehatan Masyarakat*, Universitas Muslim Indonesia.
- Winder, C. and Stacey, N. (2005). *Occupational Toxicology*. 2nd edn. CRC PRESS.
- Wirasuta I.M.A.G., dan Niruri R., 2006, *Buku Ajar Toksikologi Umum*, Jurusan Farmasi FMIPA Universitas Udayana, Bali.

BAB 7

PENILAIAN KUALITAS PERAIRAN SECARA FISIKA, KIMIA, DAN BIOLOGI

Wiwin Aprianie, S.Pd., M.Si

A. Kualitas Perairan

Kualitas perairan merupakan kondisi dan karakteristik air yang didasarkan dari konsentrasi komponen yang terkandung pada tingkat kontaminasi dan parameter fisika, kimiawi, dan mikrobiologi dengan membandingkan nilai standar baku mutu yang telah ditetapkan dengan tujuan tertentu untuk mengevaluasi tingkat kelayakan air untuk peruntukannya (Anzwar, 2020; Hertika *et al.*, 2022; Mudloifah dan Purnomo., 2023). Berdasarkan Peraturan Pemerintah Nomor 22 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup, kualitas perairan dibagi menjadi empat kelas tingkatan baku mutu air (Bahri *et al.*, 2020) antara lain:

1. Kelas I diperuntukan sebagai baku air minum yang dikonsumsi oleh manusia dalam kehidupan sehari - hari dan/atau peruntukan lain.
2. Kelas II diperuntukan bagi sarana/prasarana rekreasi air, budidaya ikan air tawar, perairan tanaman dan/atau peruntukan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut
3. Kelas III diperuntukan bagi pembudidayaan peternakan, ikan air tawar, perairan tanaman, dan/atau peruntukan lain.
4. Kelas IV diperuntukan bagi perairan tanaman dan/atau peruntukan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut.

DAFTAR PUSTAKA

- Azwar, A. (2020) Analisa Kuantitas dan Kualitas Air Sumur Bor di Desa Tihang Kecamatan Lengkiti Kabupaten Ogan Komering Ulu. *Jurnal Tekno Global*, 9(2), 63–71.
- Bahri, S., Harlianto, B., Saputra, H. E., Putra, A. H., & Sariyanti, M. (2020) Analisis Faktor Abiotik Sumber Air Sumur di Lingkungan Kawasan Pesisir Pantai: Studi Kasus Kawasan Kampus Universitas Bengkulu. *BIOEDUSAINS: Jurnal Pendidikan Biologi dan Sains*, 3(2), 186–194.
- Boyd C.E. (2015). *Water Quality: An Introduction*. Berlin: Springer.
- Cahyani, H, Harmadi H dan Wildian W. (2016) Pengembangan Alat Ukur Total Dissolved Solid (TDS) Berbasis Mikrokontroler dengan Beberapa Variasi Bentuk Sensor Konduktivitas. *Jurnal Fisika Unand*. 5(4):371-37.
- Cao, B., Qiu, J., Zhang, W., Xie, X., Lu, X., Yang, X., & Li, H. (2022) Retrieval of Suspended Sediment Concentrations in the Pearl River Estuary Using Multi-Source Satellite Imagery. *Remote Sensing*, 14 (16), 3896.
- Chen, X., Lu, J., Cui, T., Jiang, W., Tian, L., Chen, L., & Zhao, W. (2010) Coupling remote sensing retrieval with numerical simulation for SPM study – Taking Bohai Sea in China as a case. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, S203–S211.
- Du, Y., Song, K., Wang, Q., Li, S., Wen, Z., Liu, G., Tao, H., Shang, Y., Hou, J., Lyu, L., & Zhang, B. (2022) Total suspended solids characterization and management implications for lakes in East China. *Science of The Total Environment*, 806, 151374.
- Effendi, H. (2003). *Telaah Kualitas Air, Bagi Pengelolaan Sumber Daya dan Lingkungan Perairan*. Yogyakarta: Kanisius.
- Espinosa-Díaz, L.F., Y-T. Zapata-Rey, K. Ibarra-Gutierrez, & C.A. Bernal. (2021) Spatial and temporal changes of dissolved oxygen in waters of the Pajarales complex, Ciénaga Grande

- de Santa Marta: Two decades of monitoring. *Sci. Total Environ.*, 785: 147203.
- Hertika, Asus, M. S., Putra, Renanda. B. D. S., Arsad, S. (2022). *Buku Ajar Kualitas Air dan Pengelolaannya*. Malang: UB Pres.
- Hong, Yajun., Zhu, Ziwei. & Liao, Wei. (2023) Freshwater Water - Quality Criteria for Chloride and Guidance for The Revision of The Water-Quality Standard in China. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 20 (2975).
- Kustanto, A. (2020) Dinamika pertumbuhan penduduk dan kualitas air di Indonesia. *JIEP*, 20(1): 12-20.
- Kusumaningtyas MA, Bramawanto R, Daulat A dan Pranowo WS, (2014). Kualitas Perairan Natuna pada Musim Transisi. *Depik*; 3(1): 10-20.
- Latuconsina, H. (2020). *Ekologi Perairan Tropis*. Edisi Ketiga: UGM Press. Yogyakarta.
- Megawati, C, Yusuf M dan Maslukah L, (2014) Sebaran Kualitas Perairan Ditinjau dari Zat Hara, Oksigen Terlarut dan pH di Perairan Selatan Bali Bagian Selatan. *Jurnal Oseanografi*; 3(2): 142-150.
- Mudloifah Istatik and Purnomo, T. (2023) Analisis Kualitas Perairan di Pantai Asmoroqondi Kecamatan Palang Kabupaten Tuban Menggunakan Metode Principal Component Analysis (PCA). *LenteraBio*, Vol. 12, Nomor 3: 273-280.
- Nugraha, D., Mustofa, N. S., & Subiyanto (2012) Pengaruh Perbedaan Suhu Terhadap Perkembangan Embrio, Daya Tetas Telur dan Kecepatan Penyerapan Kuning Telur Ikan Black Ghost (*Apteronotus albifrons*) Pada Skala Laboratorium. *Journal of Management of Aquatic Resources*, 1 (1): 1 – 6.
- Opdyke, D. (2008) Hydrodynamics and Water Quality: Modeling Rivers, Lakes, and Estuaries. *Eos, Transactions American Geophysical Union*, 89 (39), 366–366.

PP No. 22 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup.

Sandi, M. A., Arthana, W., & Sari A. H. W. (2017) Bioassessment dan Kualitas Air Daerah Aliran Sungai Legundi Probolinggo Jawa Timur. *Journal of Marine and Aquatic Sciences*, 3(2): 233-241.

Saputra, H. M., Sari, M., Purnomo, T., Suhartawan, B., Asnawi, I., Palupi, I. F. J., Sahabuddin, E. M., Sinaga J., Juhanto, A., Yuniarti, E., & Nur, S. (2023). *Analisis Kualitas Lingkungan*. Padang: Get Press Indonesia.

Shamimuzzaman, Md., Nayeem, R, H., Ara, N., Rahman, Md, M., Jahid, Md, I., & Hasan, Md, N. (2019) Physico-Chemical and Microbiological Quality Assesment of Supply Water around Dhaka City, Bangladesh. *Journal of Water Resource and Protection*, 11, 280-295.

