

EDITOR
Dr. Nurhayu Malik, S.Si., M.Sc.
Reni Yunus, S.Si., M.Sc.



PARASITOLOGI MOLEKULAR

Putri Widelia Welkriana | Reqqi First Trasia | Menik Kasiyati
Yuneu Yuliasih | Nora Harminarti | Desi Aryani | Said Munazar Rahmat
Eva Triani | Lustyafa Inassani Alifia | Yusnita Mirna Anggraeni
Hasmiwati | Munauwarus Sarirah | Rahma Triyana. Y | Etiek Nurhayati
Hadiyatur Rahma | Muhammad Rizki Saputra



PARASITOLOGI MOLEKULAR

Buku Parasitologi Molekular yang berada ditangan pembaca ini terdiri dari 16 Bab:

- Bab 1 Parasitologi dan Ruang Lingkup Parasitologi Molekuler
- Bab 2 Hubungan Inang-Parasit
- Bab 3 Respon Imun terhadap Parasit
- Bab 4 *Soil Transmitted Helminth* (STH)
- Bab 5 *Non Soil Transmitted Helminth*
- Bab 6 Nematoda Jaringan
- Bab 7 Trematoda (Usus, Hati, Paru dan Darah)
- Bab 8 Cestoda
- Bab 9 Protozoa Darah dan Jaringan
- Bab 10 Malaria
- Bab 11 Arthropoda Agent Penyakit
- Bab 12 Mikromolekuler Amoebiasis
- Bab 13 Mikromolekuler Toksoplasmosis
- Bab 14 Mikro Molekul Leishmaniasis
- Bab 15 Prosedur Laboratorium pada Pemeriksaan Parasit
- Bab 16 Teknik Diagnosa Molekuler Parasitologi

PARASITOLOGI MOLEKULAR

Putri Widelia Welkriana, S.Si., M.Sc.
dr. Reqqi First Trasia, MARS., M.Biomed., AIFO-K.
Menik Kasiyati, S.ST., M.Imun.
Yuneu Yuliasih, S.KM., M.Sc.
Dr. dr. Nora Harminarti, M.Biomed., Sp.ParK.
Desi Aryani, AMAK., S.E., MA.
dr. Said Munazar Rahmat, M.K.T., M.KM., AIFO-K.
dr. Eva Triani, M.Ked.Trop.
dr. Lustyafa Inassani Alifia, M.Biomed.
Yusnita Mirna Anggraeni, S.Si., M.Biotech.
Dr. Hasmiwati, M.Kes.
dr. Munauwarus Sarirah, M.Biomed.
dr. Rahma Triyana. Y, M.Biomed.
dr. Etiek Nurhayati, M.Sc.
dr. Hadiyatur Rahma, M.Biomed., M.Ked (Clin-Path)., Sp.PK.
Muhammad Rizki Saputra, S.Si., M.Si.



eureka
media aksara

PENERBIT CV. EUREKA MEDIA AKSARA

PARASITOLOGI MOLEKULAR

Penulis : Putri Widelia Welkriana, S.Si., M.Sc. | dr. Reggi First Trasia, MARS., M.Biomed., AIFO-K. | Menik Kasiyati, S.ST., M.Imun. | Yuneu Yuliasih, S.KM., M.Sc. | Dr. dr. Nora Harminarti, M.Biomed., Sp.ParK. | Desi Aryani, AMAK., S.E., MA. | dr. Said Munazar Rahmat, M.K.T., M.KM., AIFO-K. | dr. Eva Triani, M.Ked.Trop. | dr. Lustyafa Inassani Alifia, M.Biomed. | Yusnita Mirna Anggraeni, S.Si., M.Biotech. | Dr. Hasmiwati, M.Kes. | dr. Munauwarus Sarirah, M.Biomed. | dr. Rahma Triyana. Y, M.Biomed. | dr. Etiek Nurhayati, M.Sc. | dr. Hadiyatur Rahma, M.Biomed., M.Ked (Clin-Path)., Sp.PK. | Muhammad Rizki Saputra, S.Si., M.Si.

Editor : Dr. Nurhayu Malik, S.Si., M.Sc.
Reni Yunus, S.Si., M.Sc.

Desain Sampul : Firman Isma'il

Tata Letak : Amini Nur Ihwati

ISBN : 978-634-248-321-3

Diterbitkan oleh : **EUREKA MEDIA AKSARA, AGUSTUS 2025**
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 : 2025

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 penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa, karena atas berkat dan rahmat-Nya, penulis dapat menyelesaikan buku ini. Penulisan buku merupakan buah karya dari pemikiran penulis yang diberi judul “Parasitologi Molekular”. Penulis menyadari bahwa tanpa bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak sangatlah sulit bagi penulis untuk menyelesaikan karya ini. Oleh karena itu, penulis mengucapkan banyak terima kasih pada semua pihak yang telah membantu penyusunan buku ini. Sehingga buku ini bisa hadir di hadapan pembaca.

Buku Parasitologi Molekular yang berada ditangan pembaca ini disusun dalam 16 Bab yaitu:

- Bab 1 Parasitologi dan Ruang Lingkup Parasitologi Molekuler
- Bab 2 Hubungan Inang-Parasit
- Bab 3 Respon Imun terhadap Parasit
- Bab 4 *Soil Transmitted Helminth* (STH)
- Bab 5 *Non Soil Transmitted Helminth*
- Bab 6 Nematoda Jaringan
- Bab 7 Trematoda (Usus, Hati, Paru dan Darah)
- Bab 8 Cestoda
- Bab 9 Protozoa Darah dan Jaringan
- Bab 10 Malaria
- Bab 11 Arthropoda Agent Penyakit
- Bab 12 Mikromolekuler Amoebiasis
- Bab 13 Mikromolekuler Toksoplasmosis
- Bab 14 Mikro Molekul Leishmaniasis
- Bab 15 Prosedur Laboratorium pada Pemeriksaan Parasit
- Bab 16 Teknik Diagnosa Molekuler Parasitologi

Penulis menyadari bahwa buku ini masih jauh dari kesempurnaan. Oleh karena itu kritik dan saran yang membangun sangat dibutuhkan guna penyempurnaan buku ini. Akhir kata penulis berharap Tuhan Yang Maha Esa berkenan membalas segala kebaikan semua pihak yang telah membantu. Semoga buku ini akan membawa manfaat bagi pengembangan ilmu pengetahuan.

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR.....	iii
DAFTAR ISI	iv
BAB 1 PARASITOLOGI DAN RUANG LINGKUP	
PARASITOLOGI MOLEKULER	1
A. Pendahuluan.....	1
B. Ruang Lingkup Parasitologi Molekuler.....	2
C. Penutup	9
DAFTAR PUSTAKA.....	11
BAB 2 HUBUNGAN INANG-PARASIT	12
A. Pendahuluan.....	12
B. Interaksi <i>Host</i> dengan Parasit	13
C. Interaksi Parasit dengan Inang Manusia	16
D. Interaksi Parasit dengan Hewan Peliharaan	20
DAFTAR PUSTAKA.....	24
BAB 3 RESPON IMUN TERHADAP PARASIT	25
A. Pendahuluan.....	25
B. Respon Imun terhadap Patogen.....	27
C. Parasit sebagai Antigen	30
D. Respon Imun <i>Inate</i> terhadap Parasit	31
E. Respon Imun <i>Adaptive</i> terhadap Parasit	32
F. Imunitas terhadap Protozoa	34
G. Imunitas terhadap <i>Helmint</i>	35
H. Mekanisme Parasit Menghindari Respon Imun	36
I. Kemajuan di Bidang Parasitologi.....	38
DAFTAR PUSTAKA.....	40
BAB 4 SOIL TRANSMITTED HELMINTH (STH).....	41
A. Pendahuluan.....	41
B. Biologi STH	42
C. Epidemiologi dan Distribusi Global	45
D. Diagnosis STH	47
E. Penutup	48
DAFTAR PUSTAKA.....	50
BAB 5 NON SOIL TRANSMITTED HELMINTH	54
A. Pendahuluan.....	54
B. Taksonomi dan Evolusi Molekuler.....	55

	C. Biologi Molekuler dan Siklus Hidup	57
	D. Interaksi Molekuler <i>Host</i> - Parasit	59
	E. Diagnosis Molekuler	61
	DAFTAR PUSTAKA	64
BAB 6	NEMATODA JARINGAN	67
	A. Pendahuluan	67
	B. <i>Wuchereria bancrofti</i>	69
	C. <i>Brugi malayi</i>	72
	D. <i>Loa-Loa</i>	74
	DAFTAR PUSTAKA	78
BAB 7	TREMATODA (USUS, HATI, PARU DAN DARAH).....	79
	A. Pendahuluan	79
	B. Taksonomi dan Klasifikasi Trematoda	80
	C. Morfologi	82
	D. Siklus Hidup.....	85
	E. Penyakit Infeksi Trematoda	87
	F. Terapi Infeksi Trematoda	91
	G. Pencegahan Trematoda.....	93
	DAFTAR PUSTAKA	98
BAB 8	CESTODA	99
	A. Pendahuluan	99
	B. Klasifikasi dan Taksonomi Cestoda	101
	C. Morfologi Umum Cestoda	102
	D. Siklus Hidup Cestoda	105
	E. Transmisi Cestoda	109
	F. Manifestasi Klinis dan Patologi Cestoda.....	111
	G. Diagnostik dan Deteksi Laboratorium Cestoda	112
	DAFTAR PUSTAKA	115
BAB 9	PROTOZOA DARAH DAN JARINGAN.....	116
	A. Pendahuluan	116
	B. Protozoa Usus	116
	C. Protozoa Jaringan	134
	DAFTAR PUSTAKA	138
BAB 10	MALARIA	141
	A. Pendahuluan	141
	B. Taksonomi dan Siklus Hidup <i>Plasmodium</i> spp.....	143

	C. Mekanisme Molekular Invasi dan Patogenesis.....	146
	D. Diagnostik Malaria Molekular	147
	E. Resistensi Obat dan Penandanya secara Molekular	150
	F. Studi Populasi dan Evolusi Molekular <i>Plasmodium</i>	152
	G. Vektor dan Interaksinya secara Molekular.....	154
	H. Aplikasi Molekular dalam Pengendalian Malaria ...	156
	I. Tantangan dan Prospek Masa Depan.....	158
	DAFTAR PUSTAKA.....	161
BAB 11	ARHTROPODA AGENT PENYAKIT	173
	A. Pendahuluan.....	173
	B. <i>Ixodes ricinus</i> Penular Penyakit Lime.....	173
	C. Lalat Penyebab Myasis	185
	D. Tungau Penyebab Scabies	201
	E. Kutu Penular Tularemia.....	206
	DAFTAR PUSTAKA.....	219
BAB 12	MIKROMOLEKULER AMOEBIASIS	227
	A. Pendahuluan.....	227
	B. Struktur Molekuler <i>Entamoeba histolytica</i>	228
	C. Interaksi Molekuler Parasit dengan Sel Hospes	231
	D. Patogenesis Amoebiasis	235
	E. Aplikasi Mikromolekuler dalam Diagnosis dan Terapi Amoebiasis.....	239
	DAFTAR PUSTAKA.....	243
BAB 13	MIKROMOLEKULER TOKSOPLASMOSIS.....	246
	A. Pendahuluan.....	246
	B. Struktur dan Genom <i>Toxoplasma gondii</i>	247
	C. Mekanisme Invasi Seluler	249
	D. Interaksi Molekuler <i>T. Gondii</i> dengan Sistem Imun.....	251
	E. Toksoplasmosis pada <i>Host</i> Imunokompromais dan Ibu Hamil.....	253
	F. Biomarker dan Diagnostik Mikromolekuler Toksoplasmosis	255

	G. Strategi Terapi dan Vaksinasi Mikromolekuler	257
	DAFTAR PUSTAKA	260
BAB 14	MIKRO MOLEKUL LEISHMANIASIS.....	263
	A. Pendahuluan	263
	B. Manifestasi Klinis Leishmaniasis	268
	C. Diagnosis Leishmaniasis.....	270
	D. Respon Imunitas terhadap Leishmaniasis	272
	E. Mikro Molekul Leishmaniasis	273
	DAFTAR PUSTAKA.....	282
BAB 15	PROSEDUR LABORATORIUM PADA	
	PEMERIKSAAN PARASIT.....	284
	A. Pendahuluan	284
	B. Tahapan Pemeriksaan Laboratorium pada Pemeriksaan Parasit	285
	C. Pemeriksaan Serologis dengan <i>Rapid Diagnostic</i> <i>Test</i> dan Deteksi Antibodi (IgG dan IgM)	293
	D. Pemeriksaan Molekuler	296
	DAFTAR PUSTAKA.....	299
BAB 16	TEKNIK DIAGNOSA MOLEKULER	
	PARASITOLOGI.....	303
	A. Pendahuluan	303
	B. Dasar Molekuler Diagnostik Parasit	305
	C. Teknik PCR dan Modifikasinya.....	306
	D. Teknik Molekuler Lanjutan.....	307
	E. Teknik Molekuler Lanjutan.....	308
	F. Aplikasi Klinis dan Epidemiologis.....	309
	DAFTAR PUSTAKA	311
	TENTANG PENULIS	313



PARASITOLOGI MOLEKULAR

Putri Widelia Welkriana, S.Si., M.Sc.
dr. Reggi First Trasia, MARS., M.Biomed., AIFO-K.
Menik Kasiyati, S.ST., M.Imun.
Yuneu Yuliasih, S.KM., M.Sc.
Dr. dr. Nora Harminarti, M.Biomed., Sp.ParK.
Desi Aryani, AMAK., S.E., MA.
dr. Said Munazar Rahmat, M.K.T., M.KM., AIFO-K.
dr. Eva Triani, M.Ked.Trop.
dr. Lustyafa Inassani Alifia, M.Biomed.
Yusnita Mirna Anggraeni, S.Si., M.Biotech.
Dr. Hasmiwati, M.Kes.
dr. Munauwarus Sarirah, M.Biomed.
dr. Rahma Triyana. Y, M.Biomed.
dr. Etiek Nurhayati, M.Sc.
dr. Hadiyatur Rahma, M.Biomed., M.Ked (Clin-Path)., Sp.PK.
Muhammad Rizki Saputra, S.Si., M.Si.



