

EDITOR

Rita Maliza, S.Si., M.Si., Ph.D

apt. Besse Hardianti, M.Pharm.Sc., Ph.D



TOKSIKOLOGI KLINIK

Suwahyuni Mus | Nuralifah | Yulia Ratna Dewi | Wimpy | Muji Rahayu | Nurfadilah
Ayu Puspitasari | Siti Raudah | Nur Qadri Rasyid | Yuri Pratiwi Utami | Parawansah
Atika Indah Sari | Christ Kartika Rahayuningsih | Tutik Purwanti

TOKSIKOLOGI KLINIK

Buku Toksikologi klinik yang berada di tangan pembaca ini disusun dengan bahasa yang sederhana, tentunya dengan harapan untuk memudahkan para pembaca memahaminya. Buku ini terdiri dari 14 bab yaitu :

Bab 1 Dasar-Dasar Toksikologi

Bab 2 Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Ketoksikan

Bab 3 Toksokinetika

Bab 4 Toksodinamika

Bab 5 Biotransformasi Toksikan

Bab 6 Macam - Macam Toksikan

Bab 7 Tolok Ukur Ketoksikan

Bab 8 Perundang-Undangan NAPZA

Bab 9 Jaminan Mutu Pemeriksaan Toksikologi Klinik

Bab 10 Pemeriksaan Laboratorium Untuk Narkotika, Psicotropik, Dan Zat Adiktif

Bab 11 Pemeriksaan Laboratorium Untuk Keracunan Logam Berat

Bab 12 Pemeriksaan Laboratorium Untuk Keracunan Pestisida

Bab 13 Pemeriksaan Laboratorium Untuk Keracunan Sianida

Bab 14 Pemeriksaan Laboratorium Untuk Keracunan Gas CO



eureka
media aksara

Anggota IKAPI
No. 225/JTE/2021

0858 5343 1992
eurekamediaaksara@gmail.com
Jl. Banjaran RT.20 RW.10
Bojongsari - Purbalingga 53362

ISBN 978-623-120-862-6



9 786231 206626

TOKSIKOLOGI KLINIK

apt. Suwahyuni Mus, S.Si., M.Kes
apt. Nuralifah, S.Farm., M.Kes
Yulia Ratna Dewi, S.Tr.A.K., M.Biomed
Wimpy, S.Pd.Kim, M.Pd
Muji Rahayu, M.Sc
apt. Nurfadilah, S.Farm., M.Si
Ayu Puspitasari, ST., M.Si
Siti Raudah, S.Si., M.Si
Nur Qadri Rasyid, S.Si., M.Si
apt. Yuri Pratiwi Utami., S. Farm., M.Si
apt. Parawansah, S.Farm., M.Kes
dr. Atika Indah Sari
Christ Kartika Rahayuningsih, ST, M.Si
dr. Tutik Purwanti, SpFM.CMC



eureka
media aksara

PENERBIT CV. EUREKA MEDIA AKSARA

TOKSIKOLOGI KLINIK

- Penulis** : apt. Suwahyuni Mus, S.Si., M.Kes
apt. Nuralifah, S.Farm., M.Kes
Yulia Ratna Dewi, S.Tr.A.K., M.Biomed
Wimpy, S.Pd.Kim, M.Pd
Muji Rahayu, M.Sc
apt. Nurfadilah, S.Farm., M.Si
Ayu Puspitasari, ST, M.Si
Siti Raudah, S.Si., M.Si
Nur Qadri Rasyid, S.Si., M.Si
apt. Yuri Pratiwi Utami., S. Farm., M.Si
apt. Parawansah, S.Farm., M.Kes
dr. Atika Indah Sari
Christ Kartika Rahayuningsih, ST, M.Si
Dr. Tutik Purwanti, SpFM.CMC
- Editor** : Rita Maliza, S.Si., M.Si., Ph.D
apt. Besse Hardianti, M.Pharm.Sc., Ph.D
- Desain Sampul** : Ardyan Arya Hayuwaskita
- Tata Letak** : Uli Mas'uliyah Indarwati
- ISBN** : 978-623-120-662-6

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 atas kehadiran Tuhan yang Maha Esa karena atas berkat dan rahmatNya-lah sehingga buku chapter yang berjudul "Toksikologi Klinik" ini dapat terselesaikan dengan baik. Kami menghaturkan terimakasih kepada seluruh pihak yang telah mendukung sehingga buku ini dapat diterbitkan. Buku ini merupakan hasil kolaborasi sejumlah akademisi sesuai dengan kompetensinya masing-masing dengan menyajikan informasi yang disitasi dari buku-buku acuan resmi, jurnal penelitian baik dalam dan luar negeri serta penelitian dari penulis pribadi.

Bekangan ini sering diberitakan terjadi kasus-kasus keracunan di berbagai daerah. Penyebab keracunan adalah sangat bervariasi. Penyebab keracunan yang sering diberitakan adalah keracunan yang diakibatkan oleh makanan. Analisis toksikologi klinik mencakup analisis kualitatif dan kuantitatif toksikan serta menentukan efek toksik yang ditimbulkannya. Dengan mempelajari toksikologi klinik maka banyak masalah klinik yang mendasar dapat diketahui

Buku Toksikologi klinik yang berada di tangan pembaca ini disusun dengan Bahasa yang sederhana, tentunya dengan harapan untuk memudahkan para pembaca memahaminya. Buku ini terdiri dari 14 bab yaitu :

Bab 1 Dasar-Dasar Toksikologi

Bab 2 Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Ketoksikan

Bab 3 Toksokinetika

Bab 4 Toksodinamika

Bab 5 Biotransformasi Toksikan

Bab 6 Macam - Macam Toksikan

Bab 7 Tolok Ukur Ketoksikan

Bab 8 Perundang-Undangan NAPZA

Bab 9 Jaminan Mutu Pemeriksaan Toksikologi Klinik

Bab 10 Pemeriksaan Laboratorium Untuk Narkotika, Psikotropik, dan Zat Adiktif

Bab 11 Pemeriksaan Laboratorium Untuk Keracunan Logam Berat

Bab 12 Pemeriksaan Laboratorium Untuk Keracunan Pestisida

Bab 13 Pemeriksaan Laboratorium Untuk Keracunan Sianida
Bab 14 Pemeriksaan Laboratorium Untuk Keracunan Gas CO

Tak ada gading yang tak retak, tak ada manusia yang tak salah/pelak. Begitu pula dengan buku ini, penulis menyadari masih banyak kekurangan untuk itu, kami sangat mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun dari segala pihak demi perbaikan dan kesempurnaan materi yang terkaji dalam buku ini. Akhir kata, Kami sebagai penulis sangat berharap agar buku ini dapat bermanfaat bagi banyak pihak.

Makassar, Maret 2024

Tim Penulis

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	iii
DAFTAR ISI	v
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GAMBAR	xi
BAB 1 DASAR-DASAR TOKSIKOLOGI	1
Oleh : apt. Suwahyuni Mus, S.Si., M.Kes	
A. Pendahuluan	1
B. Mekanisme Kerja Toksisitas	5
C. Pengujian Toksikan dan Toksisitas	7
D. Aplikasi Toksikologi pada Berbagai Bidang.....	8
E. Hubungan Antara Dosis dengan Respon Tubuh dan Sumber Toksikan	10
DAFTAR PUSTAKA	15
BAB 2 FAKTOR-FAKTOR YANG MEMPENGARUHI TOKSISITAS	17
Oleh : apt. Nuralifah, S.Farm., M.Kes	
A. Pendahuluan	17
B. Faktor yang Berkaitan dengan Bahan Kimia	19
C. Faktor yang Berhubungan dengan Paparan	22
D. Variabel yang Relevan dengan Lingkungan Hidup ..	23
E. Faktor yang Berhubungan dengan Organisme	25
DAFTAR PUSTAKA	29
BAB 3 TOKSOKINETIKA	31
Oleh : Yulia Ratna Dewi, S.Tr.A.K., M.Biomed	
A. Pendahuluan	31
B. Farmakokinetik	32
C. Toksokinetik	33
D. Absorpsi	36
E. Distribusi.....	38
F. Metabolisme	39
G. Ekskresi	40
DAFTAR PUSTAKA.....	42

BAB 4	TOKSODINAMIKA	43
	Oleh : Wimpy, S.Pd.Kim, M.Pd	
	A. Pendahuluan	43
	B. Mekanisme Interaksi.....	44
	C. Efek Toksik.....	52
	DAFTAR PUSTAKA.....	57
BAB 5	BIOTRANSFORMASI TOKSIKAN	61
	Oleh : Muji Rahayu, M.Sc	
	A. Pendahuluan	61
	B. Biotransformasi Fase I.....	65
	C. Biotransformasi Fase II	68
	D. Contoh Biotransformasi Beberapa Toksikan	74
	DAFTAR PUSTAKA.....	78
BAB 6	MACAM-MACAM TOKSIKAN	79
	Oleh : apt. Nurfadilah, S.Farm., M.Si	
	A. Pendahuluan	79
	B. Toksikan Kimia.....	81
	C. Toksikan Biologis	91
	D. Toksikan Farmakologis	92
	DAFTAR PUSTAKA.....	94
BAB 7	TOLOK UKUR KETOKSIKAN	96
	Oleh : Ayu Puspitasari, ST., M.Si	
	A. Pendahuluan	96
	B. <i>In Vivo Assays</i>	98
	C. <i>In Vitro Assays</i>	108
	D. Metode Komputasional	110
	DAFTAR PUSTAKA.....	111
BAB 8	PERUNDANG - UNDANGAN NAPZA.....	113
	Oleh : Siti Raudah, S.Si., M.Si	
	A. Pendahuluan	113
	B. Sejarah Perkembangan Perundang-undangan Narkotika.....	113
	C. Undang-undang Psikotropika	120
	D. Prekursor	125
	DAFTAR PUSTAKA.....	151

BAB 9	JAMINAN MUTU PEMERIKSAAN TOKSIKOLOGI	
	KLINIK	153
	Oleh : Nur Qadri Rasyid, S.Si., M.Si	
	A. Pendahuluan	153
	B. Kebijakan Terkait Laboratorium	154
	C. Pemeriksaan Bahan Beracun	157
	D. Prosedur Jaminan Mutu	160
	E. Prosedur Pengendalian Mutu	161
	DAFTAR PUSTAKA	163
BAB 10	PEMERIKSAAN LABORATORIUM UNTUK	
	NARKOTIKA, PSIKOTROPIK DAN ZAT	
	ADIKTIF	164
	Oleh : apt. Yuri Pratiwi Utami., S. Farm., M.Si	
	A. Pendahuluan	164
	B. Narkotika, Psikotropika dan Zat adiktif.....	165
	C. Zat Adiktif	168
	D. Pencegahan dan Penanggulangan NAPZA	169
	E. Pemeriksaan Laboratorium Narkotika , Psikotropik, dan Zat Adiktif.....	170
	F. Pemeriksaan Laboratorium Patologi Klinik Narkoba "Urinary Drugs Testing" (Indrati 2015).....	175
	G. Kesimpulan.....	180
	DAFTAR PUSTAKA	181
BAB 11	PEMERIKSAAN LABORATORIUM UNTUK	
	KERACUNAN LOGAM BERAT	183
	Oleh : apt. Parawansah, S.Farm., M.Kes	
	A. Pendahuluan	183
	B. Faktor Risiko Logam Berat	184
	C. Komponen Logam Berat	184
	D. Paparan Logam Berat	185
	E. Logam Berat dan Mekanisme Toksisitasnya	186
	F. Pemeriksaan Laboratorium Untuk Keracunan Logam Berat	201
	DAFTAR PUSTAKA	209
BAB 12	PEMERIKSAAN LABORATORIUM UNTUK	
	KERACUNAN PESTISIDA	212
	Oleh : dr. Atika Indah Sari	