Simanjuntak, M. (2012) Kualitas Air Laut Ditinjau dari Aspek Zat Hara, Oksigen Terlarut dan pH di Perairan Banggai, Sulawesi Tengah. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis*; 4(2): 290-303.

Sugianti, Y., dan Astuti, L. P. (2018) Respon Oksigen Terlarut Terhadap Pencemaran dan Pengaruhnya Terhadap Keberadaan Sumber Daya Ikan di Sungai Citarum. *Jurnal Teknologi Lingkungan*, 19(2): 203-211

Suheriyanto, D., & Kristanti, R. A. (2013) Keanekaragaman Biota Akuatik Sebagai Bioindikator Kualitas Air Sungai Brantas. *Saintis*, 2(1): 18-26.

Wicheisa, F. V., Hanani, Y., & Astorina, N. (2018) Penurunan Kadar Chemical Oxygen Demand (COD) Pada Limbah Cair Laundry Orens Tembalang dengan Berbagai Variasi Dosis Karbon Aktif Tempurung Kelapa. *Jurnal Kesehatan Masyarakat*, 6 (6): 135-142.

- Wulandari, M., Harfadli, M., & Rahmania. (2020) Penentuan Kondisi Kualitas Perairan Muara Sungai Sumber, Balikpapan, Kalimantan Timur dengan Metode Indeks Pencemaran (Pollution Index). *Specta Journal of Technology*, 4 (2): 23-34.
- Yudi, S. (2020) Kondisi Kualitas Air Sungai Ciliwung di DKI Jakarta ditinjau dari Parameter Organik, Amoniak, Fosfat, Detergen dan Bakteri coli. *Jurnal Akuakultur Indonesia*, 6(1) 34-42.
- Zhu, N., Ji, X., Tan, J., Jiang, Y., Guo, Y. (2021) Prediction of Dissolved Oxygen Concentration in Aquatic Systems Based on Transfer Learning. *Comput Electron. Agric.* 180: 105888.

BAB

8

PENCEMARAN PERAIRAN

Putri Ayuningtias Mahdang, S.KM., M.KKK

A. Pendahuluan

Air adalah salah satu sumber daya terbarukan yang penting untuk menopang segala bentuk kehidupan, produksi pangan, pembangunan ekonomi, dan kesejahteraan umum. Tidak mungkin untuk menggantikan sebagian besar kegunaannya, sulit untuk menghilangkan polusi, mahal untuk diangkut, dan ini benar - benar merupakan anugerah unik dari alam bagi umat manusia. Air juga merupakan salah satu sumber daya alam yang paling mudah dikelola karena mampu dialihkan, diangkut, disimpan, dan didaur ulang. Semua sifat ini memberi air manfaat besar bagi manusia. Sumber daya air permukaan dan air tanah di negara ini memainkan peran utama dalam pertanian, pembangkit listrik tenaga air, produksi peternakan, kegiatan industri, kehutanan, perikanan, navigasi, kegiatan rekreasi, dll. Meningkatnya populasi, urbanisasi dan industrialisasi telah menyebabkan berkurangnya ketersediaan air. Kualitas air yang digunakan juga semakin rusak karena semakin tercemar (Singh & Gupta, 2017).

Pencemaran air menggambarkan masuk atau dimasukkannya zat berbahaya di dalam air dalam jumlah yang cukup untuk mengubah indeks kualitas air alami. Hal ini juga berarti adanya zat - zat pencemar di sungai, danau, teluk, laut, sungai kecil, air bawah tanah, atau samudra dalam jumlah yang mampu mengakibatkan penurunan kualitas atau kegunaan air secara terukur. Misalnya, jika air mengandung terlalu banyak konta-

DAFTAR PUSTAKA

- Adentude, L. A., & Glover, R. K. (2010). Bacteriological Quality of Borehole Water Used by Students of University for Development Studies, Navrongo Campus in Upper-East Region of Ghana. *Current Research Journal of Biological Sciences*, 2(6):361-364.
- Anonim. (2010). *Water Pollution*. Retrieved from Nios.ac.in: <https://www.nios.ac.in/media/documents/313courseE/L34.pdf>
- Cahyono, W. E. (2010). Pengaruh Hujan Asam pada Biotik dan Abiotik. *LAPAN online journal*, 48-51.
- CBCP, Report. (2011). Status of Water Quality in India 2011. *India: Monitoring of Indian National Aquatic Resources*, Series: MINARS/35/2013-14. Pp. 1-212.
- Gumirat, M. I., Satriawan, D., & Wahyuningtyas, D. (2021). Dampak Hujan Asam Pada Lingkungan. *Jurnal Pengendalian Pencemaran Lingkungan (JPPL)*, 67-73.
- Irianto, I. K. (2015). *Buku Bahan Ajar Pencemaran Lingkungan*. Bali: Universitas Marwadewa.
- Manahan, S. E. (2001). *Water Pollution*. In S. E. Manahan, *Fundamentals of Environmental Chemistry*. CRC Press LLC.
- Philander, S. G. (2008). *ENCYCLOPEDIA OF Global Warming and Climate Change*. Los Angeles: Sage Publications.
- Sahabuddin, E. S. (2015). *Filosofi Cemaran Air*. Kupang: PTK Press.
- Singh, M. R., & Gupta, A. (2017, November 25). *Water Pollution-Sources, Effects and Control*. Retrieved from Researchgate.net: https://www.researchgate.net/publication/321289637_WATER_POLLUTION-SOURCEEFFECTS_AND_CONTROL
- Soemirat, J., & Ariesyadi, H. D. (2022). *Toksikologi Lingkungan*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.

- Steiner, T. S., Samie, A., & Guerrant, R. L. (2006). *Infectious diarrhea: new pathogens and new challenges in developed and developing areas*. *Clin. Infect. Dis*, 43:408–410.
- Suyasa, W. B. (2015). *Pencemaran Air dan Pengolahan Air Limbah*. Denpasar, Bali: Udayana University Press.

BAB 9

PENCEMARAN UDARA

Prof. Dr. Ir. Aminuddin Mane Kandari, M.Si

A. Pendahuluan

Udara merupakan kumpulan gas - gas yang sangat vital bagi kehidupan manusia, tumbuhan dan juga hewan, sehingga tanpa udara kehidupan tidak akan ada. Irianto (2015) menyatakan bahwa $\pm 99\%$ dari udara yang kita hirup setiap saat ialah gas nitrogen (N_2) dan oksigen (O_2), serta gas lainnya dalam jumlah yang sangat sedikit namun teridentifikasi sebagai gas pencemar, antara lain karbon monoksida (CO) yang berasal dari asap kendaraan, gas buangan pabrik, pembangkit tenaga listrik, asap rokok, larutan pembersih, dan sebagainya yang berhubungan dengan aktivitas manusia.