BAB 1

PARASITOLOGI DAN RUANG LINGKUP PARASITOLOGI MOLEKULER

Putri Widelia Welkriana, S.Si., M.Sc.

A. Pendahuluan

1. Definisi Parasitologi

Parasitologi adalah cabang ilmu biologi yang mempelajari **parasit**, **inangnya**, dan hubungan antara keduanya.

2. Unsur yang Dipelajari

- a. **Parasit**: Organisme yang hidup pada atau di dalam organisme lain (inang) dan memperoleh keuntungan dari hubungan tersebut.
- b. **Inang (host)**: Organisme yang ditumpangi parasit.
- c. **Interaksi parasit-inang**: Termasuk efek patologi, respon imun, dan siklus hidup parasit.
- d. **Vektor**: Organisme yang menyebarkan parasit dari satu inang ke inang lainnya (misalnya nyamuk, lalat).

3. Definisi Parasitologi Molekuler

Parasitologi molekuler adalah cabang dari parasitologi yang menggunakan pendekatan dan teknik **biologi molekuler** untuk mempelajari parasit, baik dari sisi struktur genetik, ekspresi gen, hingga interaksi molekuler dengan inangnya.

4. Tujuan Parasitologi Molekuler:

Parasitologi molekuler dipelajari dengan tujuan antara lain :

- a. Memahami mekanisme molekuler infeksi parasit
- b. Mengidentifikasi target untuk terapi atau vaksin

DAFTAR PUSTAKA

- Burleigh, B. A., and Soldati, D. (2008). *Molecular mechanisms of parasite invasion*. Springer.
- Field, M. C. (2022). Molecular cellular parasitology: The decades and challenges ahead. *Frontiers in Parasitology*, 1, 963515. <https://doi.org/10.3389/fpara.2022.963515> (Grafati, ScienceDirect, Frontiers).
- Marr, J. J., Nilsen, T. W., and Komuniecki, R. W. (Eds.). (2003). *Molecular medical parasitology*. Academic Press.
- Olson, P. D., and Tkach, V. V. (2005). Advances and trends in the molecular systematics of the parasitic platyhelminthes. *Advances in Parasitology*, 60, 165–243. (SpringerLink)
- Pandi, M., Sharifdini, M., Ashrafi, K., Atrkar Roushan, Z., Rahmati, B., and Hajipour, N. (2021). Comparison of molecular and parasitological methods for diagnosis of human trichostrongylosis. *Frontiers in Cellular and Infection Microbiology*, 11, 759396. <https://doi.org/10.3389/fcimb.2021.759396> (Frontiers).
- Van Eys, G. J. J. M., Schoone, G. J., Ligthart, G. S., Alvar, J., Evans, D. A., and Terpstra, W. J. (1989). Identification of 'Old World' Leishmania by DNA recombinant probes. *Molecular and Biochemical Parasitology*, 34, 53–62. (Cambridge University Press).
- Waters, A., LoVerde, P., Matthews, K., Parsons, M., and Ginger, M. (2014). 35 years of molecular and biochemical parasitology. *Molecular and Biochemical Parasitology*, 195(2), 75–76. <http://dx.doi.org/10.1016/j.molbiopara.2014.08.003> (Grafati).

BAB

2

HUBUNGAN INANG-PARASIT

dr. Reggi First Trasia, MARS., M.Biomed., AIFO-K.

A. Pendahuluan

Bagian ini mengulas kemajuan terbaru mengenai hubungan inang dengan parasit. Fokus utama bab ini adalah pada parasit protozoa dan cacing. Begitu pula dengan efek infeksi sekunder dan pengaruhnya terhadap imunitas inang. Bab ini juga membahas mekanisme imunologis kompleks seperti sinyal Wnt/ β -Catenin dalam infeksi *Trypanosoma cruzi*, dan potensi vaksin seperti mutan *T. gondii* yang tidak dapat berkembang biak in vivo. Penelitian pada coccidiosis unggas menunjukkan pentingnya sel Th17 dan efek diet yang dapat mengurangi gejala penyakit. Selain itu, bab ini membahas helminth dan mekanisme imunoregulasi mereka, serta bagaimana parasit menggunakan produk ekskretori/sekretori untuk menghindari sistem imun. Penelitian ini menekankan pentingnya pendekatan multidisipliner dalam memahami dan mengendalikan parasit, serta perlunya pengembangan vaksin dan terapi baru untuk meningkatkan resistensi inang terhadap berbagai infeksi parasit. (Suo X, et al. 2020)

Bab ini membahas dampak perubahan global seperti perubahan iklim, urbanisasi, dan penggunaan obat massal terhadap interaksi inang-parasit. Penulis menyoroti bahwa meskipun kesehatan manusia meningkat melalui intervensi medis dan teknologi, perubahan lingkungan memperburuk ketidakseimbangan ekosistem yang mempengaruhi dinamika

DAFTAR PUSTAKA

- Ahlstrom CA, et al (2021) Evidence for continental-scale dispersal of antimicrobial resistant bacteria by landfill-foraging gulls. *Sci Total Environ* 764.
- Baker RE, et al (2021) Infectious disease in an era of global change. *Nat Rev Microbiol*.
- Djuardi Y, Jannah IF, Supali T (2022) IgG4 antibodies against Bm14 as an evaluation tool of mass drug administration in a co-endemic area of *Brugia timori* and *Wuchereria bancrofti*. *Acta Trop* 227.
- Suo X, Wu Z, Lillehoj H, Tuo W (2020) Editorial: Immunoparasitology: A Unique Interplay Between Host and Pathogen. *Frontiers in Immunology*. 11:880
- Wells K, Flynn R (2022) Managing host-parasite interactions in humans and wildlife in times of global change. *Parasitology Research* 121:3063-71

BAB 3

RESPON IMUN TERHADAP PARASIT

Menik Kasiyati, S.ST., M.Imun.

A. Pendahuluan

Parasit meliputi protozoa bersel tunggal, cacing multiseluler kompleks (helminths), dan ektoparasit (misalnya, kutu dan tungau). Infeksi parasit merupakan masalah kesehatan utama, terutama di negara-negara berpenghasilan rendah. Diperkirakan sekitar 30% dari populasi dunia menderita infestasi parasit. Ada sekitar 200 juta kasus malaria baru setiap tahun di seluruh dunia dan sekitar 400.000 kematian setiap tahunnya. Besarnya masalah kesehatan masyarakat ini merupakan alasan utama minat besar terhadap kekebalan terhadap parasit dan pengembangan imunoparasitologi sebagai cabang imunologi yang berbeda. Sebagian besar parasit menjalani siklus hidup yang kompleks, sebagian terjadi pada manusia (atau vertebrata lain) dan sebagian terjadi pada inang perantara, seperti lalat, kutu, dan siput. Manusia biasanya terinfeksi oleh gigitan dari inang perantara yang terinfeksi atau dengan berbagi habitat tertentu dengan inang perantara. Misalnya, malaria dan trypanosomiasis ditularkan melalui gigitan serangga, dan schistosomiasis ditularkan melalui paparan air tempat siput yang terinfeksi tinggal. Banyak infeksi parasit bersifat kronis karena kekebalan bawaan yang lemah dan kemampuan parasit untuk menghindari atau melawan eliminasi oleh respons imun adaptif. Lebih jauh, banyak obat antiparasit

DAFTAR PUSTAKA

- Abbas, Abdul K; Litchman, andrew H.; Pillai, S. (2022) *Cellular and Molecular Immunology*. 10th edn. Pennsylvania: Elsevier.
- Freire-de-lima, C.G. (2025) 'Parasitic Infection and Host Immunity, 2nd Edition'.
- Lekki-Jóźwiak, J. and Baska, P. (2024) 'The Roles of Various Immune Cell Populations in Immune Response against Helminths', *International Journal of Molecular Sciences*, 25(1). Available at: <https://doi.org/10.3390/ijms25010420>.
- RMV, R. (2021) 'Immunity in Medically Important Parasitic Infections', *Virology & Immunology Journal*, 5(1), pp. 1-8. Available at: <https://doi.org/10.23880/vij-16000267>.
- Zali, M. *et al.* (2018) 'International Journal of Advanced Multidisciplinary Research Madura cattle agribusiness performance and feasibility in Galis region, Madura', *Int. J. Adv. Multidiscip. Res*, 5(6), pp. 45-55. Available at: <https://doi.org/10.22192/ijamr>.

BAB

4

SOIL TRANSMITTED HELMINTH (STH)

Yuneu Yuliasih, S.KM., M.Sc.

A. Pendahuluan

Infeksi cacing yang ditularkan melalui tanah atau yang dikenal dengan *Soil Transmitted Helminth* (STH) merupakan salah satu permasalahan kesehatan masyarakat yang signifikan di wilayah tropis dan subtropis, termasuk Indonesia. Penyakit ini banyak menyerang populasi yang tinggal di daerah dengan sanitasi buruk, kurangnya akses air bersih, serta perilaku hidup bersih dan sehat yang belum memadai (WHO, 2023).

Di Indonesia, data dari berbagai studi menunjukkan bahwa anak-anak usia sekolah merupakan kelompok paling rentan terhadap infeksi STH, dengan prevalensi tinggi terutama di daerah pedesaan dan kawasan kumuh perkotaan. Infeksi kronis STH berkontribusi terhadap kejadian anemia, malnutrisi, *stunting*, dan rendahnya prestasi belajar. Hal ini menjadi ancaman nyata terhadap pembangunan sumber daya manusia nasional (Kurscheid *et al.*, 2021).

Fenomena tingginya prevalensi infeksi STH telah menjadi perhatian dunia sejak pertengahan abad ke-20, dan di Indonesia perhatian ini meningkat seiring dengan program nasional pengendalian penyakit tropis terabaikan (*Neglected Tropical Diseases* – NTDs) yang dijalankan oleh Kementerian Kesehatan (WHO, 2023). Pendekatan lintas sektor yang melibatkan bidang kesehatan, pendidikan, sanitasi, dan lingkungan menjadi

DAFTAR PUSTAKA

- Agrawal, R. *et al.* (2024) 'Prevalence and correlates of soil-transmitted helminths in schoolchildren aged 5 to 18 years in low- and middle-income countries: a systematic review and meta-analysis', *Frontiers in Public Health*, 12(March), pp. 1–14.
- Ásbjörnsdóttir, K.H. *et al.* (2017) '*Prospects for elimination of soil-transmitted helminths.*', *Current opinion in infectious diseases*, 30(5), pp. 482–488.
- Bethony, J. *et al.* (2006) '*Soil-transmitted helminth infections: ascariasis, trichuriasis, and hookworm.*', *Lancet* (London, England), 367(9521), pp. 1521–1532.
- Boisson, S. *et al.* (2016) '*Water, sanitation and hygiene for accelerating and sustaining progress on neglected tropical diseases: a new Global Strategy 2015–20*', *International Health*, 8, pp. i19–i21.
- Caffrey, C.R. (2012) *Parasitic Helminths: Targets, Screens, Drugs and Vaccines*, *Parasitic Helminths: Targets, Screens, Drugs and Vaccines*.
- Cools, P. *et al.* (2021) '*Quantitative PCR in soil-transmitted helminth epidemiology and control programs: Toward a universal standard*', *PLOS Neglected Tropical Diseases*, 15, p. e0009134.
- Dunn, J. *et al.* (2020) '*The increased sensitivity of qPCR in comparison to Kato-Katz is required for the accurate assessment of the prevalence of soil-transmitted helminth infection in settings that have received multiple rounds of mass drug administration*', *Parasites & Vectors*, 13.
- Errea, R.A. *et al.* (2019) '*Soil-Transmitted Helminthiasis in Children from a Rural Community Taking Part in a Periodic Deworming Program in the Peruvian Amazon*', *The American Journal of Tropical Medicine and Hygiene*, 101(3), pp. 636–640.

- Garn, J. V *et al.* (2022) '*Interventions to improve water, sanitation, and hygiene for preventing soil-transmitted helminth infection.*', The Cochrane database of systematic reviews, 6(6), p. CD012199.
- Gaze, S., McSorley, H. and Loukas, A. (2012) '*Nematoda: Hookworms*', *Immunity to Parasitic Infection*, pp. 247–261.
- Gyorkos, T.W. *et al.* (2013) '*Impact of health education on soil-transmitted helminth infections in schoolchildren of the Peruvian Amazon: a cluster-randomized controlled trial.*', *PLoS neglected tropical diseases*, 7(9), p. e2397.
- Izurieta, R., Reina-Ortiz, M. and Ochoa-Capello, T. (2019) '*Trichuris trichiura*', *Water and Sanitation for the 21st Century: Health and Microbiological Aspects of Excreta and Wastewater Management (Global Water Pathogen Project)*
- Jourdan, P.M. *et al.* (2018) '*Soil-transmitted helminth infections.*', *Lancet* (London, England), 391(10117), pp. 252–265.
- Khurana, S. and Sethi, S. (2017) '*Laboratory diagnosis of soil transmitted helminthiasis.*', *Tropical parasitology*, 7(2), pp. 86–91.
- Khurana, S., Singh, S. and Mewara, A. (2021) '*Diagnostic Techniques for Soil-Transmitted Helminths – Recent Advances*', *Research and Reports in Tropical Medicine*, 12, pp. 181–196.
- Kurscheid, J. *et al.* (2021) '*Epidemiology of soil-transmitted helminth infections in Semarang, Central Java, Indonesia*', *PLOS Neglected Tropical Diseases*, 14(12), pp. 1–17.
- Levecke, B. *et al.* (2020) '*Identifying thresholds to classify moderate-to-heavy soil-transmitted helminth intensity infections for fecpakg2, mcmaster, mini-flotac and qPCR*', *PLoS Neglected Tropical Diseases*, 14(7), pp. 1–20.
- Liu, Q. *et al.* (2023) '*Advances in the application of molecular diagnostic techniques for the detection of infectious disease pathogens (Review).*', *Molecular medicine reports*, 27(5).