A. Pestisida dan Klasifikasinya	212
B. Toksisitas dan Risiko (Bahaya) Pestisida	214
C. Keracunan Pestisida dan Penyebabnya.....	216
D. Diagnosis Keracunan Pestisida	218
E. Pemeriksaan Laboratorium untuk Keracunan Pestisida	220
DAFTAR PUSTAKA.....	225
BAB 13 PEMERIKSAAN LABORATORIUM UNTUK KERACUNAN SIANIDA.....	226
Oleh : Christ Kartika Rahayuningsih, ST, M.Si	
A. Pendahuluan	226
B. Sifat Sianida.....	228
C. Keracunan Sianida	228
D. Sumber Keracunan Sianida.....	230
E. Absorpsi, Distribusi, Metabolisme, dan ekskresi Sianida	231
F. Patomekanisme Keracunan Sianida	232
G. Dosis Sianida.....	233
H. Manifestasi Sianida	234
I. Analisis Keracunan Sianida	235
J. Pemeriksaan Sianida Secara Kuantitatif menggunakan metode Spektrofotometer UV-Vis ...	237
DAFTAR PUSTAKA.....	239
BAB 14 PEMERIKSAAN LABORATORIUM UNTUK KERACUNAN GAS CO	240
Oleh : dr. Tutik Purwanti, SpFM.CMC	
A. Pendahuluan	240
B. Definisi.....	241
C. Etiologi.....	242
D. Epidemiologi.....	243
E. Sifat Fisik dan Kimia Karbon Monoksida	243
F. Farmakokinetik dan Farmakodinamik.....	244
G. Patofisiologi Keracunan Karbon Monoksida.....	245
H. Manifestasi Klinis	246
I. Pemeriksaan Fisik.....	247
J. Pemeriksaan Organ Dalam	249

K. Pemeriksaan Penunjang.....	251
L. Pemeriksaan Pada Jenazah.....	252
M. Penatalaksanaan	256
DAFTAR PUSTAKA.....	261
TENTANG PENULIS	263

DAFTAR TABEL

Tabel 7. 1	Ukuran Toksisitas Berdasarkan LD50	102
Tabel 7. 2	Nilai LD50 Beberapa Xenobiotika	106
Tabel 10. 1	Kadar cutoff tersebut ditunjukkan sebagai berikut (Dasgupta 2007) :	177
Tabel 10. 2	Durasi deteksi obat dalam urine ditunjukkan sebagai berikut (Lum dan Mushlin 2004) :	177
Tabel 10. 3	Pemeriksaan skrining yang dapat menyebabkan substansi silain (Standridge, Adams, dan Zotos 2010):	178
Tabel 12. 1	Jenis toksisitas berdasarkan tingkat paparan suatu pestisida (Damalas and Koutroubas, 2016).....	215
Tabel 14. 1	Farmakoterapi yang dapat dilakukan untuk intoksikasi karbon monoksida.....	260

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1	Nasib dan Efek toksikan di dalam tubuh	3
Gambar 1. 2	Kurva dosis-respon yang spesifik.....	10
Gambar 1. 3	Fase kerja zat toksik.....	12
Gambar 3. 1	Skema Representasi Perjalanan Racun dalam Tubuh.....	35
Gambar 4. 1	Bagan Reaksi Asetilkolinesterase dengan Asetilkolina (a, b, c) dan Pemblok Irreversible Asetilkolina_esterase (d, e) serta Pengaktifan Kembali Enzim yang Diblok dengan Penggunaan Enzim Pralidoksim (PAM) (f, g). (Ariens, n.d.)	46
Gambar 4. 2	Gambar Struktur Asam Fluoroasetat (a) dan Struktur Asam Asetat (b) (Zhang <i>et al.</i> , 2017)	48
Gambar 4. 3	Struktur Fe-protporfirin IX Pada Heme (Dare & Egan, 2018)	49
Gambar 5. 1	Contoh reaksi biotransformasi - hidrolisis A. Reaksi hidrolisis ikatan ester pada paraokson dan B. Reaksi hidrolisis transesterifikasi kokain dengan adanya etanol dan metanol (Klaassen, 2010)	66
Gambar 5. 2	Hasil reaksi konjugasi dengan glikoronida	70
Gambar 5. 3	Reaksi konjugasi dengan glutation.....	72
Gambar 5. 4	Reaksi konjugasi sulfat pada biotransformasi safrol. Sumber: (Manahan, 2003).....	73
Gambar 5. 5	Biotransformasi heroin. Sumber: (Milella <i>et al.</i> , 2023)	75
Gambar 7. 1	Hubungan NOAEL, LOAEL, dan LD50	108
Gambar 12. 1	Klasifikasi Insektisida (Hassaan and El Nemr, 2020)	213
Gambar 12. 2	Hubungan toksisitas, paparan dan risiko (bahaya)(Damalas and Koutroubas, 2016).....	214
Gambar 12. 3	Gejala dan Tanda Klinis Keracunan Insektisida (Djoko and Katu, 2014)	220

Gambar 12. 4	Daftar Pestisida yang dapat Dianalisis di Laboratorium Klinis	222
Gambar 14. 1	Ikatan kimia karbon monoksida	244
Gambar 14. 2	Skema penyimpanan dan transpor CO	244
Gambar 14. 3	Mekanisme Inflamasi Intoksikasi CO	245
Gambar 14. 4	Pada sampel jaringan paru didapatkan temuan autolisis, perubahan emfisematous, perdarahan alveolar (bintang) dan edema alveolar (panah) .	253
Gambar 14. 5	(a) Adanya gambaran aspirasi benda asing (panah), pada bronkus paru juga terdapat leukosit polimorfonuklear dan eritrosit. (b) Tampak leukosit polimorfonuklear, sel inflamasi mononuklear, edema, tanda pneumonia termasuk eritrosit (bintang) dan aspirasi	253
Gambar 14. 6	Gambaran parenkim paru dengan edema serohematik dan endapan bubuk hitam (jelaga)	254
Gambar 14. 7	Gambaran hemisfer cerebri dengan edema: menyebar secara difus di sekitar neuron dan ruang perivaskular dengan diseksi saraf parenkim	254
Gambar 14. 8	Gambaran area parenkim serebral dengan edema perineuronal dan distrofi granular neuron korteks serebral (kiri). Perdarahan perivaskular Virchow–Robin space di area kortikal (kanan).....	254
Gambar 14. 9	Gambaran miokardium dengan edema interstisial difus (kiri). Pada parenkim paru didapatkan area edema dan emfisema (kanan)..	255
Gambar 14. 10	Gambaran parenkim paru dengan kongesti vaskular dan microhemorrhage (kiri). Tampak adanya gambaran fibrosis miokard dimana serat kolagen berwarna kebiruan di interstisial dan perivaskular secara difus (kanan).....	255
Gambar 14. 11	Gambaran stenosis makrovaskular hepar yang luas	255

BAB 1

DASAR-DASAR TOKSIKOLOGI

apt. Suwahyuni Mus, S.Si., M.Kes

A. Pendahuluan

Toksikologi, yang berasal dari terminologi Yunani 'toxicos' mengacu pada zat beracun dan 'logos' yang berarti pengetahuan adalah studi interdisipliner yang mengintegrasikan berbagai disiplin ilmiah. Bidang ini mengeksplorasi ilmu-ilmu seperti biologi, kimia, fisika, anatomi, fisiologi, patologi, psikologi, zoologi, farmakologi, genetika, biokimia, statistika, dan matematika untuk memahami efek zat beracun dan cara penanganannya. Toksikologi didefinisikan sebagai ilmu tentang racun yang juga disebut sebagai toksikan, zat beracun, racun, xenobiotik, ataupun sebagai pemicu stress (Burcham, 2013).

Toksisitas ilmu lebih jauh menguraikan bahwa toksikologi adalah studi tentang karakteristik serta proses yang mendukung pengaruh berbahaya yang dihasilkan oleh entitas seperti bahan biologis, kimia, fisikal, genetik, atau psikologis, baik secara langsung maupun tidak langsung terhadap organisme hidup serta sistem biologi lainnya. Selain itu, toksikologi juga terkait dengan evaluasi dampak negatif yang berkaitan dengan tingkat atau dosis, periode, dan frekuensi dari eksposur terhadap organisme tersebut. Penilaian bahaya kesehatan dari bahan kimia industri, polutan lingkungan, dan zat lain merupakan elemen penting dalam perlindungan kesehatan pekerja dan Masyarakat pada umumnya (Lu & Nugroho, 1995).

DAFTAR PUSTAKA

- Burcham, P. (2013). *An Introduction to Toxicology*. Publisher. <https://doi.org/10.1007/978-1-4471-5553-9>
- Derelanko, M. J., & Hollinger, M. A. (2001). *Handbook of Toxicology* (2nd ed.). CRC Press. <https://doi.org/10.1201/9781420042078>
- Guo, C., Hoek, G., Chang, L.-Y., Bo, Y., Lin, C., Huang, B., Chan, T.-C., Tam, T., Lau, A. K. H., & Lao, X. Q. (2019). Long-Term Exposure to Ambient Fine Particulate Matter and Lung Function in Children, Adolescents, and Young Adults: A Longitudinal Cohort Study. *Environmental Health Perspectives*, 127(12), 127008. <https://doi.org/10.1289/EHP5220>
- Gupta, P. K. (2018). *Illustrated Toxicology: With Study Questions*. Academic Press. <https://doi.org/10.1016/C2016-0-04130-X>
- Hodgson, E. (2010). *A Textbook of Modern Toxicology* (4th ed.). John Wiley & Sons.
- Kaur, J., & Kyle, P. B. (2020). Ethylene glycol toxicity. In *Toxicology Cases for the Clinical and Forensic Laboratory* (pp. 51–54). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-815846-3.00031-4>
- Lu, F. C., & Nugroho, E. (1995). *Toksikologi dasar: asas, organ sasaran, dan penilaian risiko* (E. Nugroho, Trans.; 2nd ed.). UI-Press. <https://lib.ui.ac.id/detail.jsp?id=20289735>
- Mansur. (2008). *Toksikologi dan Distribusi Agen Toksik* (2nd ed.). UI Press.
- Meily, L., Kurniawidjaja, & others. (2021). *Konsep Dasar Toksikologi Industri – Ebook* (1st ed.). Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Indonesia.
- Song, S., Zhu, S., Zhang, Z., Mo, Z., Ke, Q., & Luo, Z. (2013). A study on the inhibitory effect of matrine on gastric cancer SGC-7901 cells. *African Journal of Traditional, Complementary and*

Alternative Medicines, 10(6).
<https://doi.org/10.4314/ajtcam.v10i6.5>

Sullivan, J. B., & Krieger, G. R. (2001). *Clinical Environmental Health and Toxic Exposures* (2nd ed.). Lippincott Williams & Wilkins.

Winter, M. E. (2010). *Farmakokinetika Klinis Dasar* (5th ed.). Penerbit EGC.

BAB 2

FAKTOR-FAKTOR YANG MEMPENGARUHI TOKSISITAS

apt. Nuralifah, S.Farm., M.Kes.

A. Pendahuluan

Toksisitas dapat menimbulkan berbagai dampak pada manusia, bergantung pada zat dan cara pemaparannya. Beberapa dampak langsungnya dapat berupa iritasi pada mata, hidung, dan tenggorokan, sedangkan paparan jangka panjang dapat menyebabkan masalah kesehatan yang lebih parah seperti kanker, kerusakan hati, kerusakan ginjal, dan masalah neurologis. Toksisitas suatu zat ditentukan oleh struktur kimianya, sejauh mana zat tersebut diserap oleh tubuh, dan kemampuan tubuh untuk mendetoksifikasi dan menghilangkannya. Bahaya suatu bahan kimia ditentukan oleh faktor-faktor seperti toksisitas, rute paparan, dosis, durasi, dan kerentanan individu (Igarashi, 2008).

Toksisitas xenobiotik dipengaruhi oleh sejumlah faktor, termasuk paparannya, organisme, dan lingkungan sekitar. Variabel yang dapat dimodifikasi adalah karakteristik yang mempengaruhi toksisitas suatu bahan kimia. Ciri-ciri kimia mencakup hal-hal seperti: (i) translokasi dan biotransformasi; (ii) kelarutan dalam pelarut organik dan air; (iii) dosis/konsentrasi; (iv) sifat ionik; (v) sifat fisika-kimia, termasuk gugus fungsi; (vi) cara kerjanya; dan (vii) interaksi dengan bahan kimia lainnya. Hampir setiap sifat ini bergantung pada struktur senyawa (Jadaa & Mohammed, 2023).