Seddon dan Beatriz (2024) menyatakan bahwa dalam kehidupan dibutuhkan udara bersih sebagai aset yang meningkatkan kesehatan manusia dan ekosistem, serta memiliki nilai ekonomi yang jelas karena mendukung pertanian yang lebih produktif dan hasil energi surya yang lebih tinggi. Namun demikian, materi partikulat, ozon dan polutan udara lainnya menimbulkan risiko kesehatan lingkungan yang serius, dimana beberapa jenis polusi, termasuk karbon hitam "super polutan", berkontribusi terhadap perubahan suhu dan curah hujan regional dan global, yang pada akhirnya, polusi udara dan gas rumah kaca (GRK) yang menyebabkan pemanasan global ternyata berasal dari sumber yang sama yakni penggunaan bahan bakar fosil dalam berbagai aktivitas manusia. EP (2023) menyatakan bahwa emisi GRK menjadi salah satu masalah

DAFTAR PUSTAKA

- [EAQ] Evotech Air Quality. (2022). *The History of Air Pollution*. <https://www.evotechairquality.co.uk/articles/history-of-air-quality>.
- [EHC] Environmental Health Competition. (2022). *Air Pollution and Climate Change are Not Separate Issues*. State of the Air Report.
- [EP] European Parliament. (2023). *Climate Change: The Greenhouse Gases Causing Global Warming*.
- [GBD] Global Burden of Disease 2019. (2020). Risk Factors Collaborators. Air pollution – Level 2 risk. *Lancet*. 2020; 396.
- [KLHK RI] Kementerian Lingkungan Hidup Republik Indonesia (2023) Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia Nomor 8 Tahun 2023. *Tentang Penerapan Baku Mutu Emisi Kendaraan Bermotor Kategori M, N, O, dan L*.
- [NIH] National Institute of Environmental Health Sciences. (2024). Air Pollution and Your Health. *Health and Education*. <https://www.niehs.nih.gov/health/topics/agents/air-pollution>.
- [NOAA] National Oceanic and Atmospheric Administration. (2023). *Greenhouse Gases Continued to Increase Rapidly In 2022*.
- [Perpres RI No.22. 2021] Peraturan Presiden Republik Indonesia No. 22 Tahun 2021 Tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup.
- [QIA] Quality Index Air (2023). *World Air Quality Report 2022 WHO PM2.5 Air Pollution*. World Press Com.
- [WHO] World Health Organization. (1976). *Manual on Urban Air Quality Management*. Regional Office for Europe, Copenhagen.
- [WHO] World Health Organization. (2020). Ambient Air Pollution: Health Impact. *Geneva*. [cited 2020 Jan 21]. Available from: <https://www.who.int/airpollution/ambient/health-impacts/en/>

- Arifin dan Sukoco. (2009). *Pengendalian Polusi Kendaraan*. Bandung. Alf.
- Bona, M.F. (2022). *Ini Mengapa Polusi Udara Melebihi Standar Kualitas WHO*. Beritasatu.com. Jakarta. <https://www.beritasatu.com.lifestyle/942537/mengapa-polusi-udara-melebihi-standar-kualitas-who>.
- Budiyono, A. (2001). Dampak Pencemaran Udara pada Lingkungan. *Jurnal Berita Dirgantara*. 2(1): 21-27
- Burhan, E. dan Mukminin, U. (2020) A Systematic Review of Respiratory Infection Due to Air Pollution During Natural Disasters. *Med J Indones*. 2020; 29(1):11-8.
- Clarity. (2021). *How Measuring Different Types of Air Pollutants Creates A More Holistic Picture of Air Pollution*.
- Dahlan N.E. (1989) Dampak Pencemaran Udara Terhadap Kesehatan. Manusia dan Beberapa Komponen Sumber Daya Alam. *Media Konservasi* Vol. II (2), Januari 1989: 39 - 44.
- Duprey R.L., (1968) *Compilation of Air Pollution Emission Factor*, U.S. Dep. of Health, *Education and Welfare*. Durham, North Carolina.
- Gheorghe, I.F., and Barbu, I. (2011). *The Effects of Air Pollutants on Vegetation and the Role of Vegetation in Reducing Atmospheric Pollution*. See discussions, stats, and author profiles for this publication at: <https://www.researchgate.net/publication/>.
- Irianto, I. K. (2015). *Pencemaran Lingkungan*. Bali: Univ. Warmadewa.
- Ismiyati, Marlita, D., dan Saidah, D. (2014). Pencemaran Udara Akibat Emisi Gas Buang Kendaraan Bermotor. *Jurnal Manajemen Transportasi & Logistik (JMTransLog)*. Vol. 01 No. 03.

- Manisalidis, I., Elisavet, S., Agathangelos, S., and Eugenia, B. (2020) *Environmental and Health Impacts of Air Pollution: A Review*. Published online 2020 Feb 20. doi: 10.3389/fpubh.2020.00014 PMID: 32154200. PMCID: PMC7044178.
- Masters, G.M. (1991). *Introduction to Environmental Engineering and Science*. London: Prentice-Hall International.
- Mongkhon, S., Torpong T., Pailin, R., Chamard, W., Jeffrey, J.S. (2020) The Contribution of Particulate Matter to Respiratory Allergy: A Review of Current Evidence. *Asian Pacific Journal of Allergy and Immunology* 38(1). DOI:10.12932/AP-100619-0579
- Mosley S. (2019) Environmental History of Air Pollution and Protection. [Internet]. *Encyclopedia of Life Support Systems (EOLSS)*. 2019 [cited 2019 Aug 16]. Available from: <https://www.eolss.net/Sample-Chapters/C09/E6-156-15.pdf>.
- Mukono, H.J. (2011). *Aspek Kesehatan Pencemaran Udara*. Air langga University Press. Url: <https://lontar.ui.ac.id/detail?id=20462006>
- Nathanson, J. (2024). *Air Pollution*. Britannica.
- Parker, S.P. (1984). *McGraw-Hill Dictionary of Biology*. McGraw-Hill
- Perkins, H. (1974). *Air Pollution*. Mc.Graw Hill, Tokyo.
- Polar H. (1994). *Pencemaran dan Toksikologi Logam Berat*. Jakarta: Rineka Cipta. 1994.
- Seddon, J. and Beatriz, C. (2024). *Air Pollution*. Yale University. World Economic Forum.
- Siburian, S. (2020). *Pencemaran Udara dan Emisi Gas Rumah Kaca*. https://www.google.co.id/books/edition/Pencemaran_Udara_dan_Emisi_Gas_Rumah_Kaca/FRsMEAAAQBAJ?hl=id&gbpv=0.
- Simanjuntak, A.G. (2007). *Pencemaran Udara*. *Buletin Limbah*. Vol 11 (1). Pusat Teknologi Limbah Radioaktif.

- Soedirman. (1997). *Usaha Mencegah Pencemaran Udara*. PT.Grasindo.
- Soedomo, M. (2001). *Pencemaran Udara*. Bandung: ITB.
- Sunday Observer. (2020). *Air Pollution, A Silent Killer*. WHO.
- Susanto, A.D, N. Arifin, S. Erlang, J. Zaini, F. Yunus, F. Fitriani, F. Isbaniah, M. Ikhsan, Prasenohadi dan A Ginanjar. (2019). *Pencegahan dan Penanganan Dampak Akibat Asap Kebakaran Hutan*. UI Press, Jakarta.
- Susanto, A.D. (2020) Air Pollution and Human Health. *Medical Journal Indonesia*. 2020; 29:8-10. pISSN: 0853-1773 • eISSN: 2252-8083. <https://doi.org/10.13181/mji.com.204572>
- Tri, C. (2017). *Penyehatan Udara*. Yogyakarta: CV. Andi OFFSET. Available at: <https://www.google.co.id/books/edition/Penyehatan>
- Wuebbles, D. 2024. *Ozone Depletion*. Atmospheric Phenomenon Also Known As: Ozone Hole. Britannica.