- Matamoros, G. et al. (2024) 'A comparison of the diagnostic capability of Kato-Katz and real-time PCR for the assessment of treatment efficacy of ivermectin and albendazole combination against *T. trichiura* infections', *PLoS Neglected Tropical Diseases*, 18(11), pp. 1–11.
- Mbong Ngwese, M. et al. (2020) 'Diagnostic Techniques of Soil-Transmitted Helminths: Impact on Control Measures.', *Tropical medicine and infectious disease*, 5(2).
- Means, A.R. et al. (2018) 'Evaluating the sustainability, scalability, and replicability of an STH transmission interruption intervention: The DeWorm3 implementation science protocol', *PLoS Neglected Tropical Diseases*, 12(1), pp. 1–13.
- Meurs, L. et al. (2017) 'Diagnosing Polyparasitism in a High-Prevalence Setting in Beira, Mozambique: Detection of Intestinal Parasites in Fecal Samples by Microscopy and Real-Time PCR', *PLoS Neglected Tropical Diseases*, 11(1), pp. 1–18.
- Nery, S. et al. (2019) 'The role of water, sanitation and hygiene interventions in reducing soil-transmitted helminths: Interpreting the evidence and identifying next steps', *Parasites & Vectors*, 12.
- Pullan, R.L. et al. (2014) 'Global numbers of infection and disease burden of soil transmitted helminth infections in 2010.', *Parasites & vectors*, 7, p. 37.
- Reina Ortiz, M. (2018) '*Trichuris trichiura*', in. Available at: <https://doi.org/10.14321/waterpathogens.43>.
- Sumanto, D. (2016) *Parasitologi Kesehatan Masyarakat*. Edited by Hadi Wartomo. Semarang: Yoga Pratama Semarang.
- Trasia, R.F. (2020) 'Nested Polymerase Chain Reaction (Nested-PCR) As A Diagnostic Technique for Intestinal Helminth Infection', *Jurnal Al-Azhar Indonesia Seri Sains Dan Teknologi*, 5(4), p. 183.
- Vaz Nery, S. et al. (2019) 'The role of water, sanitation and hygiene interventions in reducing soil-transmitted helminths: interpreting the evidence and identifying next steps.', *Parasites & vectors*, 12(1), p. 273.

- WHO, (2021) *Molecular Tools for Diagnosis and Surveillance of Soil-Transmitted Helminths in Endemic Areas*, *Parasitologia*. parasitologia1030012.
- WHO, (2022) *Advantages and limitations of microscopy and molecular detections for diagnosis of soil-transmitted helminths: An overview*, *Helminthologia* (Poland). Available at: <https://doi.org/10.2478/helm-2022-0034>.
- (WHO), (2023) *Soil-transmitted helminth infections*.
- World Health Organization (WHO). (2012) *Soil-Transmitted Helminthiases: Eliminating Soil-Transmitted Helminthiases as a Public Health Problem in Children, Progress Report*. Available at: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/soil-transmitted-helminth-infections> (Accessed: 20 July 2025).
- World Health Organization (WHO) (2023) *Peringatan Hari Penyakit Tropis Terbaik Sedunia, Perdana di Indonesia*. Available at: <https://www.who.int/indonesia/id/news/detail/16-03-2023-the-first-commemoration-of-world-neglected-tropical-diseases-day-in-indonesia> (Accessed: 20 July 2025).

BAB 5

NON SOIL TRANSMITTED HELMINTH

Dr. dr. Nora Harminarti, M.Biomed., Sp.ParK.

A. Pendahuluan

Non Soil Transmitted Helminths (Non STH) adalah sekelompok cacing parasit yang tidak memerlukan transmisi melalui tanah dalam penularannya. Ini berbeda dengan *Soil-Transmitted Helminths* (STH), seperti cacing tambang, *Ascaris lumbricoides*, dan *Trichuris trichiura*, yang membutuhkan periode pematangan di tanah dalam penularannya. Spesies cacing non STH seperti *Enterobius vermicularis* dan *Trichinella spiralis* terutama ditularkan melalui kontak langsung, memakan makanan yang terkontaminasi. (Jourdan *et al.*, 2018; King, 2019; Phan *et al.*, 2019; CDC, 2024b)

Cacing kremi, juga dikenal sebagai *E. vermicularis*, adalah parasit yang sebagian besar menyerang anak-anak. Penularan terjadi melalui kontak fekal-oral langsung atau melalui menghirup telur di udara, dan paling sering ditemukan di lingkungan yang padat. Gejala lainnya termasuk gatal perianal dan perubahan pola tidur. Trichinellosis, di sisi lain, adalah parasit zoonosis yang dapat diperoleh dengan mengonsumsi daging mentah atau setengah matang yang mengandung larva yang terenkistasi. Parasit ini dapat ditemukan pada daging babi atau buruan liar. Trichinellosis ditandai dengan gejala yang berhubungan dengan saluran pencernaan, diikuti oleh nyeri otot, demam, dan komplikasi yang berpotensi mengancam jiwa seperti miokarditis. Karena kedua spesies tidak mengalami

DAFTAR PUSTAKA

- CDC (2024a) 'About Pinworm Infection', *Centers of Disease Control and Prevention*. Available at: <https://www.cdc.gov/pinworm/about/index.html>.
- CDC (2024b) 'Soil Transmitted helminth'.
- Fan, C. *et al.* (2019) 'Enterobius vermicularis infection: Prevalence and risk factors among preschool children in kindergarten in the capital area, Republic of the Marshall Islands. BMC Infectious Diseases [revista en Internet] 2019 [acceso 10 de abril de 2020]; 19: 1-7.', *Journal BMC Infectious Disease*, 536(19), pp. 1-7. Available at: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6580455/>.
- Gülbudak, H. *et al.* (2025) 'Epidemiological and molecular characterization of Enterobius vermicularis cases in Mersin, Turkey: An analysis based on mitochondrial DNA cox1 gene sequences', *One Health*, 20(March). doi: 10.1016/j.onehlt.2025.101079.
- Hassan, N. A. *et al.* (2022) 'A conventional multiplex PCR for the detection of four common soil-transmitted nematodes in human feces: development and validation', *Tropical Biomedicine*, 39(1), pp. 135-143. doi: 10.47665/tb.39.1.016.
- Jourdan, P. M. *et al.* (2018) 'Soil-transmitted helminth infections', *The Lancet*, 391(10117), pp. 252-265. doi: 10.1016/S0140-6736(17)31930-X.
- Khan, W. *et al.* (2022) 'Pinworm infection in school children of four districts of Malakand region, Khyber Pakhtunkhwa, Pakistan', *Brazilian Journal of Biology*, 82, pp. 1-6. doi: 10.1590/1519-6984.238769.
- King, C. H. (2019) *Helminthiasis Epidemiology and Control: Scoring Successes and Meeting the Remaining Challenges*, *Advances in Parasitology*. Elsevier Ltd. doi: 10.1016/bs.apar.2018.08.001.

- Kong, Q. *et al.* (2021) 'Early Detection of *Trichinella spiralis* DNA in Rat Feces Based on Tracing Phosphate Ions Generated during Loop-Mediated Isothermal Amplification', *Journal of Parasitology*, 107(2), pp. 141–146. doi: 10.1645/19-137.
- Marín-Villa, J. *et al.* (2025) 'Mitochondrial markers (cytochrome c oxidase subunit I and 16S ribosomal RNA) as supporting biomarkers for wild bird identification', *Veterinary World*, 18(5), pp. 1389–1399. doi: 10.14202/vetworld.2025.1389-1399.
- Nemathaga, M., Smith, R. M. and Malatji, D. P. (2023) 'Interactions between the helminth and intestinal microbiome in smallholder chicken farming systems', *Frontiers in Veterinary Science*, 10(December), pp. 1–7. doi: 10.3389/fvets.2023.1309151.
- Phan, L. T. *et al.* (2019) 'Personal protective equipment doffing practices of healthcare workers', *Journal of Occupational and Environmental Hygiene*, 16(8), pp. 575–581. doi: 10.1080/15459624.2019.1628350.
- Riley, L. W. and Blanton, R. E. (2018) 'Advances in Molecular Epidemiology of Infectious Diseases: Definitions, Approaches, and Scope of the Field', *Microbiology Spectrum*, 6(6), pp. 1–12. doi: 10.1128/microbiolspec.ame-0001-2018.
- Rivero, M. R. *et al.* (2022) 'Enterobiasis and its risk factors in urban, rural and indigenous children of subtropical Argentina', *Parasitology*, 149(3), pp. 396–406. doi: 10.1017/S0031182021001955.
- Somasundaram, S. and Yu, Z. (2025) 'Internal transcribed spacers enable species-level Metataxonomic analysis of ciliated protozoa', *ISME Communications*, 5(1), pp. 1–41. doi: 10.1093/ismeco/ycaf024.
- Ullah, H. *et al.* (2020) 'Recent advances in nucleic acid-based methods for detection of helminth infections and the perspective of biosensors for future development',

Parasitology, 147(4), pp. 383–392. doi: 10.1017/S0031182019001665.

Ullah, H. *et al.* (2025) 'Recent advances in nucleic acid-based methods for detection of helminth infections and the perspective of biosensors for future development', *One Health*, 20(March), pp. 383–392. doi: 10.1017/S0031182019001665.

Verweij, J. J. and Rune Stensvold, C. (2014) 'Molecular testing for clinical diagnosis and epidemiological investigations of intestinal parasitic infections', *Clinical Microbiology Reviews*, 27(2), pp. 371–418. doi: 10.1128/CMR.00122-13.

Weatherhead, J. E., Hotez, P. J. and Mejia, R. (2017) 'The Global State of Helminth Control and Elimination in Children', *Pediatric Clinics of North America*. W.B. Saunders, pp. 867–877. doi: 10.1016/j.pcl.2017.03.005.

Zajac, E. B. *et al.* (2021) 'Infection, genetics, and evolution of *Trichinella*: Historical insights and applications to molecular epidemiology Ewa', pp. 1–6.

Zarlenga, D. S. and Higgins, J. (2001) 'PCR as a diagnostic and quantitative technique in veterinary parasitology', *Veterinary Parasitology*, 101(3–4), pp. 215–230. doi: 10.1016/S0304-4017(01)00568-4.

BAB 6

NEMATODA JARINGAN

Desi Aryani, AMAK., S.E., MA.

A. Pendahuluan

Nematoda merupakan spesies terbesar di antara cacing parasit dimana terdapat sekitar 10.000 jenis nematoda yang hidup di segala jenis habitat mulai dari tanah, air tawar, air asin, tanaman dan hewan. (Sikora, 1999). Nematoda dapat didefinisikan sebagai cacing silinder yang dapat hidup bebas di alam ataupun bertindak sebagai agen parasitik. Berdasarkan tempat hidupnya di manusia, nematoda terbagi menjadi dua jenis yaitu nematoda usus dan nematoda jaringan (Wahyuni, 2021).

Penyakit karena cacing (helminthiasis), banyak tersebar di seluruh dunia, terutama di daerah tropis. Hal ini berkaitan dengan faktor cuaca dan tingkat sosio-ekonomi masyarakat. Daerah tropis memiliki suhu hangat dan kelembaban tinggi yang sangat mendukung kehidupan parasit, termasuk cacing. Selain itu, keterbatasan akses terhadap sanitasi yang memadai dan air bersih juga memperparah penyebaran penyakit ini, terutama di wilayah dengan kepadatan penduduk tinggi dan pendidikan kesehatan yang rendah.

Kebanyakan cacing memerlukan suhu dan kelembaban udara tertentu untuk hidup dan berkembang biak. Suhu hangat dan lingkungan lembap membuat telur dan larva cacing dapat bertahan lebih lama di tanah atau air. Kondisi ini juga mempercepat perkembangan cacing ke tahap infeksi. Oleh

DAFTAR PUSTAKA

- Herry Hermansyah, Karneli, Erwin Edyansyah Dkk (2024). *Helmintologi Nematoda*. PT Adikarya Pratama Globalindo
- Indonesia Association of Clinical Pathologist (2018) *Majalah Patologi Klinik Indonesia dan Laboratorium Medik*. Indonesia Journal of Clinical Pathology and Medical Laboratory
- Kridanta, Dkk (2016) *Pewarnaan Diferensiasi Terhadap Sediaan Bakteri*. Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan Republik Indonesia
- Reggi First Trasia (2021) *Distribusi Geografis Penyakit Parasit di Indonesia dan di Dunia*. Al-Azhar Indonesia Seri Sains dan Teknologi
- Yudi Yahya, Liza Mutia, Herry Hermansyah Dkk (2024) *Modul Praktikum Helmintologi Bagi Mahasiswa Prodi Teknologi Laboratorium Medik*. Asosiasi Institusi Pendidikan Tinggi Teknologi Laboratorium Medik Indonesia (AIPTLMI)

BAB

7

TREMATODA (USUS, HATI, PARU DAN DARAH)

dr. Said Munazar Rahmat, M.K.T., M.KM., AIFO-K.

A. Pendahuluan

Trematoda secara taksonomi merupakan kelas dari filum Platyhelminthes. Nama trematoda berasal dari bahasa Yunani *trēma* yang artinya lubang. Penamaan ini merujuk ke struktur batil isap yang terlihat seperti lubang jika dilihat oleh mata telanjang. Fungsi dari struktur ini pulung yang menjadikan trematoda disebut cacing isap. Cacing ini juga disebut sebagai cacing pipih karena bentuk tubuhnya yang pipih.