DAFTAR PUSTAKA

- Balali-mood, M., Naseri, K., Tahergorabi, Z., & Khazdair, M. R. (2021). *Toxic Mechanisms of Five Heavy Metals : Mercury , Lead , Chromium , Cadmium , and Arsenic*. 12(April), 1–19. <https://doi.org/10.3389/fphar.2021.643972>
- Frank A. Barile, MS, P. (2019). *Barile's Clinical Toxicology Principles and Mechanisms* (Third Edit). Taylor & Francis Group.
- Hayatul Husni, E. M. (2021). *Uji Toksisitas Akut Limbah Cair Industri Tahu Terhadap Ikan Mas (Cyprinus carpio Lin) (Studi Kasus : Limbah Cair Industri Tahu " SUPER ", Padang) Oleh : Hayatul Husni ; Esmiralda , MT Jurusan Teknik Lingkungan , Universitas Andalas*.
- Héroux, P. (2013). *Principles of Toxicology: Course Notes*. <http://www.invitroplus.mcgill.ca/Ftp/ToxicologyCourseNotes2013.pdf>
- Hongbo, W., Mei, L., Kefeng, Z., Yonglei, W., & Yongfeng, G. (2011). *Study on Ecological Floating Bed Technology for the Landscape Water Treatment*. <https://doi.org/10.1109/CDCIEM.2011.486>
- Igarashi, E. (2008). Factors affecting toxicity and efficacy of polymeric nanomedicines. *Toxicology and Applied Pharmacology*, 229(1), 121–134. <https://doi.org/10.1016/j.taap.2008.02.007>
- Jadaa, W., & Mohammed, H. (2023). *Heavy Metals – Definition , Natural and Anthropogenic Sources of Releasing into Ecosystems , Toxicity , and Removal Methods – An Overview Study*. 24(6), 249–271.
- Kim, J., Kim, Y., & Kumar, V. (2019). Journal of Trace Elements in Medicine and Biology Heavy metal toxicity : An update of chelating therapeutic strategies. *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology*, 54(May), 226–231. <https://doi.org/10.1016/j.jtemb.2019.05.003>

- Length, F. (2007). *Heavy metal pollution and human biotoxic effects*. 2(5), 112–118.
- Moyer, T. P. (1985). Principles of Clinical Toxicology. In *Mayo Clinic Proceedings* (Vol. 60, Issue 8). [https://doi.org/10.1016/s0025-6196\(12\)60589-8](https://doi.org/10.1016/s0025-6196(12)60589-8)
- Msd, T. (2024). *Toxicology MSDT*.
- Tchounwou, P. B., Yedjou, C. G., Patlolla, A. K., & Sutton, D. J. (2014). *Heavy Metals Toxicity and the Environment*. 1–30. <https://doi.org/10.1007/978-3-7643-8340-4>
- Zhai, Q., Narbad, A., & Chen, W. (2015). *Dietary Strategies for the Treatment of Cadmium and Lead Toxicity*. *Cd*, 552–571. <https://doi.org/10.3390/nu7010552>

BAB 3 | TOKSOKINETIKA

Yulia Ratna Dewi, S.Tr.A.K., M.Biomed

A. Pendahuluan

Toksikologi adalah cabang ilmu yang mempelajari penggunaan berbagai bahan kimia yang dapat memiliki efek toksik terhadap tubuh manusia. Efek toksik ini dapat bervariasi mulai dari gejala ringan hingga kematian. Dengan kemajuan teknologi, produksi bahan kimia beracun semakin meningkat dan tersebar luas. Dari bahasa Yunani, kata "toksikologi" terdiri dari "toxicos" yang artinya beracun, dan "logos" yang berarti ilmu. Dengan demikian, toksikologi dapat diartikan sebagai studi tentang perilaku dan efek merugikan suatu zat terhadap organisme atau makhluk hidup. Bidang toksikologi mencakup penelitian tentang berbagai aspek, termasuk gejala keracunan, mekanisme kerja zat beracun, proses detoksifikasi, serta metode deteksi keracunan pada sistem biologis makhluk hidup (Fitriana, 2015).

Dalam identifikasi jenis zat toksik yang menyebabkan keracunan, seringkali menjadi kompleks karena adanya proses alami dalam tubuh manusia. Jarang sekali suatu bahan kimia tetap dalam bentuk aslinya di tubuh; begitu memasuki tubuh, bahan tersebut akan melalui proses ADME, yaitu absorpsi, distribusi, metabolisme, dan ekskresi. Paracelsus, seorang tokoh toksikologi modern, menyatakan bahwa "semua zat adalah racun; tidak ada yang bukan racun. Dosis yang tepat membedakan suatu racun dengan obat." Toksikan, atau zat toksik, merujuk pada bahan apa pun yang dapat menyebabkan

DAFTAR PUSTAKA

- Barreto, E. F., Larson, T. R. and Koubek, E. J. (2022) *Comprehensive Pharmacology*. Doi: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-820472-6.00004-9>.
- Berniyanti, T. (2012) *Biomarker Toksisitas*. Surabaya: Airlangga University Press.
- Dixit, R. *Et al.* (2011) 'Toxicokinetics And Physiologically Based Toxicokinetics In Toxicology And Risk Assessment', *Journal Of Toxicology And Environmental Health - Part B: Critical Reviews*, 6(1), Pp. 1-40. Doi: 10.1080/10937400306479.
- Fitriana, A. N. (2015) 'Forensic Toxicology', *Encyclopedia Of Toxicology*, 4, Pp. 369-375. Doi: 10.1016/B0-12-369400-0/00431-2.
- Grogan, S. And Preuss, C. V. (2024) *Pharmacokinetics*. In: Statpearls [Internet]. Treasure Island (FL): Statpearls Publishing. Doi: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/Nbk557744/>.
- Irianti, T. *Et al.* (2017) 'Toksikologi Lingkungan', (1), P. 119.
- Kurniawidjaja, L. M. *Et al.* (2021) *Konsep Dasar Toksikologi Industri, Fkm Ui*.
- Prastiwi, I. M. And Harjana, M.P, T. (2022) 'Pengaruh Kombinasi Ekstrak Daun Bayam Merah (*Amaranthus Tricolor*, L.) Dan Biji Kacang Polong (*Pisum Sativum*, L.) Terhadap Struktur Histologi Hati, Ginjal Dan Lambung Tikus Putih Betina (*Rattus Norvegicus*) Siti', *Kingdom The Journal Of Biological Studies*, 8(1), Pp. 74-84. Available At: <https://journal.student.uny.ac.id/%0apengaruh>.
- Rahayu, M. And Solihat, M. F. (2018) *Toksikologi Klinik*.
- Wicaksana, A. And Rachman, T. (2018) *Toksikologi Pangan, Angewandte Chemie International Edition*, 6(11), 951-952. Available At: <https://medium.com/@arifwicaksanaa/Pengertian-Use-Case-A7e576e1b6bf>.

BAB 4 | TOKSODINAMIKA

Wimpy, S.Pd.Kim, M.Pd

A. Pendahuluan

Toksodinamika adalah ilmu yang mempelajari bagaimana xenobiotik (senyawa asing) dalam hal ini dapat berupa obat yang berinteraksi dan mempengaruhi sistem biologis tubuh. Interaksi kimiawi yang terjadi antara xenobiotik dengan reseptor sebagai sasaran di dalam tubuh dapat menimbulkan efek toksik, terapeutik maupun obat. (Rahayu & Solihat, 2018). Efek tersebut dipengaruhi oleh bagaimana mekanisme xenobiotik yang berinteraksi dengan berbagai komponen makromolekul khusus di dalam tubuh atau sering disebut dengan "reseptor". Terdapat dua jenis reseptor di dalam tubuh yaitu reseptor spesifik dan reseptor non spesifik. Contoh reseptor spesifik : reseptor insulin yang terdapat pada permukaan sel sel otot, jaringan lemak dan juga hati. Contoh reseptor non spesifik : reseptor histamin yang terdapat di hampir seluruh permukaan sel atau membran plasma jaringan tubuh. (Schwelberger *et al.*, 2013).

Ketika reseptor berinteraksi dengan xenobiotik dapat menghasilkan efek yang bersifat irreversible maupun reversible. Efek irreversible ini berdampak pada kerusakan permanen seperti : kerusakan sistem saraf, kerusakan organ ginjal, kerusakan organ hati, bahkan keganasan atau kanker. Sedangkan pada efek yang bersifat reversible, organ - organ atau sel target dapat aktif dan pulih kembali, Contoh : reaksi

DAFTAR PUSTAKA

- Afrifa, J., Opoku, Y. K., Gyamerah, E. O., Ashiagbor, G., & Sorkpor, R. D. (2019). The clinical importance of the mercury problem in artisanal small-scale gold mining. *Frontiers in Public Health*, 7, 448888.
- Ariens, E. J. (n.d.). *Muschler, dan AM Simonis. 1978. Toksikologi Umum Pengantar. Diterjemahkan oleh Wattimena, Widiyanto, Sukandar.* Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
- Bahadar, H., Mostafalou, S., & Abdollahi, M. (2014). Current understandings and perspectives on non-cancer health effects of benzene: A global concern. *Toxicology and Applied Pharmacology*, 276(2), 83–94.
- Bardos, T. J. (2005). Antimetabolites: Molecular design and mode of action. *Medicinal Chemistry*, 63–98.
- Barupala, D. P., Dzul, S. P., Riggs-Gelasco, P. J., & Stemmler, T. L. (2016). Synthesis, delivery and regulation of eukaryotic heme and Fe-S cluster cofactors. *Archives of Biochemistry and Biophysics*, 592, 60–75.
- Batista-Duharte, A., Lindblad, E. B., & Oviedo-Orta, E. (2011). Progress in understanding adjuvant immunotoxicity mechanisms. *Toxicology Letters*, 203(2), 97–105.
- Bou Zerdan, M., Moussa, S., Atoui, A., & Assi, H. I. (2021). Mechanisms of immunotoxicity: Stressors and evaluators. *International Journal of Molecular Sciences*, 22(15), 8242.
- Cestonaro, L. V., Macedo, S. M. D., Piton, Y. V., Garcia, S. C., & Arbo, M. D. (2022). Toxic effects of pesticides on cellular and humoral immunity: An overview. *Immunopharmacology and Immunotoxicology*, 44(6), 816–831.
- Cohen, R. A., Patel, A., & Green, F. H. (2008). *Lung disease caused by exposure to coal mine and silica dust.* 29(06), 651–661.
- Colovic, M. B., Krstic, D. Z., Lazarevic-Pasti, T. D., Bondzic, A. M., & Vasic, V. M. (2013). Acetylcholinesterase inhibitors:

- Pharmacology and toxicology. *Current Neuropharmacology*, 11(3), 315–335.
- Dare, N. A., & Egan, T. J. (2018). Heterogeneous catalysis with encapsulated haem and other synthetic porphyrins: Harnessing the power of porphyrins for oxidation reactions. *Open Chemistry*, 16(1), 763–789.
- Farooque, S. P., & Lee, T. H. (2009). Aspirin-sensitive respiratory disease. *Annual Review of Physiology*, 71, 465–487.
- Fisher, S. K., & Wonnacott, S. (2012). Acetylcholine. In *Basic neurochemistry* (pp. 258–282). Elsevier.
- Ghelardini, C., Mannelli, L. D. C., & Bianchi, E. (2015). The pharmacological basis of opioids. *Clinical Cases in Mineral and Bone Metabolism*, 12(3), 219.
- Heintz, N. H., Janssen-Heininger, Y. M., & Mossman, B. T. (2010). Asbestos, lung cancers, and mesotheliomas: From molecular approaches to targeting tumor survival pathways. *American Journal of Respiratory Cell and Molecular Biology*, 42(2), 133–139.
- Helms, C. C., & Gladwin, M. T. (2018). Erythrocytes and vascular function: Oxygen and nitric oxide. *Frontiers in Physiology*, 9, 324039.
- Kovalev, I. S., Zyryanov, G. V., Santra, S., Majee, A., Varaksin, M. V., & Charushin, V. N. (2022). Folic acid antimetabolites (antifolates): A brief review on synthetic strategies and application opportunities. *Molecules*, 27(19), 6229.
- Kurniawidjaja, L. M., Lestari, F., Tejamaya, M., & Ramdhan, D. (2021). Konsep dasar toksikologi industri. *Fkm Ui*, 54–118.
- Leberl, M., Kratzer, A., & Taraseviciene-Stewart, L. (2013). Tobacco smoke induced COPD/emphysema in the animal model – Are we all on the same page? *Frontiers in Physiology*, 4, 43520.
- Naguib, M., & Koorn, R. (2002). Interactions between psychotropics, anaesthetics and electroconvulsive therapy: Implications for