BAB 10

PENGARUH POLUTAN UDARA TERHADAP LINGKUNGAN

Dr. Khambali, ST., MPPM

A. Pendahuluan

Suatu bentuk kesatuan antara benda maupun dengan daya serta ruang keberadaan makhluk hidup yang termasuk di dalamnya antara manusia dengan perilaku akan dapat mempengaruhi ekosistem atau disebut dengan lingkungan hidup. Adanya kegiatan pemanfaatan, penataan hingga dengan pemeliharaan, sampai dengan pengawasan, merupakan bentuk dari pengelolaan lingkungan. Komponen lingkungan dan tatanannya akan berubah apabila terjadi pencemaran lingkungan. Dampak kerugian yang ditimbulkan dari pencemaran lingkungan adalah terjadinya penurunan derajat kesehatan manusia dan dibarengi dengan kesejahteraan yang juga ikut turun (Pierce *et al*, 1997; Salman *et al*, 2024)

Polutan udara yakni sebuah masalah yang berkaitan dengan kondisi lingkungan yang paling mungkin terjadi di seluruh dunia. Hal tersebut dapat terjadi karena adanya zat yang berbentuk gas, aerosol padatan yang dapat terbang ke atmosfer dengan cepat. Adanya polutan udara ini dapat merusak lingkungan bila jumlahnya melebihi ambang batas yang telah ditentukan.

Terjadinya pencemaran lingkungan bukan lagi menjadi hal yang baru di setiap negara. Sudah banyak kejadian kasus pencemaran yang ada di Indonesia, sebagai contoh kebakaran hutan di wilayah Riau dengan polutan kimia yang dihasilkan antara lain seperti ozon, nitrogen dioksida, karbon monoksida, *particulate matter* (PM), sulfur dioksida dan formaldehid yang

DAFTAR PUSTAKA

- Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR). (1998). *Toxicological Profile for Sulfur Dioxide In U.S Department of Health and Human Services (Issues Desember)*. <https://www.atsdr.cdc.gov/ToxProfiles/tp116.pdf>.
- Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR). (1999b). *Toxicological Profile for Formaldehyde In U.S Department of Health and Human Services (Issues July)*. ATSDR Division of Toxicology.
- Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR). (2012b). *Toxguide For Carbon Monoxide*. <https://www.atsdr.cdc.gov/toxguides/toxguide-201.pdf>.
- Apte, K., & Salvi, S (2016). *Household Air Pollution and Its Effect on Health*. *F1000Research*, 5, 1-13. <https://doi.org/10.12688/f1000research.7552.1>.
- Brook, R. D., Franklin, B., Cascio, Wong., Hong, Y., Howard, G., Lipsett, M., Luapker, R., Mittleman, M., Samet, J., Smith, S.C., & Tager, I. (2004). Air Pollution and Cardiovascular Disease: a Statement for Healthcare Professionals from the expert Panel on Population and Prevention Science of the American Heart Association. *Circulation*. 109(21): 2625-2671.
- Chandra, B. (2007). *Pengantar Kesehatan Lingkungan*. ECG: Penerbit Buku Kedokteran.
- Colville, R. N., Hutchinson, E. J., Mindell, J. S & Warren, R. F. (2001). The Transport sector as a Source of Air Pollution. *Atmospheric Environment*. 35(9). 1537-1565. https://discovery.ucl.ac.uk/id/eprint/894/1/Millennium_rvw_final_october.pdf,
- Defra, UK. (2018). *Air Pollution from Agriculture*. https://uk-air.defra.gov.uk/assets/documents/reports/aqeg/2800829_Agricultural_emissions_vfinal2.pdf.

- Institute for Global Environment Strategies (IGES). (2007). *Air Pollution Control in the Transportation Sector: Third Phase research Report of the Urban Environmental Management project*. IGES Urban Environmental Management Project.
- Ismiyati, Marlita, D., & Saidah, D. (2014). Pencemaran Udara Akibat Emisi Gas Buang Kendaraan Bermotor. *Jurnal Manajemen Transportais & Logistik (JMTranslog)*. 01(3). 241-248.
- Morand, C. P., & Maesano, I. A. (2004). *Air Pollution: From Sources of Emission to Health Effects Breathe*. 1(2). 109-119. <https://breathe.ersjournals.com/content/1/2/108>.
- Mukono, H. (2006). *Prinsip Dasar Kesehatan Lingkungan (Kedua)*. Pusat Penerbitan dan Percetakan UNAIR (AUP).
- Munsif, R., Zubair, M., Aziz, A., & Nadeem Zafar, M. (2021). Industrial Air Emission Pollution: Potential Sources and Sustainable Mitigation. *IntechOpen*. <https://doi.org/10.5772/intechopen.93104>.
- Nurideen, S. T. U., Abubakar, A & Umoru, A. T (2013). The Influence of Primary Air Pollutions on Human Health Related Risk. *Journal of Environment and Earth Science*. 3(8). 147-157.
- Peirce, J.J., Vesilind, P.A., & Weiner, R.F. (1997). *Environmental Pollution and Control*. In.
- Pinontoan, O. R., & Sumampouw, O. J. (2019). *Dasar Kesehatan Lingkungan*. Deepublish.
- Posudin, Y. (2014). *Radioactive Pollution in Methods of Measuring Environmental*.
- Rachmawati, Ayudia. (2022). *Buku Ajar Pencemaran Lingkungan*. Yogyakarta: CV Budi Utama.
- Salman et al. (2024). *Kimia Lingkungan*. Purbalingga: CV Eureka Media Aksara.
- Sonwani, S & Maurya, V. (2018). *Impact of Air Pollution on The Environment and Economy*.

- Suryani, A.S. (2022). *Polusi Udara di Wilayah perkotaan Indonesia in issue Sepekan Bidang Ekkuinbang*. Komisi IV.
- World Health Organization (WHO). (2000b). *Nitrogen Dioxide In Air Quality Guidelines* (Second Edi, pp. 1-31). WHO. <https://doi.org/10/1016/j.jchas.2014.01.008>.
- World Health Organization (WHO). (2000c). *Ozone and Other photochemical Oxidants In Air Quality Guidelines* (SecondEdi, pp 1-31).

BAB 11

PEMERIKSAAN KUALITAS UDARA AMBIEN

Rachmaniyah, SKM., M.Kes

A. Pendahuluan

Lingkungan yang memiliki kualitas yang sehat adalah bagian dari wujud bidang kesehatan. Udara merupakan bagian dari komponen lingkungan udara sangat penting dalam lingkungan dan juga kehidupan manusia guna meningkatkan kualitas yang memberikan daya dukung atas makhluk hidup, secara optimal. Adapun udara mengandung berbagai gas seperti halnya gas oksigen yang sangat penting dalam kehidupan manusia. Adapun campuran gas di dalam udara sendiri sangat labil dan sangat dipengaruhi oleh iklim, suhu, tekanan dari udara serta kondisi lingkungannya sendiri. Upaya dalam perwujudan kesehatan lingkungan sangat penting dalam pembangunan kesehatan pada masyarakat (Teguh Ririn, *et al*, 2024).

Mengacu pada Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2021 terkait dengan Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup menjelaskan bahwa udara ambien adalah udara yang berada bebas di wilayah permukaan bumi dan pada lapisan troposfer yang berada di dalam wilayah Republik Indonesia yang akan dibutuhkan serta akan berpengaruh pada kesehatan makhluk hidup, manusia serta segala unsur lingkungan hidup lainnya.