Kelas trematoda memiliki ribuan jenis spesies. Beberapa diantaranya merupakan agen infeksi yang bersifat endoparasit di beragam organ di tubuh manusia. Secara global, spesies trematoda yang merupakan parasit, tersebar luas di berbagai negara khususnya di kawasan daerah iklim tropis dan subtropis. World Health Organization (WHO) memasukkan beberapa penyakit infeksi trematoda menjadi bagian dalam penyakit tropis infeksi yang terabaikan (Neglected Tropical Diseases/NTDs) yang membutuhkan penanganan khusus terutama pada populasi yang memiliki kendala sumber daya manusia, wilayah dan akses ke sarana kesehatan.

Meskipun infeksi trematoda sudah ada sejak peradaban Mesir kuno dan Yunani kuno, tidak ada dokumen terkait hal tersebut. Catatan tertulis mengenai infeksi hati hewan ternak tercantum dalam buku Jehan de Brie abad ke-13, namun tidak mencantumkan penyebab infeksi. Infeksi pada manusia baru

DAFTAR PUSTAKA

- Bogitsh, B. J., Carter, C. E., Oeltmann, T. N. (2013). *Human parasitology* (5th ed.). Oxford: Academic Press.
- Farrar, J., Hotez, P., Junghanss, T., Kang, G., Lalloo, D., White, N.J. (eds.) (2020) *Manson's Tropical Diseases* (24th ed.). Philadelphia: Elsevier
- Katzung, B.G. & Vanderah, T.W. (2020) *Basic & Clinical Pharmacology* (15th ed.). New York: McGraw-Hill Education. Katzung, B. G., & Vanderah, T. W. (2020). *Basic & Clinical Pharmacology*. In *Basic & Clinical Pharmacology* (15th ed.). McGraw-Hill Education.
- Kumar, V. (1999). *Trematode Infections and Diseases of Man and Animals* (1st ed.). Springer.
- Nabarro, L., Morris-Jones, S. & Moore, D. (2018). *Peters' Atlas of Tropical Medicine and Parasitology* (7th ed.). Elsevier.
- Paniker, C.K.J. (2018). *Paniker's Textbook of Medical Parasitology* (8th ed.). New Delhi: Jaypee Brothers Medical Publishers.
- Ryan, K.J. (2022) *Sherris & Ryan's Medical Microbiology* (8th ed.). New York: McGraw-Hill Education.
- Sood, R. (2019) *Textbook of Human Parasitology: Protozoology and Helminthology* (1st ed.). New Delhi: Jaypee Brothers Medical Publishers.
- World Health Organization (1995) *Control of foodborne trematode infections: report of a WHO study group*. WHO Technical Report Series No. 849. Geneva: World Health Organization.
- World Health Organization (2022) *WHO guideline on control and elimination of human schistosomiasis*. Geneva: World Health Organization.

BAB

8

CESTODA

dr. Eva Triani, M.Ked.Trop.

A. Pendahuluan

Cestoda merupakan kelas dalam filum Platyhelminthes yang mencakup organisme parasitik yang dikenal luas sebagai cacing pita. Secara historis, pengenalan terhadap cacing ini telah berlangsung sejak zaman kuno. Catatan Hippokrates dan Galen menunjukkan bahwa manusia telah lama mengalami infeksi oleh parasit usus ini, khususnya yang berkaitan dengan konsumsi daging mentah atau kurang matang (Cox, 2002). Cestoda memiliki morfologi tubuh khas, berbentuk pipih dan panjang menyerupai pita, dengan tubuh yang tersusun dari ratusan hingga ribuan segmen yang dikenal sebagai proglotid. Adaptasi biologis yang luar biasa ini menunjukkan spesialisasi evolusioner yang memungkinkan mereka bertahan di saluran pencernaan inangnya.

Kehadiran Cestoda dalam tubuh manusia atau hewan menyebabkan berbagai bentuk penyakit, tergantung dari spesies dan lokasi invasi larva. Beberapa jenis Cestoda dapat membentuk kista di jaringan seperti otak, hati, dan paru-paru, menyebabkan komplikasi yang mengancam jiwa. Dengan demikian, studi terhadap Cestoda tidak hanya penting dalam memahami biodiversitas tetapi juga memiliki signifikansi tinggi dalam bidang kesehatan masyarakat, kedokteran hewan, dan kedokteran klinis.

DAFTAR PUSTAKA

- Cox, F.E.G., (2002). *History of human parasitology*. Clinical Microbiology Reviews, 15(4), pp.595–612.
- Eckert, J., Gemmell, M.A., Meslin, F.X. and Pawłowski, Z.S., (2001). *WHO/OIE Manual on echinococcosis in humans and animals*. World Health Organization, pp.1–265.
- Garcia, H.H., Gonzalez, A.E., Evans, C.A. and Gilman, R.H., (2003). *Taenia solium cysticercosis*. The Lancet, 362(9383), pp.547–556.
- Lightowlers, M.W., 2010. *Cestode zoonoses: Echinococcosis and cysticercosis*. Current Opinion in Infectious Diseases, 23(5), pp.505–510.
- Nash, T.E., Neva, F.A. and Beaver, P.C., (2001). *Clinical manifestations and diagnosis of cysticercosis*. In: Tropical Medicine and Parasitology. Philadelphia: Saunders, pp.551–558.
- Roberts, L.S. and Janovy, J., 2009. *Foundations of Parasitology*. 8th ed. Boston: McGraw-Hill.
- Suryawati, S. (2014). *Kajian aspek epidemiologi taeniasis dan sistiserkosis di Papua*. Jurnal Penyakit Bersumber Binatang, 2(1), 1–14.
- Swastika, K., Wandra, T., Dharmawan, N. S., Sudarmaja, I. M., Saragih, J. M., Diarthini, L. P. E., et al. (2017). *Taeniasis disebabkan oleh Taenia saginata di Kota Gianyar dan Taenia solium di Desa Karangasem, Bali, Indonesia, 2011–2016: Bagaimana mendeteksi pembawa cacing pita, anamnesis atau mikroskopi?* Acta Tropica, 174(1), 19–23.
- Thompson, R.C.A., 2017. *Parasite zoonoses and One Health*. International Journal for Parasitology, 47(12), pp.583–589.
- Mundir (2013) *Metode Penelitian Kualitatif dan Kuantitatif*, STAIN Jember Press. Edited by Hisbiyatul Hasanah. Jember: STAIN Jember Press.

BAB 9 | PROTOZOA DARAH DAN JARINGAN

dr. Lustyafa Inassani Alifia, M.Biomed.

A. Pendahuluan

Gut-associated protozoa atau protozoa usus merupakan kelompok mikroba heterogen yang hidup di usus manusia dan mampu berinteraksi dengan mikrobiota pada usus manusia (Dubik, Pilecki and Moeller, 2022). Infeksi parasit usus, dalam hal ini protozoa usus merupakan penyakit menular yang umum di seluruh dunia, dan dianggap sebagai penyakit tropis yang terabaikan (*neglected tropical disease*). Protozoa usus dapat mengganggu penyerapan dan fungsi barier usus dengan menimbulkan kerusakan epitel usus, yang akan menyebabkan manifestasi diare ringan hingga berat. Diare akibat protozoa usus sering misdiagnosis dengan penyebab diare lain, seperti bakteri dan patogen oportunistik lain, sehingga penegakan diagnosis perlu diperhitungkan karena akan mempengaruhi pengobatan yang tepat untuk pasien (Ramezanzadeh *et al.*, 2023).

B. Protozoa Usus

1. Coccidia

a. *Cytoisospora belli*

Cystoisospora belli (*C. belli*), sebelumnya spesies ini disebut *Isoospora belli*, merupakan protozoa intraseluler pada epitel usus. Spesies ini tersebar di seluruh dunia, namun prevalensinya lebih jarang dibandingkan dengan *Toxoplasma* dan *Cryptosporidium* (Akateh *et al.*, 2018).

DAFTAR PUSTAKA

- Akateh, C. *et al.* (2018) 'Cystoisospora belli Gallbladder Infection in a Liver Transplant Donor', *Case Reports in Infectious Diseases*, 2018, pp. 1-5. doi: 10.1155/2018/3170238.
- Aninagyei, E. *et al.* (2021) 'Prevalence and risk factors of human *Balantidium coli* infection and its association with haematological and biochemical parameters in Ga West Municipality, Ghana', *BMC Infectious Diseases*, 21(1), pp. 1-10. doi: 10.1186/s12879-021-06731-2.
- Babuta, M., Bhattacharya, S. and Bhattacharya, A. (2020) 'Entamoeba histolytica and pathogenesis: A calcium connection', *PLoS Pathogens*, 16(5), pp. 1-11. doi: 10.1371/journal.ppat.1008214.
- Bouزيد, M. *et al.* (2013) 'Cryptosporidium pathogenicity and virulence', *Clinical Microbiology Reviews*, 26(1), pp. 115-134. doi: 10.1128/CMR.00076-12.
- Casmo, V. *et al.* (2018) 'Occurrence of *Cryptosporidium* spp. and *Cystoisospora belli* among adult patients with diarrhoea in Maputo, Mozambique', *Heliyon*, 4(9), pp. 1-13. doi: 10.1016/j.heliyon.2018.e00769.
- Cruz-Saavedra, L. *et al.* (2023) 'Molecular detection and characterization of *Giardia* spp., *Cryptosporidium* spp., and *Blastocystis* in captive wild animals rescued from central Colombia', *International Journal for Parasitology: Parasites and Wildlife*, 22(July), pp. 1-5. doi: 10.1016/j.ijppaw.2023.07.005.
- De Oliveira, A. S., Gómez-Hernández, C. and Rezende-Oliveira, K. (2021) 'Balantidium coli INFECTION, IMMUNE STATUS AND COMORBIDITIES: LITERATURE REVIEW', *Journal of Tropical Pathology*, 50(4), pp. 265-284. doi: 10.5216/rpt.v50i4.70600.

- Dreesen, L. *et al.* (2014) 'Giardia muris infection in mice is associated with a protective interleukin 17A response and induction of peroxisome proliferator-activated receptor alpha', *Infection and Immunity*, 82(8), pp. 3333–3340. doi: 10.1128/IAI.01536-14.
- Dubik, M., Pilecki, B. and Moeller, J. B. (2022) 'Commensal Intestinal Protozoa – Underestimated Members of the Gut Microbial Community', *Biology*, 11(12), pp. 1–17. doi: 10.3390/biology11121742.
- Fayer, R., Esposito, D. H. and Dubey, J. P. (2015) 'Human infections with Sarcocystis species', *Clinical Microbiology Reviews*, 28(2), pp. 295–311. doi: 10.1128/CMR.00113-14.
- Fitri, L. E. *et al.* (2022) 'Diagnostic Methods of Common Intestinal Protozoa: Current and Future Immunological and Molecular Methods', *Tropical Medicine and Infectious Disease*, 7(10). doi: 10.3390/tropicalmed7100253.
- Gerace, E., Presti, V. D. M. Lo and Biondo, C. (2019) 'Cryptosporidium infection: Epidemiology, pathogenesis, and differential diagnosis', *European Journal of Microbiology and Immunology*, 9(4), pp. 119–123. doi: 10.1556/1886.2019.00019.
- Guillén, N. (2023) 'Pathogenicity and virulence of Entamoeba histolytica, the agent of amoebiasis', *Virulence*, 14(1). doi: 10.1080/21505594.2022.2158656.
- Han, B., Pan, G. and Weiss, L. M. (2021) 'Microsporidiosis in Humans', *Clinical Microbiology Reviews*, 34(4). doi: 10.1128/CMR.00010-20.
- Keckeisen, C. *et al.* (2024) 'Isospora and Lankesterella Parasites (Eimeriidae, Apicomplexa) of Passeriform Birds in Europe: Infection Rates, Phylogeny, and Pathogenicity', *Pathogens*, 13(4). doi: 10.3390/pathogens13040337.

- Klimczak, S. *et al.* (2024) 'The Influence of the Protozoan *Giardia lamblia* on the Modulation of the Immune System and Alterations in Host Glucose and Lipid Metabolism', *International Journal of Molecular Sciences*, 25(16). doi: 10.3390/ijms25168627.
- Ramezanzadeh, S. *et al.* (2023) 'Microscopic and Molecular Identification of *Cyclospora cayetanensis* and *Cystoisospora belli* in HIV-Infected People in Tabriz, Northwest of Iran', *Tropical Medicine and Infectious Disease*, 8(7). doi: 10.3390/tropicalmed8070368.
- Sanchez, S. G. and Besteiro, S. (2021) 'The pathogenicity and virulence of *Toxoplasma gondii*', *Virulence*, 12(1), pp. 3095–3114. doi: 10.1080/21505594.2021.2012346.
- Sardinha-Silva, A., Alves-Ferreira, E. V. C. and Grigg, M. E. (2022) 'Intestinal immune responses to commensal and pathogenic protozoa', *Frontiers in Immunology*, 13(September), pp. 1–17. doi: 10.3389/fimmu.2022.963723.
- Shiferaw, B. W. and Andrew, W. T.-R. (2021) 'Toxoplasma gondii: Deeper understanding of epidemiology, virulence and pathophysiology enhances diagnosis and informs vaccine design', *Journal of Infectious Diseases and Immunity*, 13(1), pp. 7–19. doi: 10.5897/jidi2020.0206.
- Talebi, R. *et al.* (2023) 'Molecular evaluation of *Cryptosporidium* spp. among breeding calves of Lorestan province Western Iran', *Veterinary Medicine and Science*, 9(1), pp. 363–371. doi: 10.1002/vms3.1024.
- Whelan, T. A. and Fast, N. M. (2023) 'Microsporidia', *Current Biology*, 33(18), pp. R936–R938. doi: 10.1016/j.cub.2023.06.076.