- drug choice and patient management. *CNS Drugs*, 16, 229–247.
- Owsiany, M. T., Hawley, C. E., Triantafylidis, L. K., & Paik, J. M. (2019). Opioid management in older adults with chronic kidney disease: A review. *The American Journal of Medicine*, 132(12), 1386–1393.
- Pastor-Nieto, M.-A., & Gatica-Ortega, M.-E. (2021). Ubiquity, hazardous effects, and risk assessment of fragrances in consumer products. *Current Treatment Options in Allergy*, 8, 21–41.
- Rahayu, M., & Solihat, M. F. (2018). Toksikologi klinik. *Jakarta: Kementerian Kesehatan RI*.
- Rehman, K., Fatima, F., Waheed, I., & Akash, M. S. H. (2018). Prevalence of exposure of heavy metals and their impact on health consequences. *Journal of Cellular Biochemistry*, 119(1), 157–184.
- Santi, S., & Wimpy, W. (2023). Pengaruh Kadar Etanol Darah Terhadap Kadar Gamma Glutamyl Transferase (GGT) pada Pekerja Pembuatan Etanol di Desa Ngombakan Polokarto: The Effect of Blood Ethanol on Gamma GT Levels in Ethanol Manufacturer Workers in Ngombakan Polokarto. *Jurnal Surya Medika (JSM)*, 9(1), 283–288.
- Sari, R., & Wimpy, W. (2023). Hubungan Kadar Arsenik dalam Darah terhadap Kadar Insulin pada Perokok Aktif. *Jurnal Ilmiah Permas: Jurnal Ilmiah STIKES Kendal*, 13(4), 1417–1426.
- Schwelberger, H., Ahrens, F., Fogel, W., & Sánchez-Jiménez, F. (2013). Histamine metabolism. *Histamine H4 Receptor: A Novel Drug Target for Immunoregulation and Inflammation*. London: Versita, 63–102.
- Shukla, D., Saxena, S., Purushothaman, J., Shrivastava, K., Singh, M., Shukla, S., Malhotra, V. K., Mustoori, S., & Bansal, A. (2011). Hypoxic preconditioning with cobalt ameliorates hypobaric

- hypoxia induced pulmonary edema in rat. *European Journal of Pharmacology*, 656(1-3), 101-109.
- Sobotta, J. (2018). *Investigations of carbon fixation in model organisms and in cell-free prebiotic transition metal-catalyzed reactions.*
- Verhulst, L., & Goossens, A. (2016). Cosmetic components causing contact urticaria: A review and update. *Contact Dermatitis*, 75(6), 333-344.
- Wang, S. (2019). Historical review: Opiate addiction and opioid receptors. *Cell Transplantation*, 28(3), 233-238.
- Zhang, J., Wang, Y., Xu, G., Lin, M., Fan, T., Yang, Z., & Dong, Z. (2017). Formation and rheological behavior of wormlike micelles in a catanionic system of fluoroacetic acid and tetradecyldimethylaminoxide. *Soft Matter*, 13(3), 670-676.

BAB 5

BIOTRANSFORMASI TOKSIKAN

Muji Rahayu

A. Pendahuluan

Biotransformasi mengacu pada perubahan bahan kimia yang bersifat toksik (toksikan) atau senyawa asing (xenobiotic) dalam sistem biologis. Transformasi toksikan memainkan peran penting dalam mempertahankan homeostasis selama paparan bahan kimia. Hal ini dicapai dengan mengubah xenobiotik yang larut dalam lemak (nonpolar) dan tidak dapat diekskresikan menjadi senyawa polar yang larut dalam air yang dapat dieliminasi melalui empedu dan urin. Dengan demikian, hasil dari biotransformasi meliputi: fasilitasi ekskresi, konversi senyawa induk beracun menjadi metabolit tidak beracun (dikenal sebagai **detoksifikasi**), konversi senyawa induk tidak beracun menjadi metabolit beracun (dikenal sebagai **bioaktivasi**), dan konversi senyawa non reaktif menjadi metabolit reaktif (**bioaktivasi farmakologis**) (Barile, 2005).

Biotransformasi mengacu pada perubahan senyawa xenobiotik sebagai akibat dari kerja enzim. Reaksi yang tidak dimediasi oleh enzim mungkin juga penting. Sebagai contoh transformasi nonenzimatik, beberapa senyawa xenobiotik berikatan dengan molekul endogen tanpa katalis enzim, mengalami hidrolisis dalam media cairan tubuh, atau mengalami proses oksidasi-reduksi (Manahan, 2003).

Kemungkinan suatu senyawa xenobiotik akan mengalami metabolisme enzimatik di dalam tubuh bergantung pada sifat kimiawi senyawa tersebut. Senyawa dengan tingkat polaritas

DAFTAR PUSTAKA

- Barile, F. A. (2005) *Clinical Toxicology: Principles and Mechanisms*. Taylor & Francis e-Library.
- Bhandari, R. K. *et al.* (2014) 'Cyanide toxicokinetics: The behavior of cyanide, thiocyanate and 2-amino-2-thiazoline-4-carboxylic acid in multiple animal models', *Journal of Analytical Toxicology*, 38(4), pp. 218-225. doi: 10.1093/jat/bku020.
- Chen, G. (2020) 'Xenobiotic metabolism and disposition', in *An Introduction to Interdisciplinary Toxicology: From Molecules to Man*. INC, pp. 31-42. doi: 10.1016/B978-0-12-813602-7.00003-X.
- El-Ghiaty, M. A. and El-Kadi, A. O. S. (2023) 'The Duality of Arsenic Metabolism: Impact on Human Health', *Annual Review of Pharmacology and Toxicology*, 63, pp. 341-358. doi: 10.1146/annurev-pharmtox-051921-020936.
- Klaassen, C. D. (2010) *Casarett & Doull's Toxicology The Basic Science of Poisons*. 7th edn. Edited by C. D. Klaassen. Mc Graw Hill Ed. doi: 10.1036/0071470514.
- Manahan, S. (2003) *Toxicological Chemistry and Biochemistry*. 3rd editio, *Toxicological Chemistry and Biochemistry*. 3rd editio. Lewis Publisher. doi: 10.1201/9780367801335.
- Milella, M. S. *et al.* (2023) 'Heroin and its metabolites : relevance to heroin use disorder', *Translational Psychiatry*, 13(October 2022), pp. 1-16. doi: 10.1038/s41398-023-02406-5.

BAB 6 | MACAM-MACAM TOKSIKAN

apt. Nurfadilah, S.Farm., M.Si.

A. Pendahuluan

Pengetahuan mendalam tentang toksikan membantu kita mendeteksi, mencegah dan merespon efek negatif pada kesehatan manusia. 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.

Toksikan dapat berasal dari berbagai sumber yang melibatkan zat kimia, biologi, fisik serta lingkungan. Pemahaman mendalam terhadap berbagai jenis toksikan menjadi krusial dalam penanganan pasien dengan paparan bahan berbahaya. Bab ini akan membahas berbagai kategori toksikan yang dapat dijumpai dalam konteks klinik yang melibatkan aspek-aspek yang berkaitan dengan zat kimia, biologis, fisik, farmakologi serta psikososial.

Menurut Lu (1995), toksisitas didefinisikan sebagai kajian tentang hakikat dan mekanisme efek toksik berbagai bahan terhadap makhluk hidup dan sistem biologi lainnya. Mekanisme kerja yang mendasari efek toksik biasanya dapat diketahui lewat berbagai perubahan tingkat subseluler. Bagian yang potensial dipengaruhi toksikan adalah nukleulus, mitokondria, lisosom,

DAFTAR PUSTAKA

- Ashish, S. (2018). *Food Toxicology Current Advances and Future Challenges* (S. Ashish & H. Suzan, Eds.). Apple Academic Press Inc.
- Ashutosh, K. (2023). *Environmental Toxicology and Ecosystem*. CRC Press.
- B POM. (2019). *Peraturan Badan Pengawas Obat dan makanan No.11 Tahun 2019 tentang Bahan Tambahan Pangan*.
- Engwa GA, Ferdinand PU, Nwalo FN, & Unachukwu MN. (2019). Mechanism and health effects of heavy metal toxicity in humans. In: Karcioğlu O and Arslan B (eds), *Poisoning Mod World – New Tricks an Old Dog?*. London: IntechOpen, DOI: 10.5772/Intechopen.82511.
- Fazeli M, Hassanzadeh P, & Alaei S. (2011). Cadmium chloride exhibits a profound toxic effect on bacterial microflora of the mice gastrointestinal tract. *Hum Exp Toxicol* 30:152–159., 30, 152–159.
- Gupta, R. C. (2004). Brain Regional Heterogeneity and Toxicological Mechanisms of Organophosphates and Carbamates. In *Toxicology Mechanisms and Methods* (Vol. 14, Issue 3, pp. 103–143). <https://doi.org/10.1080/15376520490429175>
- Hodgson, E. (2004). *A textbook of modern toxicology*. Wiley-Interscience.
- Inwiasri, & Kusnopranto, H. (2011). Paparan Hg Pada Penambang Emas Tradisional Di Kabupaten Gunung Mas Kalimantan Tengah. *Jurnal Ekologi Kesehatan*, 10(2).
- Lamb, T., Selvarajah, L. R., Mohamed, F., Jayamanne, S., Gawarammana, I., Mostafa, A., Buckley, N. A., Roberts, M. S., & Eddleston, M. (2016). High lethality and minimal variation after acute self-poisoning with carbamate insecticides in Sri Lanka – implications for global suicide prevention. *Clinical Toxicology*, 54(8), 624–631.

- Levine, B. S., & Kerrigan, S. (2020). *Principles of Forensic Toxicology* (5th ed.). Springer.
- Lu, F. C. (1995a). *Toksikologi Dasar:Organ, Sasaran, dan Penilaian Resiko. Ed ke-2.* (E. Nugroho, Ed.; 2nd ed.). UI Press.
- Lu, F. C. (1995b). *Toksikologi Dasar:Organ, Sasaran, dan Penilaian Resiko. Ed ke-2.* (E. Nugroho, Ed.; 2nd ed.). UI Press.
- Palar, H. (2004). *Pencemaran dan Toksikologi Logam Berat* (heryando Palar, Ed.). Rineka Cipta.
- Raper, K. B. and F. D. I. (2015). The Genus *Aspergillus*. *Advances in Microbiology*, 5(4).
- Richardson JB, Dancy BCR, & Horton CL. (2018). Exposure to toxic metals triggers unique responses from the rat gut microbiota. *Sci Rep*, 8, 1–12.
- Satarug S and Moore MR. (2004). Satarug S and Moore MR. Adverse health effects of chronic exposure to low-level cadmium in foodstuffs and cigarette smoke. *Environmental Health Perspective. Environmental Health Perspective*, 112(10), 1099–1103.
- Valko M, Morris H, & Cronin MTD. (2005). Metals, toxicity and oxidative stress. *Curr Med Chem*.
- Wasitaatmaja, S. M. (1997). *Penuntun Ilmu Kosmetik Medik.* Universitas Indonesia.
- Widowati, W., Astiana Sastiono, & Rymond Jusuf Rumampuk. (2008). *Efek Toksik Logam, Pencegahan dan Penanggulangan Pencemaran.* Andi Offset.