Pada umumnya kualitas udara sendiri dinilai atas dasar berbagai konsentrasi parameter terkait dengan pencemaran udara dimana yang terukur rendah hingga tinggi serta akan dilihat dari baku mutu udara ambien secara nasional. Pengertian

DAFTAR PUSTAKA

- Keputusan Kepala Badan Pengendalian Dampak Lingkungan No. 107 Tahun 1997 Tanggal 21 November 1997 Tentang: Perhitungan Dan Pelaporan Serta Informasi Indeks Standar Pencemar Udara, Jakarta
- Khambali, Rachmaniyah, Ernita Sari, Adella Putri Auliah Hapsari. (2023). *Pengambilan Sampel Udara Ambien dan Pemeriksaan Sampel Parameter Fisika dan Kimia Gas Udara*. Malang: PT. Literasi Nusantara Abadi Grup.
- Kurniawan Agusta. (2017). Pengukuran Parameter Kualitas Udara (CO, NO₂, SO₂, O₃ dan PM₁₀) di Bukit Kototobang Berbasis ISPU. *Jurnal TeknoSains*. Vol 7: No 1. Hal 1-82.
- Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No. 41 Tahun 1999 Tanggal: 26 Mei 1999 tentang Pengendalian Pencemaran Udara, Jakarta.
- Prabowo Kuat & Burhan Muslim. (2018). *Bahan Ajar Kesehatan Lingkungan Penyehatan Udara*. Kementerian Kesehatan: Pusat Pendidikan Sumber Daya Manusia Kesehatan.
- Rachmawati Ayudia. (2022) *Buku Ajar Pencemaran Lingkungan*. Yogyakarta: CV Budi Utama.
- Teguh Ririn et al. (2024). *Manajemen Sanitasi Rumah Sakit*. Purbalingga: Eureka Media Aksara.

BAB 12

INTOKSIKASI LOGAM BERAT

dr. Ma'rifatul Ula, Sp. FM

A. Pendahuluan

Logam berat adalah suatu unsur dengan kepadatan tinggi yang memiliki peran penting dalam berbagai industri. Karakteristik logam berat seperti kekuatan, konduktivitas, reaktivitas kimia, membuat logam berat seperti merkuri (Hg), timbal (Pb), cadmium (Cd), arsen (As), dan kromium (Cr) sering dipakai dalam bidang konstruksi hingga pembuatan barang-barang elektronik.

Dalam industri merkuri dipakai untuk peralatan pengukur seperti thermometer dan barometer, serta dalam industri klor - alkali. Timbal dipakai untuk baterai, pelindung radiasi, dan pada masa sebelumnya dipakai dalam cat dan bensin. Kadmium dipakai untuk baterai nikel-kadmium, pigmen, serta lapisan pelindung. Arsen banyak dipakai untuk pembuatan kaca, pestisida, dan semikonduktor. Kromium digunakan untuk pelapisan krom dan pembuatan baja tahan karat.

Logam berat adalah polutan lingkungan yang bisa sangat beracun. Toksisitas logam berat sangat bervariasi tergantung pada bentuk kimia, dosis, persistensi, dan sifat bioakumulatifnya. Namun, secara umum logam berat dapat menyebabkan kerusakan organ, gangguan neurologis, kerusakan DNA, stress oksidatif, dan dalam beberapa kasus karsinogenik (Nagajyoti, Lee and Sreekanth, 2010; Kim, Kim and Seo, 2015; Ali, Khan and Ilahi, 2019; Briffa, Sinagra and Blundell, 2020; Balali-Mood *et al.*, 2021).

DAFTAR PUSTAKA

- Al osman, M., Yang, F. and Massey, I. Y. (2019) 'Exposure Routes And Health Effects Of Heavy Metals On Children', *BioMetals*. Springer Netherlands, 32(4), pp. 563–573. doi: 10.1007/s10534-019-00193-5.
- Alam, M. G. M. et al. (2002) 'Arsenic Contamination In Bangladesh Groundwater: A Major Environmental And Social Disaster', *International Journal of Environmental Health Research*, 12(3), pp. 235–253. doi: 10.1080/0960312021000000998.
- Ali, H., Khan, E. and Ilahi, I. (2019) 'Environmental Chemistry And Ecotoxicology Of Hazardous Heavy Metals: Environmental Persistence, Toxicity, and Bioaccumulation', *Journal of Chemistry*, 2019(Cd). doi: 10.1155/2019/6730305.
- Amadi, C. N. et al. (2019) 'Natural Antidotes And Management Of Metal Toxicity', *Environmental Science and Pollution Research*. *Environmental Science and Pollution Research*, 26(18), pp. 18032–18052. doi: 10.1007/s11356-019-05104-2.
- Anderson, R. A. (1998) 'Effects of Chromium On Body Composition And Weight Loss', *Nutrition Reviews*, 56(9), pp. 266–270. doi: 10.1111/j.1753-4887.1998.tb01763.x.
- Balali-Mood, M. et al. (2021) 'Toxic Mechanisms of Five Heavy Metals: Mercury, Lead, Chromium, Cadmium, and Arsenic', *Frontiers in Pharmacology*, 12(April), pp. 1–19. doi: 10.3389/fphar.2021.643972.
- Baruthio, F. (1992) 'Toxic Effects Of Chromium And Its Compounds', *Biological Trace Element Research*, 32(1-3), pp. 145–153. doi: 10.1007/BF02784599.
- Bellinger, D. C. (2016) '*Lead Contamination in Flint - An Abject Failure to Protect Public Health*', pp. 1–3.
- Bertin, G. and Averbeck, D. (2006) 'Cadmium: Cellular Effects, Modifications Of Biomolecules, Modulation of DNA Repair

- And Genotoxic Consequences (A Review)', *Biochimie*, 88(11), pp. 1549–1559. doi: 10.1016/j.biochi.2006.10.001.
- Bhoelan, B. S. et al. (2014) 'Barium Toxicity And The Role Of The Potassium Inward Rectifier Current', *Clinical Toxicology*, 52(6), pp. 584–593. doi: 10.3109/15563650.2014.923903.
- Briffa, J., Sinagra, E. and Blundell, R. (2020) 'Heavy Metal Pollution In The Environment And Their Toxicological Effects On Humans', *Heliyon*. Elsevier, 6(9), p. e04691. doi: 10.1016/j.heliyon.2020.e04691.
- Burn, R. A. (1962) 'Mercury Poisoning', *British Medical Journal*, 1(5293), p. 1692. doi: 10.1136/bmj.1.5293.1692-a.
- Clary, J. J. (1975) 'Nickel Chloride-Induced Metabolic Changes In The Rat And Guinea Pig', *Toxicology and Applied Pharmacology*, 31(1), pp. 55–65. doi: 10.1016/0041-008X(75)90051-4.
- Ekino, S. et al. (2007) 'Minamata Disease Revisited: An Update On The Acute And Chronic Manifestations Of Methyl Mercury Poisoning', *Journal of the Neurological Sciences*, 262(1–2), pp. 131–144. doi: 10.1016/j.jns.2007.06.036.
- FAGALA, G. E. and WIGG, C. L. (1992) 'Psychiatric Manifestations of Mercury Poisoning', *Journal of the American Academy of Child and Adolescent Psychiatry. The American Academy of Child and Adolescent Psychiatry*, 31(2), pp. 306–311. doi: 10.1097/00004583-199203000-00019.
- Flora, S. J. S. and Pachauri, V. (2010) 'Chelation in Metal Intoxication', *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 7(7), pp. 2745–2788. doi: 10.3390/ijerph7072745.
- Freedman, J. H., Ciriolo, M. R. and Peisach, J. (1989) 'The Role Of Glutathione In Copper Metabolism And Toxicity', *Journal of Biological Chemistry*. © 1989 ASBMB. Currently published by Elsevier Inc; originally published by American Society for Biochemistry and Molecular Biology., 264(10), pp. 5598–5605. doi: 10.1016/s0021-9258(18)83589-x.