BAB 10 | MALARIA

Yusnita Mirna Anggraeni, S.Si., M.Biotech.

A. Pendahuluan

Buku ini disusun untuk menjelaskan pendekatan molekular dalam memahami parasit malaria, mencakup biologi parasit, diagnosis, patogenesis, serta strategi pengendalian berbasis molekular.

1. Sejarah Singkat Malaria dan Dampaknya secara Global dan di Indonesia

Malaria memiliki sejarah yang panjang dan kompleks, dengan dampak yang luas terhadap kesehatan masyarakat baik secara global maupun nasional, terutama di negara-negara seperti Indonesia. Secara historis, malaria telah menyumbang angka morbiditas dan mortalitas yang tinggi, terutama di wilayah tropis dan subtropis. Di Indonesia, beban penyakit malaria berfluktuasi karena berbagai faktor, termasuk iklim, urbanisasi, dan kondisi sosial ekonomi. Tahun 1960-an hingga awal 2000-an dilakukan upaya pengendalian malaria yang signifikan. Namun, pada tahun 2021, wilayah seperti Indonesia bagian barat masih bergulat dengan penularan malaria, terutama terhadap infeksi *Plasmodium vivax* dan *P. falciparum* (Alvieda Nainggolan et al., 2022). Beberapa daerah mengalami penurunan kejadian malaria karena peningkatan pengawasan dan inisiatif pengobatan. Akan tetapi masih ditemui juga daerah endemis malaria yang menjadi tantangan pengendalian bagi otoritas kesehatan (Müeller et al., 2022).

DAFTAR PUSTAKA

- Abreu-Fernandes, R. de, Almeida-de-Oliveira, N.K., Gama, B.E., Gomes, L.R., de Mello, A.R., de Queiroz, L.T., Aguiar Barros, J. de, Graças Alecrim, M. das, de Souza, R.M., Pratt-Riccio, L.R., Brasil, P., Daniel-Ribeiro, C.T., Fátima Ferreira-da-Cruz, M. de, 2023. Plasmodium Falciparum Chloroquine-PFCRT Resistant Haplotypes in Brazilian Endemic Areas Four Decades After CQ Withdrawn. *Pathogens*.
- Akala, H.M., Watson, O.J., Mitei, K.K., Juma, D.W., Verity, R., Ingasia, L.A., Opot, B.H., Okoth, R.O., Chemwor, G.C., Juma, J.A., Mwakio, E.W., Brazeau, N., Cheruiyot, A.C., Yeda, R.A., Maraka, M.N., Okello, C.O., Kateete, D.P., Managbanag, J.R., Andagalu, B., Ogutu, B.R., Kamau, E., 2021. Plasmodium interspecies interactions during a period of increasing prevalence of Plasmodium ovale in symptomatic individuals seeking treatment: an observational study. *The Lancet Microbe* 2, e141–e150.
- Akeju, A.V., Olusi, T.A., Simon-Oke, I.A., 2022. Molecular Identification and Wing Variations Among Malaria Vectors in Akure North Local Government Area, Nigeria. *Sci. Rep.*
- Alvieda Nainggolan, I.R., Syafutri, R.D., Sinambela, M.N., Devina, C., Handayani, H., Hasibuan, B.S., Chuangchaiya, S., S. Divis, P.C., Idris, Z.M., Permatasari, R., Diniyanti Lubis, I.N., 2022. The Presence of Plasmodium Malariae and Plasmodium Knowlesi in Near Malaria Elimination Setting in Western Indonesia. *Malar. J.*
- Amusan, A.I., Akinola, O., Akano, K., Hernández-Castañeda, M.A., Dick, J.K., Sowunmi, A., Hart, G.T., Gbotosho, G.O., 2023. Declining Frequency of Chloroquine-Resistant Haplotype of Plasmodium Falciparum (CVIET) in an Endemic Area of Southwest Nigeria 17 Years After Withdrawal of Chloroquine.

- Aschar, M., Arroyo Sanchez, M.C., Jesus Costa-Nascimento, M. de, Lourdes Farinas, M. de, Hristov, A.D., M. Lima, G.F., Inoue, J., Levi, J.E., Di Santi, S.M., 2022. Ultrasensitive Molecular Tests for Plasmodium Detection: Applicability in Control and Elimination Programs and Reference Laboratories. *Rev. Panam. Salud Pública*.
- Belay, A., Asale, A., Sole, C.L., Kinya, F., Yusuf, A.A., Torto, B., Mutero, C.M., Tchouassi, D.P., 2024. Vectorial Drivers of Malaria Transmission in Jabi Tehnan District, Amhara Regional State, Ethiopia. *Sci. Rep.*
- Benjamin, G.Y., Inabo, H.I., Doko Muhammad, H.I., Olayinka, B.O., 2020. Genetic Markers Associated With Antimalarial Drug Resistance and Haemoglobin Genotypes Among Malaria Patients in Kaduna State, Nigeria.
- Berry, A., Ménard, S., Nsango, S.E., Abate, L., Concordet, D., Tchioffo, M.T., Iriart, X., Awono-Ambene, P., Roche, B., Morlais, I., 2021. The Rare, the Best: Spread of Antimalarial-Resistant Plasmodium Falciparum Parasites By *Anopheles* Mosquito Vectors. *Microbiol. Spectr.*
- Blank, A., Fürle, K., Jäschke, A., Mikus, G., Lehmann, M., Hüsing, J., Heiß, K., Giese, T., Carter, D., Böhnlein, E., Lanzer, M., Haefeli, W.E., Bujard, H., 2020. Immunization With Full-Length Plasmodium Falciparum Merozoite Surface Protein 1 Is Safe and Elicits Functional Cytophilic Antibodies in a Randomized First-in-Human Trial. *NPJ Vaccines*.
- Cozzarolo, C., Pigeault, R., Isaia, J., Wassef, J., Baur, M., Glaizot, O., Christe, P., 2022. Experiment in Semi-Natural Conditions Did Not Confirm the Influence of Malaria Infection on Bird Attractiveness to Mosquitoes. *Parasites & Vectors*.
- Domfeh, S.A., Darkwa, B.Y., Gablah, R.K., Adu, E.A., Obirikorang, C., 2023. Evaluation of Four Malaria Rapid Diagnostic Test Kits Used at the Enyiresi Government Hospital in the Eastern Region of Ghana. *J. Parasitol. Res.*

- Dong, L., Xu, Q., Shen, L., Cao, R., Deng, X., Chen, J., Jiang, H., Guan, M., 2024. EasyNAT Malaria: A Simple, Rapid Method to Detect *Plasmodium* Species Using Cross-Priming Amplification Technology. *Microbiol. Spectr.*
- Farrell, B., Alam, N., Hart, M.N., Jamwal, A., Ragotte, R.J., Walters-Morgan, H., Draper, S.J., Knuepfer, E., Higgins, M.K., 2023. The PfRRCR Complex Bridges Malaria Parasite and Erythrocyte During Invasion. *Nature*.
- Fonte, M., Tassi, N., Fontinha, D., Bouzón-Arnáiz, I., Ferraz, R., Araújo, M.J., Fernández-Busquets, X., Prudêncio, M., Gomes, P., Teixeira, C., 2020. 4,9-Diaminoacridines and 4-Aminoacridines as Dual-Stage Antiplasmodial Hits. *ChemMedChem*.
- Ford, A., Kepple, D., Abagero, B.R., Connors, J., Pearson, R.D., Auburn, S., Getachew, S., Ford, C.T., Gunalan, K., Miller, L.H., Janies, D., Rayner, J.C., Yan, G., Yewhalaw, D., Lo, E., 2020. Whole Genome Sequencing of *Plasmodium Vivax* Isolates Reveals Frequent Sequence and Structural Polymorphisms in Erythrocyte Binding Genes. *PLoS Negl. Trop. Dis.*
- Frickmann, H., Weinreich, F., Loderstädt, U., Poppert, S., Tannich, E., Bull, J., Kreikemeyer, B., Barrantes, I., 2022. Metagenomic Sequencing for the Diagnosis of *Plasmodium* Spp. With Different Levels of Parasitemia in EDTA Blood of Malaria Patients – A Proof-of-Principle Assessment. *Int. J. Mol. Sci.*
- Garcia, A.B., Siu, E., Du, X., Leng, L., Franke-Fayard, B., Janse, C.J., Howland, S.W., Rénia, L., Lolis, E., Bucala, R., 2021. Suppression Of *Plasmodium* MIF-Cd74 Signaling Protects Against Severe Malaria.
- Golkar, Z., 2020. CRISPR: A Journey of Gene-Editing Based Medicine. *Genes & Genomics*.

- Guery, M.-A., Ceesay, S., Drammeh, S., Jaiteh, F., D'Alessandro, U., Bousema, T., Conway, D.J., Claessens, A., 2024. Household Clustering and Seasonal Genetic Variation Of *Plasmodium Falciparum* at the Community-Level in the Gambia.
- Guirou, E.A., Schindler, T., Hosch, S., Donfack, O.T., Yoboue, C.A., Krähenbühl, S., Deal, A., Cosi, G., Gondwe, L., Mwangoka, G., Masuki, H., Salim, N., Mpina, M., Said, J., Abdulla, S., Hoffman, S.L., Nlavo, B.M., Maas, C., Falla, C.C., Phiri, W.P., García, G.A., Tanner, M., Daubenberger, C., 2020. Molecular Malaria Surveillance Using a Novel Protocol for Extraction and Analysis of Nucleic Acids Retained on Used Rapid Diagnostic Tests.
- Han, K.T., Han, Z.Y., Zainabadi, K., 2022. Developing Molecular Surveillance Capacity for Asymptomatic and Drug-Resistant Malaria in a Resource-Limited Setting—Experiences and Lessons Learned. *Am. J. Trop. Med. Hyg.*
- Hopp, C.S., Sekar, P., Diouf, A., Miura, K., Boswell, K.L., Skinner, J., Tipton, C.M., Peterson, M., Chambers, M., Andrews, S.F., Lu, J., Tan, J., Li, S., Doumbo, S., Kayentao, K., Ongoïba, A., Traoré, B., Portugal, S., Sun, P.D., Long, C.A., Koup, R.A., Long, E.O., McDermott, A.B., Crompton, P.D., 2021. *Plasmodium Falciparum*-specific IgM B Cells Dominate in Children, Expand With Malaria, and Produce Functional IgM. *J. Exp. Med.*
- Hosch, S., Yoboue, C.A., Donfack, O.T., Guirou, E.A., Dangy, J., Mpina, M., Nyakurungu, E., Blöchliger, K., Guerra, C.A., Phiri, W.P., Ayekaba, M.O., García, G.A., Tanner, M., Daubenberger, C., Schindler, T., 2021. Analysis of Nucleic Acids Extracted From Rapid Diagnostic Tests Reveals a Significant Proportion of False Positive Test Results Associated With Recent Malaria Treatment.
- Isunu, L.E., Omoya, F.O., Ajayi, K.O., Akharaiyi, F.C., Ogundare, A.O., Babatunde, O.J., 2022. Evaluation of the Antiplasmodial Activities of Methanol Leaf Extract of *Andrographis*

Paniculata (Burm. F.): An in Vitro and in Vivo Study. Microbes Infect. Dis.

- J. Ugwu, C.L., Zewotir, T., 2020. Evaluating the Effects of Climate and Environmental Factors on Under-5 Children Malaria Spatial Distribution Using Generalized Additive Models (GAMs). J. Epidemiol. Glob. Health.
- Kagoro, F., Allen, E., Mabuza, A., Workman, L., Magagula, R., Kok, G., Davies, C., Malatje, G., Guérin, P.J., Dhorda, M., Maude, R.J., Raman, J., Barnes, K.I., 2022. Making Data Map-Worthy—enhancing Routine Malaria Data to Support Surveillance and Mapping of Plasmodium Falciparum Anti-Malarial Resistance in a Pre-Elimination Sub-Saharan African Setting: A Molecular and Spatiotemporal Epidemiology Study. Malar. J.
- Kagoro, F., Allen, E., Raman, J., Mabuza, A., Magagula, R., Kok, G., Malatje, G., Guérin, P.J., Dhorda, M., Maude, R.J., Barnes, K.I., 2025. Factors Affecting Integration of an Early Warning System for Antimalarial Drug Resistance Within a Routine Surveillance System in a Pre-Elimination Setting in Sub-Saharan Africa. PLoS One.
- Keleta, Y., Ramelow, J., Cui, L., Li, J., 2021. Molecular Interactions Between Parasite and Mosquito During Midgut Invasion as Targets to Block Malaria Transmission. NPJ Vaccines.
- Kodjo Amengor, C.D., Biniyam, P.D., Brobbey, A.A., Kekessie, F.K., Zoiku, F.K., Hamidu, S., Gyan, P., Abudey, B.M., 2024. N-Substituted Phenylhydrazones Kill the Ring Stage of Plasmodium Falciparum. Biomed Res. Int.
- Kumar, R., Verma, A., Shrivastava, S., Thota, P., Singh, N., Rajasubramaniam, S., Das, A., Bharti, P.K., 2020. First Successful Field Evaluation of New, One-Minute Haemozoin-Based Malaria Diagnostic Device. Eclinicalmedicine.