BAB 7

TOLOK UKUR KETOKSIKAN

Ayu Puspitasari, ST., M.Si

A. Pendahuluan

Suatu xenobiotika dapat memberikan efek buruk / racun terhadap makhluk hidup. Xenobiotika adalah semua zat asing yang masuk ke dalam tubuh dan tidak umum berada di dalam tubuh. Ukuran daya meracuni atau kapasitas dari xenobiotika untuk menyebabkan efek buruk pada makhluk hidup disebut toksisitas. Tolok ukur ketoksikan adalah metode yang digunakan untuk mengukur tingkat toksisitas suatu senyawa terhadap makhluk hidup. Pengukuran ini penting dalam mengevaluasi dampak buruk dari xenobiotika yang secara potensial berbahaya bagi kesehatan manusia, hewan, dan lingkungan. Penggunaan tolok ukur ketoksikan ini memungkinkan para ilmuwan dan regulator untuk menentukan standar dosis yang aman dari suatu xenobiotika, serta mengembangkan strategi mitigasi yang efektif.

Data yang diperoleh dari tolok ukur ketoksikan digunakan untuk menghasilkan informasi penting, seperti level dosis yang aman bagi manusia, perkiraan risiko kesehatan dari paparan zat tertentu, dan pengembangan pedoman regulasi untuk penggunaan dan manajemen zat-zat berbahaya. Dengan pemilihan tolok ukur ketoksikan yang tepat, dapat dibuat keputusan yang lebih baik terkait dengan pemakaian dan penanganan xenobiotika, serta memastikan perlindungan yang optimal bagi kesehatan manusia dan kelestarian lingkungan.

DAFTAR PUSTAKA

- Arome, D. & Chinedu, E., 2013. The Importance Of Toxicity Testing. *Journal Of Pharmaceutical And Biosciences*, Volume 4, pp. 146-148.
- Baird, T. J., Caruso, M. J., Gauvin, D. V. & Dalton, J. A., 2019. NOEL and NOAEL: A Retrospective Analysis of Mention In A Sample of Recently Conducted Safety Pharmacology Studies. *Journal of Pharmacological and Toxicological Methods*, Volume 99.
- Barile, F. A., 2005. *Clinical Toxicology : Principles And Mechanisms*. s.l.:CRC Press.
- Chandra, M. *et al.*, 2014. Determination of Median Lethal Dose Of Triazophos With DMSO In Wistar Rats. *Asian Journal of Pharmaceutical and Clinical Research*, 7(4).
- Kurniawidjaja, M., Lestari, F., Tejamaya, M. & Ramdhan, D. H., 2021. *Konsep Dasar Toksikologi Industri*. Kesatu ed. Depok: Fakultas Kesehatan masyarakat Universitas Indonesia.
- Krewski, D. *et al.*, 2020. Toxicity Testing In The 21st Century: Progress In The Past Decade And Future Perspectives. *Archives of Toxicology*, 94(1), pp. 1-58.
- Loomis, T. A., 2001. *Toksikologi Dasar (Terjemahan)*. Ketiga ed. Semarang: IKIP Semarang Press.
- Pillai, S. . K. *et al.*, 2021. John William Trevan's concept of Median Lethal Dose (LD50/LC50). *Journal of Pre-Clinical and Clinical Research*, 15(3), pp. 137-141.
- RI, B., 2022. *Peraturan Badan Pengawas Obat Dan Makanan Nomor 10 Tahun 2022 Tentang Pedoman Uji Toksisitas Praktikum Secara In Vivo*, Jakarta: BPOM RI.
- Saganuwan, S. A., 2011. A Modified Arithmetical Method of Reed and Muench For Determination of A Relatively Ideal Median Lethal Dose (LD 50). *African Journal of Pharmacy and Pharmacology*, 5(12), pp. 1543-1546.

Trevan, J. W., 1927. The Error of Determination of Toxicity.
Proceedings of The Royal Society B: Biological Sciences, Volume
101, pp. 483-514.

BAB 8

PERUNDANG - UNDANGAN NAPZA

Siti Raudah, S.Si., M.Si

A. Pendahuluan

Di Indonesia, narkoba dianggap sebagai obat terlarang. Namun, ada banyak manfaatnya untuk penelitian, ilmu pengetahuan, dan kesehatan. Narkotika memiliki sejarah yang panjang sejak dikenal di seluruh dunia sebagai obat-obatan yang diatur penjualan dan penggunaannya. Awalnya hanya bermanfaat untuk kesehatan, hingga digunakan untuk kesenangan yang akhirnya menghambat produktivitas dan menurunkan derajat kemanusiaan. Setiap jenis narkoba yang dijual secara ilegal menarik perhatian publik hingga menjadi kejahatan yang dikenal sebagai Kejahatan Narkotika (Syaiful, 2012).

Sebelum Indonesia merdeka, masalah narkoba sudah ada. Narkoba yang dikenal sebagai opium atau candu mulai menyebar ke beberapa wilayah Indonesia pada akhir tahun 1600. Daerah pelabuhan seperti Banten dan Aceh adalah tempat pertama para pedagang candu datang, sementara daerah pedalaman yang banyak perdagangan candu dihuni oleh orang timur asing seperti Cina dan orang kaya (Irianto *et al.*, 2022).

B. Sejarah Perkembangan Perundang-undangan Narkotika

Sebelum Perang Dunia II berakhir pada zaman penjajahan Belanda, penggunaan obat-obatan seperti opium atau candu sudah lama dikenal di Indonesia. Pada umumnya, pengguna opium adalah orang Cina. Pemerintah Belanda memberikan izin

DAFTAR PUSTAKA

- Eleanora, F.N. (2011) 'Bahaya Penyalahgunaan Narkoba Serta Usaha Pencegahan dan Penanggulangnya (Suatu Tinjauan Teoritis)', *Jurnal Hukum*, XXV(1), p. 439. Available at: <https://doi.org/10.26532/jh.v25i1.203>.
- Fajar Shadiq, G. (2017) 'Penegakan Hukum Terhadap Tindak Pidana Narkotika New Psychoactive Substances Berdasarkan Undang-Undang Nomor 35 Tahun 2009 Tentang Narkotika', *Jurnal Wawasan Yuridika*, 1(1), pp. 35-53. Available at: <http://ejournal.sthb.ac.id/index.php/wawasanyuridika>.
- Hartanto, W. (2017) 'Penegakan Hukum Terhadap Kejahatan Narkotika Dan Obat-Obat Terlarang Dalam Era Perdagangan Bebas Internasional Yang Berdampak Pada Keamanan Dan Kedaulatan Negara', *Jurnal Legislasi Indonesia*, 14(01), pp. 1-16.
- Irianto, A. et al. (2022) *War On Drugs Di Indonesia, Badan Riset dan Inovasi Nasional (BRIN)*. Jakarta Timur: Pusat Penelitian, Data, dan Informasi Badan Narkotika Nasional Republik Indonesia. Available at: <https://ppid.bnn.go.id/konten/unggahannya/2020/10/WAR-ON-DRUGS-DI-INDONESIA.pdf>.
- Peraturan Pemerintah RI (2010) *Prekursor*. Jakarta: Jakarta.
- Peraturan Presiden RI (2007) *Badan Narkotika Nasional, Badan Narkotika Provinsi, dan Badan Narkotika Kabupaten/Kota*. Jakarta.
- Permenkes RI (2014) *Perubahan Penggolongan Narkotika*. Jakarta.
- Permenkes RI (2015) *Perubahan Penggolongan Psikotropika*. Jakarta.
- Permenkes RI (2017a) *Perubahan Penggolongan Narkotika*. Jakarta.
- Permenkes RI (2017b) *Perubahan Penggolongan Psikotropika*. Jakarta.
- Permenkes RI (2018) *Penetapan dan Perubahan Penggolongan Psikotropika*. Jakarta.

- Permenkes RI (2020) *Penetapan dan Perubahan Golongan Psikotropika*. Jakarta.
- Permenkes RI (2021a) *Penetapan dan Perubahan Penggolongan Psikotropika*. Jakarta.
- Permenkes RI (2021b) *Perubahan Penggolongan Narkotika*. Jakarta.
- Permenkes RI (2022) *Perubahan Penggolongan Narkotika*. Jakarta.
- Sargo, S.S. and Subagyo, R. (2014) *Farmakoterapi Penyalahgunaan Obat dan Napza*, Airlangga University Press. Surabaya: Airlangga University Press.
- Syaiful, B. (2012) *Kejahatan Narkotika Dan Psikotropika, Suatu Pendekatan melalui Kebijakan Hukum Pidana*. Jakarta: Gratama Publishing.
- Undang-Undang RI (1976) *Narkotika*. Jakarta.
- Undang-Undang RI (1997) *Narkotika*. Jakarta.
- Undang-Undang RI (2009) *Narkotika*. Jakarta.
- Yudhi (2011) *Sejarah Singkat Narkoba*. Available at: <https://dedihumas.bnn.go.id/read/section/artikel/2011/10/31/189/sejarah-singkat-narkoba> (Accessed: 15 January 2021).

BAB 9

JAMINAN MUTU PEMERIKSAAN TOKSIKOLOGI KLINIK

Nurqadri Rasyid, S.Si., M.Si

A. Pendahuluan

Pentingnya prosedur penjaminan mutu dalam semua tahapan kegiatan laboratorium kesehatan semakin mendapat penekanan dalam beberapa tahun terakhir. Program penjaminan mutu merupakan bagian tak terpisahkan dari laboratorium modern. Laboratorium dengan banyak pengujian dan volume pekerjaan yang semakin bertambah sehingga memungkinkan kesalahan sesekali terjadi dan tidak dapat dihindari. Penjaminan mutu lebih dari sekedar serangkaian prosedur rutin namun juga merupakan hasil pemikiran dan komitmen intelektual yang harus dipenuhi, dan keinginan yang kuat untuk melampaui serangkaian kriteria kinerja yang ditentukan.

Laboratorium yang melaksanakan program penjaminan mutu secara tidak benar, tidak lengkap atau tidak menentu, dan tanpa komitmen yang kuat, tidak dapat mempertahankan hasil laboratorium yang memuaskan (Mekonnen, 2004). Saat ini pengetahuan tentang sejumlah alat untuk penentuan dan penghitungan senyawa yang berpotensi beracun pada konsentrasi yang semakin kecil. ATLM yang terlibat dalam analisis sampel yang mengandung, misalnya, karsinogen dalam sampel jaringan, residu pestisida dari tanah, narkoba dan zat adiktif serta hidrokarbon aromatik polisiklik (PAH), harus memiliki pemahaman yang kuat tentang semua aspek prosedur terkait sampel yang mereka analisis untuk memastikan agar data yang dihasilkan akurat dan lengkap. ATLM yang terlibat harus

DAFTAR PUSTAKA

- Barile, F. A. (2010). *Clinical toxicology: principles and mechanisms*. Informa Healthcare.
- Gossel, T. A. (2018). *Principles Of Clinical Toxicology, Third Edition*. CRC Press. <https://doi.org/10.1201/9780203742167>
- Hodgson, E. (2010). *A textbook of modern toxicology*. John Wiley & Sons.
- Lilienblum, W., & Harston, S. (2014). Quality Assurance in Regulatory Toxicology. In *Regulatory Toxicology* (pp. 57-63). Springer Berlin Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-642-35374-1_28
- Mekonnen, E. (2004). *LECTURE NOTES Health Laboratory Management and Quality Assurance*.
- Nouraldein, M., & Hamad, M. (n.d.). *Quality Assurance for Clinical Laboratory*. <https://www.researchgate.net/publication/344242799>
- Reema Chandra Kantlondhe, & Govekar, N. (2021). A Review On: Quality Assurance and Quality Control in Clinical Laboratories. *International Journal of Pharmaceutical Research and Applications*, 6, 796. <https://doi.org/10.35629/7781-0602796803>
- Zgheib, N., Branch, R., & Buch, S. (2009). Good Clinical Practice and Good Laboratory Practice Chapter 24. In *Clinical and Translational Science*. <http://www.nih.gov>

BAB 10

PEMERIKSAAN LABORATORIUM UNTUK NARKOTIKA, PSIKOTROPIK DAN ZAT ADIKTIF

apt. Yuri Pratiwi Utami., S.Farm., M.Si.