- Fujiki, M. and Tajima, S. (1992) 'The Pollution of Minamata Bay by mercury', *Water Science and Technology*, 26(12), pp. 133-140. doi: 10.2166/wst.1992.0284.
- Genchi, G. et al. (2020) 'The Effects Of Cadmium Toxicity', *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(11), pp. 1-24. doi: 10.3390/ijerph17113782.
- Ghosh, J. and Sil, P. C. (2015) Mechanism for Arsenic-Induced Toxic Effects, *Handbook of Arsenic Toxicology*. Elsevier Inc. doi: 10.1016/B978-0-12-418688-0.00008-3.
- Himoto, T. and Masaki, T. (2018) 'Associations Between Zinc Deficiency and Metabolic', pp. 1-17. doi: 10.3390/nu10010088.
- Hughes, M. F. (2002) 'Arsenic Toxicity And Potential Mechanisms Of Action', *Toxicology Letters*, 133(1), pp. 1-16. doi: 10.1016/S0378-4274(02)00084-X.
- Kim, H. S., Kim, Y. J. and Seo, Y. R. (2015) 'An Overview of Carcinogenic Heavy Metal: Molecular Toxicity Mechanism and Prevention', *Journal of Cancer Prevention*, 20(4), pp. 232-240. doi: 10.15430/jcp.2015.20.4.232.
- Kosnett, M. J. (2010) 'Chelation For Heavy Metals (Arsenic, Lead, And Mercury): Protective or perilous', *Clinical Pharmacology and Therapeutics*. Nature Publishing Group, 88(3), pp. 412-415. doi: 10.1038/clpt.2010.132.
- Miracle, V. A. (2017) 'Lead Poisoning in Children and Adults', *Dimensions of Critical Care Nursing*, 36(1), pp. 71-73. doi: 10.1097/DCC.0000000000000227.
- Nagajyoti, P. C., Lee, K. D. and Sreekanth, T. V. M. (2010) 'Heavy Metals, Occurrence And Toxicity For Plants: A review', *Environmental Chemistry Letters*, 8(3), pp. 199-216. doi: 10.1007/s10311-010-0297-8.
- Plum, L. M., Rink, L. and Hajo, H. (2010) 'The Essential Toxin: Impact Of Zinc On Human Health', *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 7(4), pp. 1342-1365. doi: 10.3390/ijerph7041342.

- QIN, S. et al. (2020) 'Toxicity of Cadmium And Its Competition With Mineral Nutrients For Uptake By Plants: A review', *Pedosphere. Soil Science Society of China*, 30(2), pp. 168-180. doi: 10.1016/S1002-0160(20)60002-9.
- Rahimzadeh, Mehrdad Rafati et al. (2017) 'Cadmium Toxicity And Treatment: An update', *Caspian Journal of Internal Medicine*, 8(3), pp. 135-145. doi: 10.22088/cjim.8.3.135.
- Rani, A. et al. (2014) 'Cellular Mechanisms Of Cadmium-Induced Toxicity: A review', *International Journal of Environmental Health Research*. Taylor & Francis, 24(4), pp. 378-399. doi: 10.1080/09603123.2013.835032.
- Reichard, J. F., Schnekenburger, M. and Puga, A. (2007) 'Long Term Low-Dose Arsenic Exposure Induces Loss of DNA Methylation', *Biochemical and Biophysical Research Communications*, 352(1), pp. 188-192. doi: 10.1016/j.bbrc.2006.11.001.
- Shanker, A. K. et al. (2005) 'Chromium Toxicity In Plants', *Environment International*, 31(5), pp. 739-753. doi: 10.1016/j.envint.2005.02.003.
- Shi, H., Shi, X. and Liu, K. J. (2004) 'Oxidative Mechanism Of Arsenic Toxicity And Carcinogenesis', *Molecular and Cellular Biochemistry*, 255(1-2), pp. 67-78. doi: 10.1023/B:MCBI.000007262.26044.e8.
- Shim, H., Harris, L. and Harris, Z. L. (2003) 'Regulation of Intracellular Trace Element Metabolism', *American Society of Nutritional Sciences*, 1(March), pp. 1527-1531.
- Taylor, J. Y., Wright, M. L. and Housman, D. (2016) 'Lead Toxicity And Genetics In Flint, MI', *npj Genomic Medicine*, 1, pp. 1-2. doi: 10.1038/npjgenmed.2016.18.
- Undang-Undang No. 32 Tahun 2009 tentang Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup
- Xia, J. et al. (2018) 'Chronic Exposure To Low Concentrations Of Lead Induces Metabolic Disorder And Dysbiosis Of The Gut

Microbiota In Mice', *Science of the Total Environment*. Elsevier B.V., 631–632, pp. 439–448. doi: 10.1016/j.scitotenv.2018.03.053.

Yang, S. et al. (2019) 'An Integrated Analysis On Source-Exposure Risk Of Heavy Metals In Agricultural Soils Near Intense Electronic Waste Recycling Activities', *Environment International*. Elsevier, 133(October), p. 105239. doi: 10.1016/j.envint.2019.105239.

Ynalvez, R., Gutierrez, J. and Gonzalez-Cantu, H. (2016) 'Mini-Review: Toxicity Of Mercury As A Consequence Of Enzyme Alteration', *BioMetals*. Springer Netherlands, 29(5), pp. 781–788. doi: 10.1007/s10534-016-9967-8.

Zareba, G. et al. (2007). 'Thimerosal Distribution And Metabolism In Neonatal Mice'. *Journal of Applied Toxicology*, 27(July), pp. 511–518. doi: 10.1002/jat.

BAB 13

TOKSIKOLOGI PESTISIDA

Muawanah, ST., M.Si

A. Pendahuluan

Kimia modern dalam pengendalian hama merupakan cabang dari perkembangan bahan kimia. Bahan kimia telah digunakan untuk membasmi hama selama berabad - abad sehingga dikenal sebagai bahan kimia pertanian. Sebagian besar dari bahan kimia pertanian tersebut telah diganti dengan istilah “pestisida” (Rarh & Mondol, 2013). Pestisida secara umum diartikan sebagai bahan kimia beracun yang digunakan untuk mengendalikan jasad pengganggu yang merugikan kepentingan manusia (Swacita, 2017). Penggunaan pestisida untuk pertanian umumnya insektisida, fungisida, dan herbisida cenderung selalu meningkat. Langkah ini memang mampu meningkatkan produksi pangan, namun dalam jangka panjang terbukti telah memberikan dampak lingkungan yang cukup meresahkan (Mursyidi, 1994).

Tiga perempat dari seluruh pestisida digunakan dalam produksi pertanian, khususnya di negara - negara maju. Namun setelah lebih dari 60 tahun digunakan di seluruh dunia, dan efek sampingnya mempengaruhi kehidupan manusia. Toksisitas dan spesifitas pestisida bergantung pada cara kerja bahan aktif pestisida. Efeknya terhadap organisme bergantung pada dosis paparannya (Sanchez & Bayo, 2011).