- Kumar, S., Mina, P.R., Kumar, R., Pal, A., Ahmad, A., Tandon, S., Darokar, M.P., 2021. 4-Chlorothymol Exerts Antiplasmodial Activity Impeding Redox Defense System in *Plasmodium Falciparum*. *Front. Pharmacol.*
- L'Episcopia, M., Kelley, J., Patel, D., Schmedes, S.E., Ravishankar, S., Menegon, M., Perrotti, E., Nurahmed, A.M., Talha, A.A., M. Nour, B.Y., Lucchi, N.W., Severini, C., Talundzic, E., 2020. Targeted Deep Amplicon Sequencing of Kelch 13 and Cytochrome B in *Plasmodium Falciparum* Isolates From an Endemic African Country Using the Malaria Resistance Surveillance (MaRS) Protocol. *Parasites & Vectors*.
- Li, X., Zhong, J., Li, H., Qiao, Y., Mao, X., Fan, H., Zhong, Y., İmani, S., Zheng, S., Li, J., 2023. Advances in the Application of CRISPR-Cas Technology in Rapid Detection of Pathogen Nucleic Acid. *Front. Mol. Biosci.*
- Long, B. Van, Allen, G., Brauny, M., Kieu Linh, L.T., Pallerla, S.R., Thu Huyen, T.T., Tong, H.V., Toàn, N.L., Đỗ, Q., Sơn, H.A., Velavan, T.P., 2020. Molecular Surveillance and Temporal Monitoring of Malaria Parasites in Focal Vietnamese Provinces. *Malar. J.*
- Madamet, M., Amalvict, R., Benoît, N., Pradines, B., 2022. Assessment of a Commercial Real-Time PCR Assay (Vitassay qPCR Malaria 5 Test) to Detect Human Malaria Infection in Travelers Returning to France. *Diagnostics*.
- McCaffery, J.N., Singh, B., Nace, D., Moreno, A., Udhayakumar, V., Rogier, E., 2021. Natural Infections With Different *Plasmodium* Species Induce Antibodies Reactive to a Chimeric *Plasmodium Vivax* Recombinant Protein. *Malar. J.*
- Mirahmadi, H., Pour, N.K., Yazdiani, A., Mehravaran, A., Basseri, H.R., Mohammadi, L., Alijani, E., 2021. Investigation of LAMP Technique in Diagnosis Type of *Plasmodium* Species in *Anopheles* Mosquitoes :A Fast and Practical Technique to Detect Malaria Pathogens in the Field. *Ethiop. J. Health Sci.*

- Monteiro, E.F., Fernández-Becerra, C., Curado, I., Wunderlich, G., Hiyane, M.I., Kirchgatter, K., 2021. Antibody Profile Comparison Against MSP1 Antigens of Multiple *Plasmodium* Species in Human Serum Samples From Two Different Brazilian Populations Using a Multiplex Serological Assay. *Pathogens*.
- Moser, K.A., Madebe, R.A., Aydemir, Ö., Chiduo, M.G., Mandara, C.I., Rumisha, S.F., Chaky, F., Denton, M., Marsh, P.W., Verity, R., Watson, O.J., Ngasala, B., Mkude, S., Molteni, F., Njau, R., Warsame, M., Mandike, R., Kabanywany, A.M., Mahende, M.K., Kamugisha, E., Ahmed, M., Kavishe, R.A., Greer, G., Kitojo, C., Reaves, E.J., Mlunde, L.B., Bishanga, D.R., Mohamed, A., Juliano, J.J., Ishengoma, D.S., Bailey, J.A., 2020. Describing the Current Status of *Plasmodium Falciparum* Population Structure and Drug Resistance Within Mainland Tanzania Using Molecular Inversion Probes. *Mol. Ecol.*
- Müller, I., Vantaux, A., Karl, S., Laman, M., Witkowski, B., Pepey, A., Vinit, R., White, M., Barry, A.E., Beeson, J.G., Robinson, L.J., 2022. Asia-Pacific ICEMR: Understanding Malaria Transmission to Accelerate Malaria Elimination in the Asia Pacific Region. *Am. J. Trop. Med. Hyg.*
- Muhammad, I.U., Imam, A.A., Khadijah, S., 2023. *Plasmodium Falciparum* Multidrug Resistance-1 (Pfmdr1) Gene Mutation in Adults Malaria Patients Attending Murtala Muhammad Specialist Hospital Kano, Northwest Nigeria. *J. Biochem. Microbiol. Biotechnol.*
- Neafsey, D.E., Taylor, A.R., MacInnis, B., 2021. Advances and Opportunities in Malaria Population Genomics. *Nat. Rev. Genet.*
- Niyibizi, J.B., Gatera, E.K., 2020. Diagnostic Performance Between Histidine-Rich Protein 2 (HRP-2), a Rapid Malaria Diagnostic Test and Microscopic-Based Staining Techniques for Diagnosis of Malaria. *J. Trop. Med.*

- Nurwidayati, A., Purwanto, H., Garjito, T.A., Upiek Astuti, R.R., 2024. The Biodiversity of *Anopheles* and Malaria Vector Control in Indonesia: A Review. Bio Web Conf.
- Omedo, I., Bartilol, B., Kimani, D., Gonçalves, S., Drury, E., Rono, M.K., Abdi, A.I., Almagro-Garcia, J., Amato, R., Pearson, R.D., Ochola-Oyier, L.I., Kwiatkowski, D., Bejon, P., 2022. Spatio-Temporal Distribution of Antimalarial Drug Resistant Gene Mutations in a *Plasmodium Falciparum* Parasite Population From Kilifi, Kenya: A 25-Year Retrospective Study. Wellcome Open Res.
- Opi, D.H., Ndila, C., Uyoga, S., Macharia, A., Fennell, C., Nyutu, G., Ojal, J., Mohammed, S., Awuondo, K.O., Mturi, N., Peshu, N., Tsofa, B., Band, G., Maitland, K., Kwiatkowski, D., Rockett, K.A., Williams, T.N., Rowe, J.A., 2022. Non-*O* ABO Blood Group Genotypes Differ in Their Associations With *Plasmodium Falciparum* Rosetting and Severe Malaria.
- Osei, S.A., Biney, R.P., Anning, A.S., Nortey, L.N., Ghartey-Kwansah, G., 2022. Low Incidence of COVID-19 Case Severity and Mortality in Africa; Could Malaria Co-Infection Provide the Missing Link? BMC Infect. Dis.
- Pacheco, M.A., Forero-Peña, D.A., Schneider, K.A., Chavero, M., Gamardo, Á.F., Figuera, L., Kadakia, E.R., Grillet, M.E., Oliveira-Ferreira, J., Escalante, A.A., 2020. Malaria in Venezuela: Changes in the Complexity of Infection Reflects the Increment in Transmission Intensity. Malar. J.
- Park, S.H., Jegal, S., Ahn, S.K., Jung, H., Lee, J., Na, B., Hong, S., Bahk, Y.Y., Kim, T., 2020. Diagnostic Performance of Three Rapid Diagnostic Test Kits for Malaria Parasite *Plasmodium Falciparum*. Korean J. Parasitol.
- Pasquier, G., Azoury, V., Sasso, M., Laroche, L., Varlet-Marie, E., Houzé, S., Lachaud, L., Bastien, P., Sterkers, Y., Lévêque, M.F., 2020. Rapid Diagnostic Tests Failing to Detect Infections

- by *Plasmodium Falciparum* Encoding Pfhrp2 and Pfhrp3 Genes in a Non-Endemic Setting. *Malar. J.*
- Phillips, M.A., Burrows, J.N., Manyando, C., Van Huijsduijnen, R.H., Van Voorhis, W.C., Wells, T.N.C., 2017. Malaria. *Nat. Rev. Dis. Prim.* 3.
- Pierre-Louis, E., Kelley, J., Patel, D., Carlson, C.M., Talundzic, E., Jacobson, D., Barratt, J., 2024. Geo-Classification of Drug-Resistant Travel-Associated *Plasmodium Falciparum* Using Pfs47 And Pfcpgmp Gene Sequences (USA, 2018–2021). *Antimicrob. Agents Chemother.*
- Plenderleith, L.J., Liu, W., Li, Y., Loy, D.E., Mollison, E., Connell, A., Ayoub, A., Esteban, A., Peeters, M., Sanz, C., Morgan, D., Wolfe, N., Ulrich, M., Sachse, A., Calvignac-Spencer, S., Leendertz, F.H., Shaw, G.M., Hahn, B.H., Sharp, P.M., 2022. Zoonotic Origin of the Human Malaria Parasite *Plasmodium Malariae* From African Apes. *Nat. Commun.*
- Pongsoipetch, K., Walshe, R., Mukem, S., Kamsri, T., Singkham, N., Sudathip, P., Kitchakarn, S., Maude, R.R., Maude, R.J., 2024. Mapping Malaria Transmission Foci in Northeast Thailand From 2011-2021: Approaching Elimination in a Hypoendemic Area.
- Prah, J.K., Amoah, S.K., Yartey, A.N., Ampofo-Asiama, A., Ameyaw, E.O., 2021. Assessment of Malaria Diagnostic Methods and Treatments at a Ghanaian Health Facility. *Pan Afr. Med. J.*
- Priowidodo, D., Wardhana, A.H., Sawitri, D.H., Prastowo, J., Nurcahyo, W., Awaludin, A., Nugraheni, Y.R., 2024. Detection of *Plasmodium* in Small Ruminants in Yogyakarta, Indonesia, Using a Nested PCR Assay. *Biodiversitas J. Biol. Divers.*

- Punnath, K., Dayanand, K.K., Midya, V., Chandrashekar, V.N., Achur, R.N., Kakkilaya, S.B., Ghosh, S.K., Kumari, N.S., Gowda, D.C., 2020. Acquired Antibody Responses Against Merozoite Surface Protein-119 Antigen During Plasmodium Falciparum and P.vivax Infections in South Indian City of Mangaluru. *J. Parasit. Dis.*
- Putri Lempang, M.E., Permana, D.H., Setia Asih, P.B., Wangsamuda, S., Dewayanti, F.K., Rozi, I.E., Syahrani, L., Setiadi, W., Malaka, R., Muslimin, L., Syafruddin, D., 2023. Diversity of Anopheles Species and Zoonotic Malaria Vector of the Buton Utara Wildlife Sanctuary, Southeast Sulawesi, Indonesia. *Malar. J.*
- Reyes, R.A., Fornace, K., M. Macalinao, M.L., Boncayao, B.L., De Fuente, E.S., Sabanal, H.M., N. Bareng, A.P., P. Medado, I.A., Mercado, E.S., Luchavez, J., R. Hafalla, J.C., Drakeley, C., Espino, F.E., 2020. Enhanced Health Facility Surveys to Support Malaria Control and Elimination Across Different Transmission Settings in the Philippines.
- Salla, L.C., Rodrigues, P.T., Corder, R.M., Johansen, I.C., Ladeia-Andrade, S., Ferreira, M.U., 2020. Molecular Evidence of Sustained Urban Malaria Transmission in Amazonian Brazil, 2014–2015. *Epidemiol. Infect.*
- Shafik, S.H., Richards, S.N., Corry, B., Martin, R.E., 2022. Mechanistic Basis for Multidrug Resistance and Collateral Drug Sensitivity Conferred to the Malaria Parasite by Polymorphisms in PfMDR1 and PfCRT. *Plos Biol.*
- Sy, M., Badiane, A.S., Dème, A.B., Gaye, A., Ndiaye, T., Fall, F., Siddle, K.J., Dièye, B., Ndiaye, Y.D., Diallo, M.A., Diongue, K., Seck, M.C., Ndiaye, I., Cissé, M., Guèye, A.B., Sène, D., Dieye, Y., Souané, T., MacInnis, B., Volkman, S.K., Wirth, D.F., Ndiaye, D., 2021. Genomic Investigation of Atypical Malaria Cases in Kanel, Northern Senegal. *Malar. J.*

- Sy, M., Dème, A.B., Warren, J.L., Daniels, R.F., Dièye, B., Ndiaye, I., Diedhiou, Y., Mbaye, A.M., Volkman, S.K., Hartl, D.L., Wirth, D.F., Ndiaye, D., Bei, A.K., 2020. *Plasmodium Falciparum* Genomic Surveillance Reveals Spatial and Temporal Trends, Association of Genetic and Physical Distance, and Household Clustering.
- Tegegne, B., Ejigu, K., Alemu, G., Fetene, Y., Endaylalu, K., Melese, M., 2020. Performance of Malaria Microscopy External Quality Assessment and Networking Among Health Facilities in West Amhara Region, Ethiopia.
- Timinao, L., Vinit, R., Katusele, M., Koleala, T., Nate, E., Czeher, C., Schofield, L., Felger, I., Müller, I., Laman, M., Robinson, L.J., Karl, S., 2020. Infectivity of Symptomatic Malaria Patients to *Anopheles Farauti* Colony Mosquitoes in Papua New Guinea.
- Tola, M., Ajibola, O., Idowu, E.T., Omidiji, O., Awolola, S.T., Amambua-Ngwa, A., 2020. Molecular Detection of Drug Resistant Polymorphisms in *Plasmodium Falciparum* Isolates From Southwest, Nigeria. BMC Res. Notes.
- Trang Nguyen, H.T., Romano, F., Wampfler, R., Mühlethaler, K., Tannich, E., Oberli, A., 2020. Case Report: Diagnostic Challenges in the Detection of a Mixed *Plasmodium Vivax*/*Ovale* Infection in a Non-Endemic Setting. Am. J. Trop. Med. Hyg.
- Traoré, K., S. Diakité, S.A., Bah, S., Konaté, D., Dabita, D., Sanogo, I., Sangaré, M., Dama, S., Keïta, B., Doumbouya, M., Guindo, M.A., Doumbia, S., Diakité, M., 2020. Ex-Vivo Sensitivity of *Plasmodium Falciparum* to Common Anti-Malarial Drugs: The Case of Kénieroba, a Malaria Endemic Village in Mali. Drugs.
- Turki, H., Shekari, M., Soltani, A., 2021. A Comprehensive Survey of Asymptomatic Malaria Cases in an Endemic Focus in Iran: A Successful Experience on the Road to Eliminate Malaria. Arch. Clin. Infect. Dis.