A. Pendahuluan

Penyalahgunaan Napza (narkotika, psikotropika, dan zat adiktif) adalah pola perilaku patologik yang biasanya dilakukan oleh orang-orang dengan kepribadian rentan atau resiko tinggi, dan akan menyebabkan gangguan bio-psiko-sosial-spiritual jika dilakukan dalam jangka waktu tertentu. Sifat Napza bersifat psikotropik dan psikoaktif, mempengaruhi sistem saraf dan biasanya digunakan sebagai analgetika (pengurang rasa sakit), mempengaruhi aktivitas mental dan perilaku, dan digunakan dalam medis sebagai terapi gangguan psikiatrik. Obat-obatan ini termasuk dalam daftar obat G, yang berarti dokter harus memantau dosis mereka dengan sangat ketat.

Secara farmakologis, Napza termasuk morfin, sabu, ekstasi, marijuana, putau, kokain, pil koplo, marijuana, dan sebagainya. Namun, Napza dimasukkan dalam dosis yang ketat dalam pengurangan rasa sakit yang dijual secara bebas. Beberapa jenis Napza dibuat dari tumbuhan koka yang ditanam di hari hutan Amerika Selatan, tetapi ada juga yang dibuat dari zat kimia seperti ekstasi, morfin, sabu, dan putau. Tanaman ganja yang banyak dimasukkan dari perbatasan Thailand, Burma, dan Vietnam, sedangkan sabu dan ekstasi diselundupkan dari Cina dan Belanda. Mereka yang menggunakan Napza biasanya orang-orang dengan masalah psikologis, kepribadian yang rentan, dan harga diri yang rendah. Dalam penyalahgunaan Napza, tahap coba-coba menunjukkan bahwa orang hanya ingin tahu dan

DAFTAR PUSTAKA

- Azmiyati, Siti Riza. 2014. "Gambaran Penggunaan Napza Pada Anak Jalanan Di Kota Semarang." *Jurnal Kesehatan Masyarakat* 9 (2): 137-43. <https://doi.org/10.15294/kemas.v9i2.2841>.
- Bnn. 2020. "Peraturan Kepala Badan Narkotika Nasional Republik Indonesia Nomor 9 Tahun 2020 Tentang Standar Pelayanan Pusat Laboratorium Narkotika." Badan Narkotika Nasional Republik Indonesia.
- Bnn, Oleh Humas. 2013. "Pencegahan Penyalahgunaan Napza." 8 April 2013. <https://bnn.go.id/pencegahan-penyalahgunaan-napza/>.
- Dasgupta, Amitava. 2007. "The Effects Of Adulterants And Selected Ingested Compounds On Drugs-Of-Abuse Testing In Urine." *American Journal Of Clinical Pathology* 128 (3): 491-503. <https://doi.org/10.1309/fqy06f8xktqpm149>.
- Deputi Bidang Pencegahan. 2017. *Narkotika Dan Permasalahannya*. Jakarta: Badan Narkotika Nasional.
- Indrati, Agnes Rengga Indrati. 2015. "Pemeriksaan Laboratorium Patologi Klinik Narkoba 'Urinary Drugs Testing.'" Pertemuan Ilmiah Nasional Kesehatan Jiwa, Adiksi Dan Neurosains "Peranan Dokter Dalam Menghadapi Darurat Narkoba Di Indonesia". Dept. Patologi Klinik, Fakultas Kedokteran Universitas Padjadjaran/ Rs Hasan Sadikin Bandung.
- Latvala, A. 2011. "Cognitive Functioning In Alcohol And Other Substance Use Disorders In Young Adulthood : A Genetic Epidemiological Study." Dalam . <https://www.semanticscholar.org/paper/Cognitive-Functioning-In-Alcohol-And-Other-Use-In-%3a-Latvala/6a59ce408eeb76a25b7d011145c179b5ee2c879>.
- Lum, Gifford, Dan Barry Mushlin. 2004. "Urine Drug Testing: Approaches To Screening And Confirmation Testing."

Laboratory Medicine 35 (6): 368-73.
<https://doi.org/10.1309/Qhjcka4235egpegf>.

Ningrum, Sari Wahyu, Sri Sutarni, Dan Abdul Go. 2016. "Penyalahgunaan Narkotika, Psikotropika, Dan Zat Adiktif Sebagai Faktor Risiko Gangguan Kognitif Pada Remaja Jalanan" 15 (2).

Pemerintah Pusat, Indonesia. 2009. "Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 35 Tahun 2009 Tentang Narkotika." Ln. 2009/ No. 143, Tln No. 5062, Ll Setneg : 58 Hlm.

Riahi-Zanjani, B. 2014. "False Positive And False Negative Results In Urine Drug Screening Tests: Tampering Methods And Specimen Integrity Tests." Dalam .
<https://www.semanticscholar.org/paper/False-Positive-And-False-Negative-Results-In-Urine-Riahi-Zanjani/7383bb2e01af470afcf4a1bf29fab595c86f921b>.

Sholihah, Qomariyatus. 2015. "Efektivitas Program P4gn Terhadap Pencegahan Penyalahgunaan Napza." *Jurnal Kesehatan Masyarakat* 10 (2): 153.
<https://doi.org/10.15294/kemas.v10i2.3376>.

Standridge, John B., Stephen M. Adams, Dan Alexander P. Zotos. 2010. "Urine Drug Screening: A Valuable Office Procedure." *American Family Physician* 81 (5): 635-40.

BAB 11

PEMERIKSAAN LABORATORIUM UNTUK KERACUNAN LOGAM BERAT

Parawansah, S.Farm., M.Kes., Apt

A. Pendahuluan

Kontaminasi logam berat pada manusia merupakan masalah kesehatan yang signifikan karena efek toksik logam tersebut pada berbagai organ dan sistem tubuh. Logam berat paling umum yang berbahaya bagi manusia termasuk arsenik, kromium, kadmium, merkuri, dan timbal. Logam-logam ini dapat menyebabkan keracunan akut atau kronis jika masuk ke dalam tubuh manusia melalui makanan, air, atau udara. Logam berat dapat menyebabkan berbagai efek toksik, termasuk kerusakan pembuluh darah, kanker, penyakit saraf, masalah pencernaan dan ginjal, cacat lahir, dan lesi kulit. Mekanisme toksiknya juga dapat mengganggu aktivitas seluler. Ketika dua atau lebih logam terpapar secara bersamaan, efeknya dapat bertambah, dan paparan dosis rendah dapat menjadi bahaya diam-diam yang dapat mempengaruhi kemampuan intelektual anak dan menyebabkan gangguan neuropsikiatri (Bathla & Jain, 2019).

Untuk melindungi secara efektif terhadap toksisitas logam berat, penting untuk memahami dari mana logam tersebut berasal dan dampak buruknya terhadap kesehatan manusia. Pengendalian, pencegahan, dan pengelolaan keracunan logam telah menjadi fokus inisiatif kesehatan masyarakat. Toksisitas logam dapat timbul dari berbagai sumber, antara lain faktor lingkungan, paparan di tempat kerja, dan kecelakaan (Jovic *et al.*, 2012).

DAFTAR PUSTAKA

- Achparaki, M., Thessalonikeos, E., Tsoukali, H., Mastrogianni, O., Zaggelidou, E., Chatzinikolaou, F., Vasilliades, N., & Raikos, N. (2012). *Heavy metals toxicity* .
- Arruti, A., & Fern, I. (2010). *Evaluation of the contribution of local sources to trace metals levels in urban PM2.5 and PM10 in the Cantabria region (Northern Spain)*. 1451-1458. <https://doi.org/10.1039/b926740a>
- Balali-mood, M., Naseri, K., Tahergorabi, Z., & Khazdair, M. R. (2021). *Toxic Mechanisms of Five Heavy Metals : Mercury , Lead , Chromium , Cadmium , and Arsenic*. 12(April), 1-19. <https://doi.org/10.3389/fphar.2021.643972>
- Bathla, S., & Jain, T. (2019). *Heavy Metals Toxicity*. May 2016.
- Bhat, S. A., & Majid, S. (2019). *HEAVY METAL TOXICITY AND THEIR HARMFUL EFFECTS ON LIVING ORGANISMS - A REVIEW*. January. <https://doi.org/10.32553/JMSDR>
- Cempel, M., & Nikel, G. (2006). *Nickel : A Review of Its Sources and Environmental Toxicology*. 15(3), 375-382.
- Centers for Disease Control (CDC). (2012). *Low Level Lead Exposure Harms Children: A Renewed Call for Primary Prevention*.
- Flora, S. J. S., Mittal, M., & Mehta, A. (2008). *Heavy metal induced oxidative stress & its possible reversal by chelation therapy*. October, 501-523.
- Genchi, G., Carocci, A., Lauria, G., & Sinicropi, M. S. (2020). *Nickel : Human Health and Environmental Toxicology*.
- Genchi, G., Sinicropi, M. S., Lauria, G., & Carocci, A. (2020). *The Effects of Cadmium Toxicity*. Cd, 1-24.
- Ghani, A. (2011). *Effect of chromium toxicity on growth, chlorophyll and some mineral nutrients of*. 2(1).

- Grissinger, M. (2011). *MEDICATION ERRORS A Fatal Zinc Overdose in a Neonate Confusion of Micrograms With Milligrams*. 36(7), 393–395.
- Jadaa, W., & Mohammed, H. (2023). *Heavy Metals – Definition , Natural and Anthropogenic Sources of Releasing into Ecosystems , Toxicity , and Removal Methods – An Overview Study*. 24(6), 249–271.
- Jaishankar, M., Tseten, T., Anbalagan, N., Mathew, B. B., & Beeregowda, K. N. (2014). *Toxicity , mechanism and health effects of some heavy metals*. 7(2), 60–72. <https://doi.org/10.2478/intox-2014-0009>
- Jovic, M., Onjia, A., & Stankovic, S. M. (2012). *Toxic metal health risk by mussel consumption Toxic metal health risk by mussel consumption*. March. <https://doi.org/10.1007/s10311-011-0330-6>
- Kim, J., Kim, Y., & Kumar, V. (2019). *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology Heavy metal toxicity : An update of chelating therapeutic strategies*. *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology*, 54(May), 226–231. <https://doi.org/10.1016/j.jtemb.2019.05.003>
- Kostova, I. (2023). *Toxic metals and antidotes*. 4.
- Length, F. (2007). *Heavy metal pollution and human biotoxic effects*. 2(5), 112–118.
- Mccord, J. M. (2014). *Iron, Free Radicals, and Oxidative Injury*. February. <https://doi.org/10.1093/jn/134.11.3171S>
- Mousavi, S., Balali-Mood, M., Riahi-Zanjani, B., Yousefzadeh, H., & Sadeghi1, M. (2013). *Concentrations of Mercury, Lead, Chromium, Cadmium, Arsenic and Aluminum in Irrigation Water Wells and Wastewaters Used for Agriculture in Mashhad, Northeastern Iran*. 4(2), 80–86.
- Ohiagu, F. O., Chidoka, P., & Ahaneku, C. C. (2022). *Human exposure to heavy metals : toxicity mechanisms and health implications*. <https://doi.org/10.15406/mseij.2022.06.00183>

- Ratnaike, R. N. (2003). *Acute and chronic arsenic toxicity*. 391–396.
- Tchounwou, P. B., Yedjou, C. G., Patlolla, A. K., & Sutton, D. J. (2014). *Heavy Metals Toxicity and the Environment*. 1–30. <https://doi.org/10.1007/978-3-7643-8340-4>
- Wang, S., & Shi, X. (2001). *Molecular mechanisms of metal toxicity and carcinogenesis*. 3–9.
- Wätjen, W., Haase, H., Biagioli, M., & Beyersmann, D. (2002). *Induction of Apoptosis in Mammalian Cells by Cadmium and Zinc Induction of Apoptosis*. 110(January), 865–867.
- WHO. (2017). *Guidelines for Drinking-water Quality*.