Pestisida telah digunakan secara luas untuk meningkatkan jumlah dan kualitas produk pertanian dan memberantas vektor penyakit. Dari penggunaan pestisida tersebut, terutama pestisida sintetik akan menimbulkan dilema. Pestisida sintetik di satu sisi sangat dibutuhkan dalam meningkatkan produksi

DAFTAR PUSTAKA

- Andarini Yulia Dwi and Rosanti Eka. (2018). Kajian Toksisitas Pestisida Berdasarkan Masa Kerja dan Personal Hygiene Pada Petani Hortikultura Di Desa Damangan. *Jurnal An-Nadaa*. Hal. 82 – 89.
- Arianti Forita Dyah (2004). Evaluasi Toksisitas Insektisida Terhadap Ikan Nila (*Oreochromis niloticus*). *Jurnal Litbang*. Jawa Tengah: vol. 2 No. 3.
- Beg A. A. Mirza. (2017). Pesticides Toxicity Specificity and Politics Chapter 2: Classification of Different Classes of Pesticides. *Research and Development Consultant*. Karachi, Pakistan.
- Lushchak Volodymyr L, Matviishyn Tetiana M, Husak Viktor V, Storey Janet M, Storey Kenneth B. (2018). Pesticide Toxic: A Mechanistic Approach. *EXCLI Journal*: 17: 1101-1136 - ISSN 1611 - 2156.
- Ministry of Agriculture, Food and Fisheries. (2022) *Pesticide Toxicity and Hazard*. British Columbia.
- Muawanah, Anita, Rasyid. N. Q, Rustiah Waode (2022). Peningkatan Pemahaman Para Petani Di Kelurahan Gantarangeke Kabupaten Bantaeng Tentang Bahaya Pestisida Dan Cara Pencegahannya, *Lontara Abdimas*. Vol. 3 No 2 Hal: 21-26.
- Mursyidi Ahmad (1994) Pestisida Efek Toksik dan Nasibnya Di Lingkungan, *UNISIA* No 23 Tahun XIV Triwulan 3.
- Nesheim O Norman, Fishel Frederick M, Mossler Mark. (2020). Toxicity Pesticides. *UF IFAS Extension*. University of Florida.
- Priyanto. (2010) Toksikologi, Mekanisme, Terapi, Antidotum, dan Penilaian Resiko. *Lembaga Studi dan Konsultasi Farmakologi (Leskonfi)*. Depok. Jawa Barat.
- Rarh Vimal and Mondol Moinuddin. (2013). *Forensic Toxicology: Pesticide-I*. SGTB Khalsa College. University of Delhi.

- Rini Mariana. (2007). Kajian Toksikologi Pestisida dan Penanganan Akibat Keracunan Pestisida. *Media Litbang Kesehatan*. Volume XVII Nomor 3.
- Sanchez Francisco and Bayo. (2011). Impacts of Agricultural Pesticides on Terrestrial Ecosystem. *Ecological Impacts of Toxic Chemicals*. 63-87. University of Technology Sydney. Australia.
- Smith J. Gregory. (1987). Pesticide Use and Toxicology in Relation to Wildlife: Organophosphorus and Carbamate, Compounds. *ALL. U. S Government Document (Utah Regional Depository)*. Paper 510. Utah State University.
- Swacita Ida Bagus Ngurah. (2017). *Bahan Ajar Kesehatan Lingkungan Pestisida dan Dampaknya Terhadap Lingkungan*. *Laboratorium Kesmavet Fakultas Kedokteran Hewan*. Universitas Udayana. Denpasar-Bali.
- Watts Meriel. (2013). Poisoning Our Future: Children and Pesticides. *Pesticide Action Network & The Pasific*. New Zealand.

TENTANG PENULIS



Haidina Ali, SST, S.Kep., M.Kes., lahir di Sukarami, pada 06 Oktober 1976. Ia tercatat sebagai lulusan Universitas Sumatera Utara Fakultas kedokteran (S1 Keperawatan) dan Universitas Diponegoro Semarang (S2). Pria yang kerap disapa Ali ini adalah anak dari pasangan Jauhari (ayah) dan Sukuriah (ibu). Haidina Ali Dosen Di Poltekkes Kemenkes bengkulu sejak Tahun 2002 sampai dengan Sekarang.



Demes Nurmayanti, ST., M.Kes., lahir di Surabaya, pada 6 Juli 1976. Demes Nurmayanti adalah Dosen pada Program Studi Sanitasi, Jurusan Kesehatan Lingkungan, Politeknik Kesehatan **Surabaya**, Jawa Timur, Indonesia. Latar belakang penulis adalah Teknik Kimia, dan Magister Keselamatan dan Kesehatan Kerja. Beliau adalah penulis buku Kimia Lingkungan, monografi Ketahanan Nyamuk *Aedes aegypti* Terhadap Cypermethrin dan telah menerbitkan artikel ilmiah di jurnal internasional dan jurnal nasional di Indonesia. Seperti artikel review di jurnal Health. Dapat dihubungi melalui email: demes@poltekkesdepkes-sby.ac.id



Nur Qadri Rasyid, S.Si, M.Si, lahir di Sungguminasa pada tanggal 28 Februari 1988. Penulis menyelesaikan pendidikan sarjana pada Program Studi Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Makassar tahun 2011. Penulis menyelesaikan pendidikan magister pada Program Studi Kimia, Sekolah Pascasarjana Institut Pertanian Bogor tahun 2013 melalui program Beasiswa Unggulan (BU). Penulis bekerja sebagai tenaga pengajar di Program Studi Teknologi Laboratorium Medis, Politeknik Kesehatan Muhammadiyah Makassar 2015-sekarang. Penulis aktif mempublikasi artikel ilmiah di jurnal nasional

terakreditasi seperti: *Marina Chimica Acta* 18 (1) dengan judul -. *Indonesia Chimica Acta* 10(1) dengan judul 9P0 dan *Indonesia Chimica Acta* -. *Jurnal Media Analisis Kesehatan* 12(2): 86-93 dengan judul *Metode Sederhana Untuk Mendeteksi Keracunan Alkohol Dalam Saliva*.



Islawati, S.Pd., M.Pd., lahir di Karassing, pada 29 November 1989. Saya adalah alumni dari Universitas Negeri Makassar dalam program studi pendidikan kimia. Selama ber-karir sebagai dosen, penulis telah mengampuh mata kuliah kimia dasar, kimia analitik, toksikologi klinik, analisis makanan dan minuman. Selain mengajar, penulis terlibat dalam penelitian dan pengabdian kepada masyarakat.



Livia Elsa S.Si, M.Si., lahir di Bandung, pada 11 Februari 1991. Ia tercatat sebagai lulusan S1 kimia Institut Pertanian Bogor lalu melanjutkan S2 Ilmu **Forensik** bidang Kimia Forensik di Universitas Airlangga. Wanita yang kerap disapa Livia ini sebelumnya aktif menjadi asisten praktikum di D3 Analisis Kimia IPB sampai tahun 2022. Dan sekarang sedang menikmati menjadi ibu dari 3 orang anak.