- van Niekerk, D.D., Toit, F. du, Green, K., Palm, D., Snoep, J.L., 2023. A Detailed Kinetic Model of Glycolysis in Plasmodium Falciparum-Infected Red Blood Cells for Antimalarial Drug Target Identification. *J. Biol. Chem.*
- Villena, F.E., Sánchez, J.F., Nolasco, O., Braga, G., Ricopa, L., Barazorda, K., Salas, C.J., Lucas, C., Lizewski, S.E., Joya, C.A., Gamboa, D., Delgado-Ratto, C., Valdivia, H.O., 2022. Drug Resistance and Population Structure of Plasmodium Falciparum and Plasmodium Vivax in the Peruvian Amazon. *Sci. Rep.*
- Wang, X., Zhang, X., Chen, H., Zhang, J., Lu, Q., Ruan, W., Feng, L., 2022. Molecular Epidemiology of Drug Resistance Genes in Plasmodium Falciparum Isolates Imported From Nigeria Between 2016 and 2020: Continued Emergence of Fully Resistant *Pf*dhfr - *Pf*dhps Alleles. *Microbiol. Spectr.*
- Yoon, J.H., Jang, W.S., Nam, J., Mihn, D.-C., Lim, C.S., 2021. An Automated Microscopic Malaria Parasite Detection System Using Digital Image Analysis. *Diagnostics.*
- Zhang, L., Chen, F., Zeng, Z., Xu, M., Sun, F., Liu, Y., Bi, X., Lin, Y., Gao, Y., Hao, H., Yi, W., Li, M., Xie, Y., 2021. Advances in Metagenomics and Its Application in Environmental Microorganisms. *Front. Microbiol.*
- Zhang, T., Jiang, J., Lyu, X., Xu, X., Wang, S., Liu, Z., Yin, J., Li, W., 2022. Surveillance and Response to Imported Malaria During the COVID-19 Epidemic – Anhui Province, China, 2019–2021. *China CDC Wkly.*
- Zhou, G., Githure, J.I., Lee, M., Zhong, D., Wang, X., Atieli, H., Githeko, A.K., Kazura, J.W., Yan, G., 2024. Malaria Transmission Heterogeneity in Different Eco-Epidemiological Areas of Western Kenya: A Region-Wide Observational and Risk Classification Study for Adaptive Intervention Planning. *Malar. J.*

BAB 11

ARHTROPODA AGENT PENYAKIT

Dr. Hasmiwati, M.Kes.

A. Pendahuluan

Arthropoda adalah binatang yang memiliki kaki beruas, berbuku atau bersegmen. Hewan tersebut memiliki ciri utama tubuhnya terbagi dua belahan yang sama bentuk & ukuran (bilateral simetris) dengan anggota tubuhnya hampir selalu terdapat berpasangan. Secara umum hewan tersebut bersifat parasit, heterotropik (memanfaatkan bahan organik untuk disintesis menjadi sebagai sumber pakan) dan hidup bebas dan dapat menyebabkan berbagai penyakit. Arthropoda bisa menyebabkan infestasi klinis. Dari berbagai jenis Arthropoda yang menyebabkan penyakit pada manusia dan hewan seperti scabies yang di sebabkan oleh tungau *Sarcoptes scabiei*, *Ixodes ricinus* penular *Borrelia burgdorferi* Penyebab penyakit oleh berbagai spesies latat yang menyebabkan myasis. Berbagai penyakit yang di sebabkan Arthropoda ini di uraikan seperti berikut:

B. *Ixodes ricinus* Penular Penyakit Lime

Penyakit Lyme (LD) disebabkan oleh *Borrelia burgdorferi*, yang ditularkan oleh kutu dari spesies *Ixodes ricinus* yang terinfeksi. LD terjadi secara endemik di Eropa, Amerika dan wilayah utara Asia. Di Polandia, LD adalah penyakit yang paling sering ditularkan melalui kutu, yang menyebabkan masalah epidemiologi yang serius. Bahaya kesehatan utama LD terjadi di daerah berhutan di Podlasie, provinsi Maritim, distrik danau

DAFTAR PUSTAKA

- Anderson, K. L., & Strowd, L. C. (2017). Epidemiology, Diagnosis, and Treatment of Scabies in a Dermatology Office. *Journal of the American Board of Family Medicine : JABFM*, 30(1), 78–84. <https://doi.org/10.3122/jabfm.2017.01.160190>
- Appelt, S., Faber, M., Köppen, K., Jacob, D., Grunow, R., & Heuner, K. (2020). *Francisella tularensis* Subspecies *holarctica* and Tularemia in Germany. *Microorganisms*, 8(9), 1448. <https://doi.org/10.3390/microorganisms8091448>
- Bakos, R. M. (2007). Dermoscopic Diagnosis of Furuncular Myiasis. *Archives of Dermatology*, 143(1), 115. <https://doi.org/10.1001/archderm.143.1.123>
- Bishop, A., Wang, H.-H., Donaldson, T. G., Brockinton, E. E., Kothapalli, E., Clark, S., Vishwanath, T., Canales, T., Sreekumar, K., Grant, W. E., & Teel, P. D. (2023). Tularemia cases increase in the USA from 2011 through 2019. *Current Research in Parasitology & Vector-Borne Diseases*, 3, 100116. <https://doi.org/10.1016/j.crpvbd.2023.100116>
- Canadian Public Health Laboratory Network. (2007). The laboratory diagnosis of Lyme borreliosis: Guidelines from the Canadian Public Health Laboratory Network. *The Canadian Journal of Infectious Diseases & Medical Microbiology = Journal Canadien Des Maladies Infectieuses et de La Microbiologie Medicale*, 18(2), 145–148. <https://doi.org/10.1155/2007/495108>
- Carvalho, C. L., Lopes de Carvalho, I., Zé-Zé, L., Nuncio, M. S., & Duarte, E. L. (2014). Tularaemia: a challenging zoonosis. *Comparative Immunology, Microbiology and Infectious Diseases*, 37(2), 85–96. <https://doi.org/10.1016/j.cimid.2014.01.002>
- Cassell, J. A., Middleton, J., Nalabanda, A., Lanza, S., Head, M. G., Bostock, J., Hewitt, K., Jones, C. I., Darley, C., Karir, S., & Walker, S. L. (2018). Scabies outbreaks in ten care homes for elderly people: a prospective study of clinical features, epidemiology, and treatment outcomes. *The Lancet. Infectious*

Diseases, 18(8), 894–902. [https://doi.org/10.1016/S1473-3099\(18\)30347-5](https://doi.org/10.1016/S1473-3099(18)30347-5)

Chosidow, O. (2006). Clinical practices. Scabies. *The New England Journal of Medicine*, 354(16), 1718–1727. <https://doi.org/10.1056/NEJMcp052784>

Diaz, J. (2009). Myiasis and tungiasis. In Mandell GL, Bennett JE, and Dolin R (Ed), *Mandell, Douglas, and Bennett's Principles and Practice of Infectious Diseases*, Vol 2. Churchill, Livingstone, Elsevier, Philadelphia, PA.

Droma, E. B., Wilamowski, A., Schnur, H., Yarom, N., Scheuer, E., & Schwartz, E. (2007). Oral myiasis: a case report and literature review. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontics*, 103(1), 92–96. <https://doi.org/10.1016/j.tripleo.2005.10.075>

Dybowska, D. (2006). [Borreliosis--increasing clinical problem]. *Wiadomosci Lekarskie (Warsaw, Poland : 1960)*, 59(1–2), 23–26. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/16646287>

Ellis, J. A., Sinclair, R., & Harrap, S. B. (2002). Androgenetic alopecia: pathogenesis and potential for therapy. *Expert Reviews in Molecular Medicine*, 4(22), 1–11. <https://doi.org/10.1017/S1462399402005112>

Foley, J. E., & Nieto, N. C. (2010). Tularemia. *Veterinary Microbiology*, 140(3–4), 332–338. <https://doi.org/10.1016/j.vetmic.2009.07.017>

Fooladfar, Z., & Moradi, F. (2023). Francisella and tularemia in western Asia, Iran: a systematic review. *New Microbes and New Infections*, 52, 101092. <https://doi.org/10.1016/j.nmni.2023.101092>

Francesconi, F., & Lupi, O. (2012). Myiasis. *Clinical Microbiology Reviews*, 25(1), 79–105. <https://doi.org/10.1128/CMR.00010-11>

- François, P., Martin, G., Goullier, A., Plasse, M., & Beaudoin, A. (1987). [Neuromeningeal hypodermomyiasis complicated by hydrocephaly. Value of nuclear magnetic resonance imaging]. *Presse Medicale (Paris, France : 1983)*, 16(25), 1231–1233. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/2955374>
- Gopinath, H., & Karthikeyan, K. (2020). Genital scabies: Haven of an unwelcome guest. *Indian Journal of Sexually Transmitted Diseases and AIDS*, 41(1), 10–16. https://doi.org/10.4103/ijstd.IJSTD_69_17
- Johansson, A., Lärkeryd, A., Widerström, M., Mörtberg, S., Myrtännäs, K., Öhrman, C., Birdsell, D., Keim, P., Wagner, D. M., Forsman, M., & Larsson, P. (2014). An Outbreak of Respiratory Tularemia Caused by Diverse Clones of *Francisella tularensis*. *Clinical Infectious Diseases*, 59(11), 1546–1553. <https://doi.org/10.1093/cid/ciu621>
- Kajfasz, P. (2006). Lyme Borreliosis. *Pol Przegl Med Lot*, 12(4), 379–384.
- Kandi, V. (2017). Laboratory Diagnosis of Scabies Using a Simple Saline Mount: A Clinical Microbiologist's Report. *Cureus*, 9(3), e1102. <https://doi.org/10.7759/cureus.1102>
- Kelson, M., Burnett, J., Girgis, S., & Bakr, M. (2022). Tularemia: The Resurgence of a Diagnostic Challenge and Clinical Dilemma in the United States. *Cureus*. <https://doi.org/10.7759/cureus.27363>
- Ma, Z., Higgs, M., Alqahtani, M., Bakshi, C. S., & Malik, M. (2022). ThioredoxinA1 Controls the Oxidative Stress Response of *Francisella tularensis* Live Vaccine Strain (LVS). *Journal of Bacteriology*, 204(5). <https://doi.org/10.1128/jb.00082-22>
- Masoodi, M., & Hosseini, K. (2003). The respiratory and allergic manifestations of human myiasis caused by larvae of the sheep bot fly (*Oestrus ovis*): a report of 33 pharyngeal cases from southern Iran. *Annals of Tropical Medicine and*

- Parasitology*, 97(1), 75–81.
<https://doi.org/10.1179/136485913X13789813917706>
- Maurin, M. (2020). *Francisella tularensis*, Tularemia and Serological Diagnosis. *Frontiers in Cellular and Infection Microbiology*, 10.
<https://doi.org/10.3389/fcimb.2020.512090>
- McGraw, T. A., & Turiansky, G. W. (2008). Cutaneous myiasis. *Journal of the American Academy of Dermatology*, 58(6), 907–926; quiz 927–929. <https://doi.org/10.1016/j.jaad.2008.03.014>
- Micali, G., Lacarrubba, F., Verzì, A. E., Chosidow, O., & Schwartz, R. A. (2016). Scabies: Advances in Noninvasive Diagnosis. *PLoS Neglected Tropical Diseases*, 10(6), e0004691.
<https://doi.org/10.1371/journal.pntd.0004691>
- Mounsey, K. E., Murray, H. C., King, M., & Oprescu, F. (2016). Retrospective analysis of institutional scabies outbreaks from 1984 to 2013: lessons learned and moving forward. *Epidemiology and Infection*, 144(11), 2462–2471.
<https://doi.org/10.1017/S0950268816000443>
- Olin, G. (1942). THE OCCURRENCE AND MODE OF TRANSMISSION OF TULAREMIA IN SWEDEN. *Acta Pathologica Microbiologica Scandinavica*, 19(2), 220–247.
<https://doi.org/10.1111/j.1699-0463.1942.tb03345.x>
- Owecki, M. K., & Kozubski, W. (2007). [Clinical spectrum of neuroborreliosis]. *Wiadomosci Lekarskie (Warsaw, Poland: 1960)*, 60(3–4), 167–170.
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/17726871>
- Ozkaya-Parlakay, A., & Polat, M. (2021). Tularemia in Children. *The Pediatric Infectious Disease Journal*, 40(4), e170.
<https://doi.org/10.1097/INF.0000000000003025>
- Panadero, R., López, C., Díez, N., Paz, A., Díez, P., & Morrondo, P. (2000). Influence of Internal and Environmental Factors on the Distribution and Occurrence of Hypoderma (Diptera: Oestridae) in Cattle in Galicia (Northwest of Spain) : Table 1.