BAB 12

PEMERIKSAAN LABORATORIUM UNTUK KERACUNAN PESTISIDA

dr. Atika Indah Sari

A. Pestisida dan Klasifikasinya

Pestisida adalah bahan kimia yang umum digunakan di kebun pribadi, lahan pertanian, dan area publik lainnya untuk membunuh organisme yang tidak diinginkan. Pestisida dalam sumber daya air berdampak buruk terhadap ekosistem dan manusia. (Hassaan and El Nemr, 2020)

Pestisida adalah kata umum yang menggambarkan berbagai kelompok insektisida, fungisida, herbisida, bahan kimia taman, rumah tangga desinfektan dan rodentisida yang digunakan untuk memusnahkan hama atau melindungi tanaman dari hama. (Hassaan and El Nemr, 2020)

Pestisida terdiri beberapa klasifikasi (kelas). Pestisida memiliki sifat kimia dan fisik yang berbeda-beda dari satu kelas dibandingkan kelas lainnya. Pestisida sintetis adalah bahan kimia buatan manusia dan tidak ada di alam. Pestisida sintetis diklasifikasikan menjadi beberapa kelompok berdasarkan penggunaannya. (Hassaan and El Nemr, 2020)

Saat ini, terdapat tiga metode klasifikasi pestisida yang direkomendasikan oleh Drum (1980). Tiga pendekatan umum dalam pengelompokan pestisida meliputi: (i) struktur kimia pestisida, (ii) cara masuknya, dan (iii) cara kerja pestisida dan organisme yang dibunuhnya. Pestisida kimia diklasifikasikan menjadi empat jenis tergantung pada sumbernya: pestisida karbamat, organofosfat, organoklorin, dan piretroid. (Hassaan and El Nemr, 2020)

DAFTAR PUSTAKA

- Damalas, C.A., Koutroubas, S.D., 2016. Farmers' exposure to pesticides: Toxicity types and ways of prevention. *Toxics*. <https://doi.org/10.3390/toxics4010001>
- Djoko, W., Katu, S., 2014. Keracunan Insektisida, in: Setiati, S., Alwi, I., Sudoyo, A.W., Simadibrata K, M., Setiyohadi, B., Syam, A.F. (Eds.), *Buku Ajar Ilmu Penyakit Dalam*. Interna Publishing, Jakarta, pp. 1016-1033.
- Eddleston, M., 2020. Poisoning by pesticides. *Medicine* 48, 214-217. <https://doi.org/10.1016/J.MPMED.2019.12.019>
- Hassaan, M.A., El Nemr, A., 2020. Pesticides pollution: Classifications, human health impact, extraction and treatment techniques. *Egypt J Aquat Res*. <https://doi.org/10.1016/j.ejar.2020.08.007>
- Lushchak, V.I., Matviishyn, T.M., Husak, V. V., Storey, J.M., Storey, K.B., 2018. Pesticide toxicity: A mechanistic approach. *EXCLI J* 17, 1101-1136. <https://doi.org/10.17179/excli2018-1710>
- Roberts, J.R., Reigart, J.R., 2013. *Recognition and Management of Pesticide Poisonings: Sixth Edition*. Washington DC.

BAB 13

PEMERIKSAAN LABORATORIUM UNTUK KERACUNAN SIANIDA

Christ Kartika Rahayuningsih, ST, M.Si

A. Pendahuluan

Sianida merupakan senyawa kimia yang mengandung gugus siano, yaitu terdiri dari 3 atom karbon yang berikatan dengan nitrogen ($C\equiv N$) dan dikombinasi dengan unsur-unsur lain, seperti kalium atau hidrogen, serta banyak terdapat di alam dengan bentuk yang berbeda-beda. Sianida secara spesifik adalah anion CN^- dan dalam bentuk cair, gas, dan padat (garam). Kata "Sianida" berasal dari bahasa Yunani yang memiliki arti "biru" dan mengarah pada Hidrogen Sianida. Di alam, sianida diklasifikasikan sebagai sianida bebas, sianida sederhana, kompleks sianida dan senyawa turunan sianida (Putu Nita Cahyawati, 2017).

Hidrogen sianida (HCN) atau prussic acid atau sianida adalah senyawa kimia yang bersifat racun (toksik) dan merupakan jenis racun paling cepat aktif bila masuk ke dalam tubuh, sehingga dapat menyebabkan kematian dalam waktu beberapa menit (akut). Hidrogen sianida merupakan gas yang tidak berbau, memiliki bau pahit, dalam bentuk cair tidak berwarna, pada suhu kamar berwarna biru pucat, bersifat volatile, mudah terbakar, dapat berdifusi baik dengan udara dan bahan peledak juga sangat mudah bercampur dengan air. Senyawa sianida yang ditemukan di alam pada umumnya dalam bentuk sintesis, yaitu terutama dalam bentuk garam, seperti $NaCN$, KCN , dan $Ca(CH_2)_2$. Adanya kasus keracunan pada hewan di Indonesia disebabkan secara sengaja

DAFTAR PUSTAKA

- Flanagan, R. J., 2007. *Basic Analytical Toxicology*. London, England: International Programme On Chemical Safety and WHO.
- Muji Rahayu, M. F. S., 2018. *Toksikologi Klinik*. Edisi Tahun 2018 ed. Jakarta: Pusat Pendidikan SDM Kesehatan Badan PPSDM Kesehatan Kemenkes RI .
- Nurhidayanti, A. A. A., 2021. Uji Kadar Asam Sianida Pada Ubi Kayu Dengan Perendaman NaCl dan NaHCO₃ Metode Spektrofotometri. *Sainmatika : Jurnal Ilmiah Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas PGRI Palembang*, 18(2), pp. 138-145.
- Pitoy, M., 2014. Sianida : Klasifikasi, Toksisitas, Degradasi, Analisis. *Jurnal MIPA Unsrat Manado*, 4(1), pp. 1-4.
- Putu Nita Cahyawati, I. Z. M. I. J. N., 2017. Keracunan Akut Sianida. *Wicaksana, Jurnal Lingkungan dan Pembangunan*, 1(1), pp. 80-87.
- Robert. J. Flanagan, A. T. I. D. W. R. W., 2007. *Fundamentals of Analytical Toxicology*. London, England: John Wiley and Sons, Ltd.
- Sarasati, M., 2020. *Efektivitas Perendaman Arang Aktif Bambu, Air Kelapa Hijau, dan Air Leri Terhadap Penurunan Kadar Sianida Rebung Bambu Ampel dan Rebung Bambu Kuning* , Surabaya: Teknologi Laboratorium Medis Poltekkes Kemenkes Surabaya.

BAB 14

PEMERIKSAAN LABORATORIUM UNTUK KERACUNAN GAS CO

dr.Tutik Purwanti, Sp. FM

A. Pendahuluan

Karbon monoksida merupakan salah satu gas polutan terbanyak di dunia. Karbon monoksida (CO) merupakan gas yang beracun, tidak berbau, dan tidak berwarna. Gas ini dihasilkan melalui pembakaran yang tidak sempurna dari bahan yang mengandung karbon seperti kayu, arang dan produk bensin. Selain itu, karbon monoksida dapat dihasilkan dari peralatan rumah tangga yaitu pemanas ruangan, alat masak serta perapian (Chenoweth *et al.*, 2021). Jumlah insiden intoksikasi karbon monoksida di dunia pada tahun 2017 sebesar 137 kasus/juta penduduk, sedangkan kematian akibat intoksikasi CO sebesar 4,6 kematian/juta penduduk. Toksisitas karbon monoksida disebabkan oleh kemampuan dari gas ini untuk berdifusi ke dalam eritrosit dan berikatan dengan hemoglobin dimana CO memiliki afinitas hampir 200 kali lipat lebih tinggi dibandingkan dengan oksigen (Mattiuzzi and Lippi, 2020).

Umumnya pasien dapat mengalami nyeri kepala (lebih dari 90%), pusing, lemas, mual, takikardi, takipnea, dan hipotensi. Selain itu, pasien dapat mengalami perubahan status mental seperti kebingungan, perubahan tingkat kesadaran, disorientasi dan kehilangan ingatan (Hanley and Patel, 2023). Pada kasus kematian akibat keracunan karbon monoksida (CO), sebagian besar kadar konsentrasi CO-Hb melebihi 30% dengan gambaran khas berupa cherry red (warna merah) pada

DAFTAR PUSTAKA

- Akcan, Y.L., Gultekingil, A., Kesici, S., Bayrakci, B., Teksam, O., 2021. Predictors of Severe Clinical Course in Children With Carbon Monoxide Poisoning. *Pediatr Emerg Care* 37, 308–311.
- Buboltz, J., Robins, M., 2023. *Hyperbaric Treatment of Carbon Monoxide Toxicity*. StatPearls Publishing.
- Chenoweth, J.A., Albertson, T.E., Greer, M.R., 2021. Carbon monoxide poisoning. *Critical care clinics* 37, 657–672.
- Eichhorn, L., Thudium, M., Jüttner, B., 2018. The diagnosis and treatment of carbon monoxide poisoning. *Deutsches Ärzteblatt International* 115, 863.
- Garg, J., Krishnamoorthy, P., Palaniswamy, C., Khera, S., Ahmad, H., Jain, D., Frishman, W.H., 2018. Cardiovascular Abnormalities in Carbon Monoxide Poisoning. *American Journal of Therapeutics* 25, 339–348. <https://doi.org/doi:10.1097/mjt.000000000000016>
- Hampson, N., Dunn, S., 2012. Poisoning Surveillance Group. Symptoms of carbon monoxide poisoning do not correlate with the initial carboxyhemoglobin level. *Undersea Hyperb Med* 39, 657–659.
- Hanley, M.E., Patel, P.H., 2023. *Carbon Monoxide Toxicity*. StatPearls Publishing.
- Henry, C., Satran, D., Lindgren, B., Adkinson, C., Nicholson, C., Henry, T., 2006. Myocardial injury and long-term mortality following moderate to severe carbon monoxide poisoning. *JAMA* 295, 398–402. <https://doi.org/doi:10.1001/jama.295.4.398>
- Jehian, M.R., Siwu, J.F., Mallo, N.T., 2023. Gambaran Kasus Kematian akibat Keracunan Karbon Monoksida. *Medical Scope Journal* 5, 143–149.

- Kim, S., Oh, H., Cha, Y., Kim, M., Kim, H., 2020. Evaluation of hepatic injury in acute carbon monoxide-poisoned patients in emergency department. *Hum Exp Toxicol.* 39, 883–889. <https://doi.org/doi:10.1177/0960327120909521>
- Kinoshita, H., Türkan, H., Vucinic, S., Naqvi, S., Bedair, R., Rezaee, R., Tsatsakis, A., 2020. Carbon monoxide poisoning. *Toxicology reports* 7, 169–173.
- Klaassen, C.D., 2019. *Casarett and Doull's Toxicology: The Basic Science of Poisons*. McGraw-Hill Education, New York.
- Liu, Z., Meng, H., Huang, J., Kwangwari, P., Ma, K., Xiao, B., Li, L., 2021. Acute carbon monoxide poisoning with low saturation of carboxyhaemoglobin: a forensic retrospective study in Shanghai, China. *Scientific reports* 11, 18554.
- Mattiuzzi, C., Lippi, G., 2020. Worldwide epidemiology of carbon monoxide poisoning. *Human & experimental toxicology* 39, 387–392.
- Mureşan, C.O., Zăvoi, R.E., Dumache, R.O., Precup, C. V., Ciocan, V., Bulzan, O.Ş., Enache, A., 2019. Co-morbidities in the multiple victims of the silent killer in carbon monoxide poisoning. *Rom J Morphol Embryol* 60, 125–131.
- Pehlivan, S., H., A., E., S., Kara, D., D., T., A., A., M., G., M., K., 2016. Evaluation of Lung, Cardiac and Brain Pathologies of Death Cases Caused by Carbon Monoxide Poisoning. *Austin Journal of Clinical Neurology* 3.
- Penney, D., Benignus, V., Kephelopoulos, S., Kotzias, D., Kleinman, M., Verrier, A., 2016. Carbon Monoxide, in: *WHO Guidelines for Indoor Air Quality: Selected Pollutants*. WHO Regional Office for Europe, Denmark, pp. 55–89.
- Sudjana, P., 2020. *Ilmu Kedokteran Forensik dan Medikolegal*. Departemen Ilmu Kedokteran Forensik dan Medikolegal Fakultas Kedokteran Universitas Airlangga, Surabaya.
- Weaver, L.K., 2019. Carbon Monoxide Poisoning. *The New England Journal of Medicine*, UK 1217–1225.