Indah Ade Prianti, S.K.M., M.P.H., lahir di Komba - Komba, pada 10 April 1993. Ia tercatat sebagai lulusan S1 **Sarjana** Kesehatan Masyarakat dengan peminatan Kesehatan Lingkungan dan Keselamatan Kerja (KLKK) dengan konsentrasi Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) di Universitas Halu Oleo, Lulusan S2 Ilmu Kesehatan Masyarakat dengan Konsentrasi Keselamatan dan Kesehatan Kerja di Universitas Gadjah Mada (UGM). Indah Ade Prianti sebelum berkecimpung di dunia Akademisi, dia terlebih

dahulu menjadi praktisi K3 yaitu sebagai Health Safety and Environment (HSE) di berbagai tempat kerja. Salah satunya sebagai HSE pada pekerjaan Konstruksi bangunan di berbagai tempat dan HSE Pertambangan. Selain konsentrasi K3 berkecimpung pada Kegiatan Analisis Mengenai Dampak Lingkungan (AMDAL).



Wiwin Aprianie, S.Pd., M.Si., lahir di Pangkoh, 12 April 1993. Jenjang S1 ditempuh di Universitas **Palangka** Raya dan lulusan pendidikan S2 Kimia bidang peminatan Biokimia Universitas Airlangga. Saat ini aktif menjadi dosen di Program Studi Diploma Tiga Analisis Kesehatan STIKes Borneo Cendekia Medika Pangkalan Bun sejak tahun 2022.



Putri Ayuningtias Mahdang, S.KM., M.KKK., lahir di Gorontalo pada tanggal 9 Juni 1993. Lulus S1 di Program Studi Kesehatan Masyarakat Fakultas Ilmu - Ilmu Kesehatan dan Keolahragaan Universitas Negeri Gorontalo tahun 2014. Lulus S2 di Program Studi Magister Kesehatan dan Keselamatan Kerja Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Airlangga tahun 2018. Sejak tahun 2020 hingga saat ini menjadi dosen tetap PNS di Program Studi Kesehatan Masyarakat Fakultas Olahraga dan Kesehatan Universitas Negeri Gorontalo. Penulis menjadi Pengurus Daerah PAKKI Wilayah Gorontalo periode 2019 - 2024.



Prof. Dr. Ir. Aminuddin Mane Kandari, M.Si., adalah Guru Besar Bidang Agroklima-tologi Universitas Halu Oleo (sejak 2018). Lahir di Rukuwa, **sebuah** desa di Pulau Binongko, Kabupaten Wakatobi, Sulawesi Tenggara, Tanggal 31 Desember 1965. Menyelesaikan pendidikan S1 Program Studi Agronomi pada Jurusan Budidaya Pertanian Fakultas Pertanian

Universitas Halu Oleo (lulus 1989). Pada tahun 1990 lulus sebagai Dosen tetap Fakultas Pertanian Universitas Halu Oleo, kemudian menempuh studi S2 di Program Studi Agroklimatologi Institut Pertanian Bogor (lulus 1998) dan Pendidikan S3 di Program Studi Ilmu-Ilmu Pertanian Universitas Hasanuddin (lulus 2014). Pada tahun 2015 atas pertimbangan kebutuhan lembaga dipindahkan menjadi Dosen tetap pada Program Studi Ilmu Lingkungan Fakultas Kehutanan dan Ilmu Lingkungan, di samping mengajar di Program S2 Agronomi, S2 Perencanaan dan Pengembangan Wilayah, dan S3 Ilmu Pertanian Pascasarjana Universitas Halu Oleo.



Dr. Khambali, ST., MPPM., dilahirkan Desa Kalanganyar Kecamatan Karanggeneng Kabupaten Lamongan, Jawa Timur, 3 Maret 1962. Pada tahun 1982 mengikuti pendidikan di Sekolah Pembantu Penilik Hygiene Surabaya (setara Diploma I) yang merupakan pendidikan ikatan dinas Kementerian Kesehatan RI, lulus tahun 1983. Tahun 1990 mendapatkan

kesempatan tugas belajar di Akademi Kesehatan Lingkungan Kementerian Kesehatan Surabaya lulus pada 1993. Lulus Sarjana Teknik Penyehatan Lingkungan Institut Teknologi Pembangunan Surabaya tahun 1995, selanjutnya pada tahun 1999 mendapatkan beasiswa tugas belajar di School of Policy, Planning and Development, University of Southern California (USA) lulus tahun 2000, dengan gelar Master of Public Policy and Management (MPPM). Gelar Doktor (Dr) diperoleh dari Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya Malang pada tahun 2011. Karier sebagai dosen dirintis sejak tahun 1983, dimulai sebagai tenaga instruktur, pengajar atau dosen hingga saat ini menjadi dosen tetap dengan jabatan Lektor Kepala pada Jurusan Kesehatan Lingkungan dan jurusan yang lain di lingkungan Politeknik Kesehatan Kementerian Kesehatan Surabaya. Penulis juga masih aktif menjadi Konsultan Lingkungan Bidang Manajemen Dan Rekayasa Lingkungan sejak 1996 sampai sekarang.



Rachmaniyah, SKM., M.Kes., dilahirkan di Kota Pahlawan Surabaya, Jawa Timur pada tanggal 18 April 1975. Setelah lulus dari Akademi Kesehatan Lingkungan (AKL) Surabaya tahun 1996, merupakan Pendidikan Diploma III Ahli Madya Kesehatan Lingkungan Departemen Kesehatan, kemudian diangkat sebagai PNS sesuai almamaternya dengan jabatan sebagai instruktur dan asisten Dosen. Kesempatan mendapat Pelatihan Metodologi Pemantauan Udara di Lembaga Penelitian Universitas Airlangga, guna menunjang pembelajaran di kampus AKL. Pada tahun 1999 mendapat kesempatan Tugas Belajar di Fakultas Kesehatan Masyarakat (FKM) Universitas Airlangga Surabaya. Tepat setelah 2 tahun lulus FKM Unair yaitu tahun 2001 dengan gelar SKM. Kemudian kembali mengajar di Kampus tercinta AKL Surabaya, sebagai dosen tetap. Pada tahun 2007 kembali mendapat beasiswa untuk Pendidikan S2 di Fakultas Kedokteran (FK) Universitas Airlangga peminatan Ilmu Faal. Pendidikan ditempuh dengan lancar dan lulus setelah 2 tahun guna mendapat gelar M.Kes. Pada tahun 2013 mengikuti Pelatihan Analisis Resiko Lingkungan di Universitas Airlangga. Kegiatan Pengajaran, Penelitian, dan Pengabdian Masyarakat dilakukan bersama Dosen dan mahasiswa Jurusan Kesehatan Lingkungan Surabaya sampai saat ini.



dr. Ma'rifatul Ula, Sp.FM., lahir di Malang, pada 17 Juni 1984. Meraih gelar spesialis dalam Ilmu **Kedokteran** Forensik dan Medi-kolegal dari Universitas Airlangga. Dr. Ma'rifatul Ula mengembangkan karirnya sebagai dokter spesialis forensik di RSUD Haji Provinsi Jawa Timur dan sebagai staf pengajar di Fakultas Kedokteran Universitas Surabaya (FK Ubaya).



Muawanah, ST., M.Si., lahir di Pekkae, pada 15 Juni 1979. Ia tercatat sebagai Dosen Tetap pada Program Studi D3 Teknologi Laboratorium Medis Politeknik Muhammadiyah Makassar. Ia lulusan S1 Teknik Kimia Universitas Muslim Indonesia dan S2 pada jurusan Kimia FMIPA Universitas Hasanuddin. Putri dari pasangan H. Usman Tassi (ayah) dan Hj. Nasrah Palu (ibu). Bidang ilmu yang ditekuni adalah Biokimia dan Toksikologi Klinik.