TENTANG PENULIS



apt. Suwahyuni Mus, S.Si., M.Kes lahir di Ujung Pandang, pada 30 Mei 1985. Ia terakhir tercatat sebagai lulusan S2 Ilmu Biomedik Farmakologi Fakultas Kedokteran Universitas Hasanudin. Wanita yang kerap disapa Uni ini merupakan salah satu dosen di bagian Farmakologi dan Farmasi Klinik Sekolah Tinggi Ilmu Farmasi Makassar. Selain aktif sebagai dosen, beliau juga seorang Apoteker yang berpraktik di salah satu klinik tumbuh kembang anak di Kota Makassar.



apt. Nuralifah, S.Farm., M.Kes, lahir di Pangkep, pada 8 Mei 1984. Ia tercatat sebagai lulusan S1 Universitas Indonesia Timur (UIT) Makassar (2003-2007), Profesi Apoteker Universitas Islam Indonesia Yogyakarta (2007-2008) dan S2 Biomedik Universitas Hasanuddin Makassar (2010-2012). Wanita yang kerap disapa Alifah ini adalah anak dari pasangan Muntu Amin (Bapak) dan Sitti Habubah (mama). Saat ini diamanahkan sebagai Ketua Jurusan Fakultas Farmasi Universitas Halu Oleo Kendari.



Yulia Ratna Dewi, S.Tr.A.K., M.Biomed, lahir di Ambarawa pada tanggal 16 Juli . Lulusan Program Studi Teknologi Laboratorium Medik Universitas Muhammadiyah Semarang tahun 2019 dan telah meraih gelar Magister Ilmu Biomedik dari Fakultas Kedokteran Universitas Indonesia pada tahun 2023. Yulia Ratna Dewi tercatat sebagai seorang Dosen di D4 Teknologi laboratorium medis di Politeknik Indonusa Surakarta.



Wimpy, S.Pd.Kim, M.Pd lahir di Surakarta, pada 18 Januari 1986. Ia anak pertama dari tiga bersaudara. Ia lulus D-III Akademi Analis Kesehatan Nasional Surakarta pada tahun 2008, kemudian melanjutkan jenjang S1 pendidikan kimia di Universitas Terbuka dan lulus pada tahun 2012. Ia juga tercatat sebagai lulusan Pascasarjana Pendidikan Sains Universitas

Sebelas Maret pada tahun 2016. Saat ini Ia adalah Dosen tetap pada program studi DIII Teknologi Laboratorium Medis, Sekolah Tinggi Ilmu Kesehatan Nasional.



Muji Rahayu, S.Si., M.Sc. apt., Dosen Program Studi D3 Teknologi Laboratorium Medis Poltekkes Kemenkes Yogyakarta. Penulis lahir di Gunungkidul tanggal 15 Juni 1966. Penulis adalah dosen tetap pada Program Studi D3 Teknologi Laboratorium Medis Poltekkes Kemenkes Yogyakarta, pengampu mata kuliah

Biokimia dan Toksikologi. Penulis menyelesaikan pendidikan S1 pada Fakultas Farmasi dan Pendidikan Profesi Apoteker pada Universitas Ahmad Dahlan Yogyakarta, dan menyelesaikan S2 pada Program Studi Ilmu Kedokteran Dasar dan Biomedis FK UGM pada peminatan Biokimia.



apt. Nurfadilah, S.Farm., M.Si. lahir di Sinjai, pada 24 Juli 1994. Tercatat sebagai lulusan Universitas Islam Negeri Alauddin Makassar dalam Program Studi Sarjana Farmasi dan menyelesaikan studi Profesi Apoteker dan S2 Farmasi di Universitas Hasanuddin Makassar. Saat ini aktif sebagai pengajar di Universitas Muhammadiyah Makassar sejak tahun 2021.



Ayu Puspitasari, ST., M.Si lahir di Madiun, pada 25 Maret 1980. Ia memperoleh gelar Sarjana Teknik dari Jurusan Teknik Kimia ITS pada 2002, dan M.Si dari Jurusan Kimia (Bidang Ilmu Biokimia) ITB pada 2012. Wanita yang kerap disapa Ayu ini adalah dosen di Jurusan Teknologi Laboratorium Medis Poltekkes Kemenkes Surabaya. Anak dari pasangan Bambang Emut (ayah) dan Sri Hartini (ibu) ini mempunyai hobi membaca buku dan berolahraga. Ayu Puspitasari yang selalu aktif dalam kegiatan Tri Dharma Perguruan Tinggi, mengampu mata kuliah Toksikologi Klinik Biokimia, Biologi Molekuler, dan Kimia Pangan, serta menjadi salah satu PJMK Regional AIPTLMI Tahun 2023 - 2026 untuk Mata Kuliah Toksikologi Klinik.



Siti Raudah, S.Si., M.Si, Lahir di Tanah Grogot Kalimantan Timur, pada 21 Desember 1985. Penulis menempuh pendidikan kuliah pada Program Studi Biologi Strata-1 pada Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Samarinda Tahun 2007 dan Pendidikan Magister Ilmu Lingkungan Program Pascasarjana Universitas Mulawarman Tahun 2017. Penulis sebagai pengajar di Program Studi Teknologi Laboratorium Medis Institut Teknologi Kesehatan dan Sains Wiyata Husada Samarinda sejak tahun 2010 - sekarang. Penulis mengajar mata kuliah K3 Laboratorium Kesehatan, Mikrobiologi, Bakteriologi Klinik dan Lingkungan. Penulis aktif dalam melakukan penelitian dengan peminatan biokimia - bakteriologi dan Kesehatan Klinis serta lingkungan.



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 Analysis of iodine content in seaweed and estimation of iodine intake. Indonesia Chimica Acta 10(1) dengan judul The Determination Of Paraben Preservatives In Body Scrub dan Indonesia Chimica Acta Study of Electrolyte Levels in Diabetic Patients. Jurnal Media Analis Kesehatan 12(2) : 86-93 dengan judul Metode Sederhana Untuk Mendeteksi Keracunan Alkohol Dalam Saliva.



apt. Yuri Pratiwi Utami, S.Farm., M.Si lahir di Ujungpandang, pada 7 Oktober 1988. Ia tercatat sebagai lulusan Fakultas Farmasi Universitas Muslim Indonesia (S1 Farmasi). Fakultas Farmasi Universitas Hasanuddin (Profesi Apoteker & S2 Farmasi). Wanita yang kerap disapa Yuri ini adalah anak dari pasangan Dr. Ir. Muh. Usman Asri, M.Si (ayah) dan Nuraeni Nudju (ibu). Yuri Pratiwi Utami seorang akademisi/ dosen di bidang Biologi Farmasi di Fakultas Ilmu Kesehatan Universitas Almarisah Madani dan Apoteker Penanggung Jawab di Apotek Sentosa Farma. Yuri aktif di beberapa organisasi baik profesi maupun non profesi diantaranya PD IAI SULSEL, ATB PD IAI SULSEL, DPD

Perkumpulan Ahli, DPD IHO SULSEL dan Dosen Republik Indonesia (ADRI) SULSELBAR, serta DPD IWAPI SULSEL.



apt. Parawansah, S.Farm., M.Kes, lahir di Toli-Toli, 20 Januari 1984. Penulis menempuh pendidikan S1 di Fakultas Farmasi Universitas Indonesia Timur (2001), kemudian menempuh Pendidikan Profesi Apoteker di Universitas Padjadjaran (2005) dan S2 Ilmu Biomedik di Fakultas Kedokteran Universitas Hasanuddin. Selama mengabdikan sebagai Dosen di Universitas Halu

Oleo, penulis pernah menjabat sebagai Koordinator Jaminan Mutu Fakultas Kedokteran (2016-2018), Ketua Unit Jaminan Mutu dan Sistem Informasi Fakultas Kedokteran (2018-2020), Wakil Dekan Bidang Umum, Perencanaan dan Keuangan Fakultas Kedokteran (2020-Sekarang). Penulis telah mendapatkan penghargaan Satya Lencana Karya Satya X Tahun (2021), penulis juga telah melaksanakan beberapa penelitian, dan beberapa luarannya telah terdaftar HKI Karya Cipta, antara lain : Penghambatan Xantin Oksidase dari Ekstrak Etanol Herba Suruhan (*Peperomia pellucida* L.), Herba Akar Kucing (*Acalypha indica* L.), dan Buah Pare (*Momordica charantia* L.); Efek Imunomodulator Ekstrak Etanol Buah Pare (*Momordica charantia* L.) Melalui Pengukuran Aktivitas dan Kapasitas Fagositosis Sel Makrofag Peritoneum Mencit Secara In Vitro; dan Aktivitas Ekstrak Etanol Daun Notika (*Archboldiodendron caloserium* Kobuski) sebagai Antimalaria Secara In Vitro.



dr. Atika Indah Sari lahir di Padang, pada 20 Juli 1994. Ia tercatat sebagai lulusan Program Studi Pendidikan Dokter Fakultas Kedokteran Universitas Andalas..Wanita yang kerap disapa Tika ini adalah anak dari pasangan dr. Asril Zahari, Sp.B-KBD alm. (ayah) dan Dra. Med. Chairani (ibu). Atika Indah Sari merupakan salah satu staf dosen Fakultas Kedokteran Universitas Andalas. Ia bergabung menjadi dosen pada Desember 2020. Ia merupakan staf

Departemen Patologi Klinik dan Kedokteran Laboratorium Fakultas Kedokteran Universitas Andalas.



Christ Kartika Rahayuningsih, ST, M.Si lahir di Surabaya, pada 12 Juni 1982. Ia tercatat sebagai lulusan Institusi Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) Surabaya dan Universitas Airlangga Surabaya. Wanita yang kerap disapa Ika ini adalah anak dari pasangan Margono (ayah) dan Wieke Sriwulan (ibu). Juga istri dari Anung Raharjo (Suami), dan memiliki 2 anak, yaitu Safira Nuranirasya

Vianika (Anak ke-1), dan Nafiza Martadinata Vianika (Anak ke-2). Christ Kartika Rahayuningsih adalah Dosen Kimia di Jurusan TLM Poltekkes Kemenkes Surabaya dan bukanlah orang baru didunia ilmu Toksikologi, Kimia Air, Makanan dan Minuman, serta Instrumentasi Laboratorium Kesehatan. Ia sering membimbing mahasiswa-mahasiswa Prodi TLM dalam kompetisi Program Kreativitas Mahasiswa di bidang penelitian Kimia Kesehatan, dan mahasiswa sering mendapatkan peringkat yang membanggakan kampus TLM Poltekkes Kemenkes surabaya.



dr. Tutik Purwanti, Sp.F lahir di Surabaya, 07 Desember 1974. Ia tercatat sebagai lulusan FK Unair Surabaya tahun 2002. Perempuan yang kerap disapa Tuti ini adalah anak dari pasangan Soemino (ayah) dan Mungaisah (ibu). Tutik Purwanti saat ini bertugas sebagai kepala instalasi Forensik RS.Bhayangkara Kediri, RSUD ISKAK, KAUR YANDOKPOL di RS Bhayangkara Kediri juga sebagai dosen di Universitas Muhammadiyah Malang.