- Journal of Medical Entomology*, 37(1), 27–28.
<https://doi.org/10.1603/0022-2585-37.1.27>
- Passos, M. R. L., Varella, R. Q., Tavares, R. R., Barreto, N. A., Santos, C. C. C., Pinheiro, V. M. S., Bravo, R. S., & Morelhi, M. H. L. (2002). Vulvar myiasis during pregnancy. *Infectious Diseases in Obstetrics and Gynecology*, 10(3), 153–158.
<https://doi.org/10.1155/S1064744902000157>
- Periasamy, S., & Harton, J. A. (2018). Interleukin 1 α (IL-1 α) Promotes Pathogenic Immature Myeloid Cells and IL-1 β Favors Protective Mature Myeloid Cells During Acute Lung Infection. *The Journal of Infectious Diseases*, 217(9), 1481–1490.
<https://doi.org/10.1093/infdis/jiy049>
- Petersen, J. M., Mead, P. S., & Schriefer, M. E. (2009). *Francisella tularensis*: an arthropod-borne pathogen. *Veterinary Research*, 40(2), 7. <https://doi.org/10.1051/vetres:2008045>
- Philip, J., Matthews, R., & Scipio, J. E. (2007). Larvae in the mouth. *British Dental Journal*, 203(4), 174–175.
<https://doi.org/10.1038/bdj.2007.744>
- Ramalingam, S., Nurulhuda, A., & Bee, L. H. (1980). Urogenital myiasis caused by *Chrysomya bezziana* (Diptera: Calliphoridae) in peninsular Malaysia. *The Southeast Asian Journal of Tropical Medicine and Public Health*, 11(3), 405–407.
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/7444582>
- Royce, L. A., Rossignol, P. A., Kubitz, M. L., & Burton, F. R. (1999). Recovery of a second instar *Gasterophilus* larva in a human infant: a case report. *The American Journal of Tropical Medicine and Hygiene*, 60(3), 403–404.
<https://doi.org/10.4269/ajtmh.1999.60.403>
- Schechter, E., Lazar, J., Nix, M. E., Mallon, W. K., & Moore, C. L. (2011). Identification of subcutaneous myiasis using bedside emergency physician performed ultrasound. *The Journal of Emergency Medicine*, 40(1), e1–3.
<https://doi.org/10.1016/j.jemermed.2007.11.095>

- Scholten, T., & Chrom, V. H. (1979). Myiasis due to *Cuterebra* in humans. *Canadian Medical Association Journal*, 120(11), 1392–1393. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/455186>
- Sehgal, R., Bhatti, H. P. S., Bhasin, D. K., Sood, A. K., Nada, R., Malla, N., & Singh, K. (2002). Intestinal myiasis due to *Musca domestica*: a report of two cases. *Japanese Journal of Infectious Diseases*, 55(6), 191–193. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/12606827>
- Snowden, J., & Simonsen, K. A. (2025). Tularemia. In *StatPearls*. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/30656604>
- Stamm, L. V., & Strowd, L. C. (2017). Ignoring the “Itch”: The Global Health Problem of Scabies. *The American Journal of Tropical Medicine and Hygiene*, 97(6), 1647–1649. <https://doi.org/10.4269/ajtmh.17-0242>
- Stanek, G., Wormser, G. P., Gray, J., & Strle, F. (2012). Lyme borreliosis. *Lancet (London, England)*, 379(9814), 461–473. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(11\)60103-7](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(11)60103-7)
- Sunderkötter, C., Wohlrab, J., & Hamm, H. (2021). Epidemiologie, Diagnostik und Therapie der Skabies. *Deutsches Arzteblatt International*, 118(41), 695–704. <https://doi.org/10.3238/arztebl.m2021.0296>
- Swe, P. M., Christian, L. D., Lu, H. C., Sriprakash, K. S., & Fischer, K. (2017). Complement inhibition by *Sarcoptes scabiei* protects *Streptococcus pyogenes* - An in vitro study to unravel the molecular mechanisms behind the poorly understood predilection of *S. pyogenes* to infect mite-induced skin lesions. *PLoS Neglected Tropical Diseases*, 11(3), e0005437. <https://doi.org/10.1371/journal.pntd.0005437>
- Tsang, W. S. S., Orl, F., & Orl, F. (2009). Nasal myiasis: The role of endoscopy WHY PAY RETAIL ? We have an extensive inventory of ZEISS and LEICA Systems. December, 1250–1251.
- Tuchocka, A. (2002). Arthritis in the course of Lyme disease. *Nowa Klin*, 9(11/12), 1222–1227.

- Varani, S., Tassinari, D., Elleri, D., Forti, S., Bernardi, F., Lima, M., Tursini, S., Sambri, V., & Otranto, D. (2007). A case of furuncular myiasis associated with systemic inflammation. *Parasitology International*, 56(4), 330–333. <https://doi.org/10.1016/j.parint.2007.06.002>
- Wagner, D. M., Birdsell, D. N., McDonough, R. F., Nottingham, R., Kocos, K., Celona, K., Özsürekci, Y., Öhrman, C., Karlsson, L., Myrtenäs, K., Sjödin, A., Johansson, A., Keim, P. S., Forsman, M., & Sahl, J. W. (2022). Genomic characterization of *Francisella tularensis* and other diverse *Francisella* species from complex samples. *PLOS ONE*, 17(10), e0273273. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0273273>
- Wang, G., van Dam, A. P., Schwartz, I., & Dankert, J. (1999). Molecular typing of *Borrelia burgdorferi* sensu lato: taxonomic, epidemiological, and clinical implications. *Clinical Microbiology Reviews*, 12(4), 633–653. <https://doi.org/10.1128/CMR.12.4.633>
- Wanyura, H., Wagner, T., & Kowalska, K. (2006). Borreliosis – Lyme disease. *Czas Stomatol*, 59(9).
- Wawszczak, M., Banaszczak, B., & Rastawicki, W. (2022). Tularaemia – a diagnostic challenge. *Annals of Agricultural and Environmental Medicine*, 29(1), 12–21. <https://doi.org/10.26444/aaem/139242>
- Wójcik-Fatla, A., Szymańska, J., Wdowiak, L., Buczek, A., & Dutkiewicz, J. (2009). Coincidence of three pathogens (*Borrelia burgdorferi* sensu lato, *Anaplasma phagocytophilum* and *Babesia microti*) in *Ixodes ricinus* ticks in the Lublin macroregion. *Annals of Agricultural and Environmental Medicine: AAEM*, 16(1), 151–158. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/19630205>
- World Health Organization. (2007). WHO guidelines on tularaemia. Geneva, Switzerland: World Health Organization.

- Wormser, G. P., Dattwyler, R. J., Shapiro, E. D., Halperin, J. J., Steere, A. C., Klemperner, M. S., Krause, P. J., Bakken, J. S., Strle, F., Stanek, G., Bockenstedt, L., Fish, D., Dumler, J. S., & Nadelman, R. B. (2006). The clinical assessment, treatment, and prevention of lyme disease, human granulocytic anaplasmosis, and babesiosis: clinical practice guidelines by the Infectious Diseases Society of America. *Clinical Infectious Diseases : An Official Publication of the Infectious Diseases Society of America*, 43(9), 1089-1134. <https://doi.org/10.1086/508667>
- Yeni, D. K., Büyük, F., Ashraf, A., & Shah, M. S. ud D. (2021). Tularemia: a re-emerging tick-borne infectious disease. *Folia Microbiologica*, 66(1), 1-14. <https://doi.org/10.1007/s12223-020-00827-z>
- Yeung, J. C. C., Chung, C. F., & Lai, J. S. M. (2010). Orbital myiasis complicating squamous cell carcinoma of eyelid. *Hong Kong Medical Journal = Xianggang Yi Xue Za Zhi*, 16(1), 63-65. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/20124577>
- Yuca, K., Caksen, H., Sakin, Y. F., Yuca, S. A., Kiriş, M., Yilmaz, H., & Cankaya, H. (2005). Aural myiasis in children and literature review. *The Tohoku Journal of Experimental Medicine*, 206(2), 125-130. <https://doi.org/10.1620/tjem.206.125>
- Zajkowska, J. M., & Hermanowska-Szpakowicz, T. (2002). [New aspects of the pathogenesis of lyme disease]. *Przegląd Epidemiologiczny*, 56 Suppl 1, 57-67. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/12194230>

BAB 12

MIKROMOLEKULER AMOEBIASIS

dr. Munauwarus Sarirah, M.Biomed.

A. Pendahuluan

Amoebiasis adalah suatu penyakit infeksi parasit yang disebabkan protozoa *Entamoeba histolytica*. Amoebiasis masih menjadi masalah kesehatan global yang penting terutama di negara-negara berkembang dengan sanitasi yang tidak memadai dan akses ke air bersih yang terbatas. Infeksi ini diperkirakan menginfeksi 50 juta orang di dunia setiap tahun dan menyebabkan lebih dari 100.000 kematian akibat komplikasi seperti abses hati dan perforasi kolon.(Fu *et al.*, 2023)

Amoebiasis ditularkan melalui kontaminasi makanan atau air oleh kista parasit. Di ileum, kista bereksistasi dan mengeluarkan trofozoit. Selanjutnya trofozoit bermigrasi ke kolon dan berkembangbiak dengan pembelahan biner, sebagian lainnya mengalami enkistasi menjadi bentuk kista dan keluar bersama feses. Kista ini bersifat infeksius dan tahan di lingkungan luar selama beberapa minggu. Sekitar 90% infeksi bersifat asimtomatik, hanya 10-20% yang menunjukkan invasi mukosa usus dan menyebar ke hati, paru, atau jaringan lain melalui aliran darah. Trofozoit yang bersifat invasif menembus mukosa usus, merusak penghalang epitel (*epithel barrier*), dan memicu respon inflamasi sehingga terjadi peningkatan produksi mukus dan kematian sel. Kondisi ini menyebabkan kolitis amebik (*amoebic colitis*). Trofozoit juga dapat keluar bersama feses yang cair, namun tidak bertahan hidup lama di luar tubuh.

DAFTAR PUSTAKA

- Alonaizan, R. (2024) 'Molecular regulation of NLRP3 inflammasome activation during parasitic infection.', *Bioscience reports*, 44(5). doi: 10.1042/BSR20231918.
- Babuta, M., Bhattacharya, S. and Bhattacharya, A. (2020) 'Entamoeba histolytica and pathogenesis: A calcium connection', *PLOS Pathogens*, 16(5), pp. 1-11. doi: 10.1371/journal.ppat.1008214.
- Begum, S. *et al.* (2015) 'Entamoeba histolytica Induces Pro-Inflammatory Mediator HMGB1 Release in Early Contact with Macrophage', *The FASEB Journal*. doi: 10.1096/fasebj.29.1_supplement.507.3.
- Begum, S., Quach, J. and Chadee, K. (2015) 'Immune Evasion Mechanisms of Entamoeba histolytica: Progression to Disease.', *Frontiers in microbiology*, 6, p. 1394. doi: 10.3389/fmicb.2015.01394.
- Calderaro, A. *et al.* (2015) 'MALDI-TOF Mass Spectrometry for the Detection and Differentiation of Entamoeba histolytica and Entamoeba dispar', *PLOS ONE*, 10(4), pp. 1-16. doi: 10.1371/journal.pone.0122448.
- Fu, X. *et al.* (2023) 'Global burden and trends of the Entamoeba infection-associated diseases from 1990 to 2019: An observational trend study', *Acta Tropica*, 240, p. 106866. doi: <https://doi.org/10.1016/j.actatropica.2023.106866>.
- Honecker, B. *et al.* (2025) 'Entamoeba histolytica extracellular vesicles drive pro-inflammatory monocyte signaling', *PLOS Neglected Tropical Diseases*, 19(4), pp. 1-31. doi: 10.1371/journal.pntd.0012997.
- Jasni, N. *et al.* (2022) 'Entamoeba histolytica: Membrane and Non-Membrane Protein Structure, Function, Immune Response Interaction, and Vaccine Development.', *Membranes*, 12(11). doi: 10.3390/membranes12111079.

- Kantor, M. *et al.* (2018) 'Entamoeba Histolytica: Updates in Clinical Manifestation, Pathogenesis, and Vaccine Development', *Canadian Journal of Gastroenterology and Hepatology*, 2018(1), p. 4601420. doi: <https://doi.org/10.1155/2018/4601420>.
- Manich, M. *et al.* (2018) 'Morphodynamics of the Actin-Rich Cytoskeleton in Entamoeba histolytica.', *Frontiers in cellular and infection microbiology*, 8, p. 179. doi: 10.3389/fcimb.2018.00179.
- Mathur, S. *et al.* (2024) 'Role of various virulence factors involved in the pathogenesis of Entamoeba histolytica.', *Experimental parasitology*, 266, p. 108841. doi: 10.1016/j.exppara.2024.108841.
- Que, X. and Reed, S. L. (1997) 'The role of extracellular cysteine proteinases in pathogenesis of Entamoeba histolytica invasion', *Parasitology Today*, 13(5), pp. 190-194. doi: [https://doi.org/10.1016/S0169-4758\(97\)01043-0](https://doi.org/10.1016/S0169-4758(97)01043-0).
- Rangel-Castañeda, I. A. *et al.* (2019) 'Curcumin Attenuates the Pathogenicity of Entamoeba histolytica by Regulating the Expression of Virulence Factors in an Ex-Vivo Model Infection', *Pathogens*, 8(3). doi: 10.3390/pathogens8030127.
- Sánchez, V. *et al.* (2016) 'Entamoeba histolytica: Overexpression of the gal/galnac lectin, ehcp2 and ehcp5 genes in an in vivo model of amebiasis.', *Parasitology international*, 65(6 Pt A), pp. 665-667. doi: 10.1016/j.parint.2016.08.009.
- Shahi, P., Moreau, F. and Chadee, K. (2018) 'Entamoeba histolytica Cyclooxygenase-Like Protein Regulates Cysteine Protease Expression and Virulence.', *Frontiers in cellular and infection microbiology*, 8, p. 447. doi: 10.3389/fcimb.2018.00447.
- Sharma, D., Kaur, U. and Sehgal, R. (2023) 'Updates in molecules associated with pathogenesis of amoebiasis: A mini review', *South Asian Journal of Health Sciences*, 1(1), pp. 12-26. doi: 10.25259/sajhs_11_2023.

- Tarfeen, N., Nisa, K. U. and Nisa, Q. (2022) 'MALDI-TOF MS: application in diagnosis, dereplication, biomolecule profiling and microbial ecology.', *Proceedings of the Indian National Science Academy. Part A, Physical Sciences*, pp. 277–291. doi: 10.1007/s43538-022-00085-2.
- Tawfiq, S. K., Qader, S. M. and Al-Azzawy, M. A. (2022) 'Molecular Identification of Entameba Histolytica and Entameba Dispar in Patients with Diarrhea', *Journal of Pharmaceutical Negative Results*, 13(4), pp. 276–280. doi: 10.47750/pnr.2022.13.04.033.
- Usuda, D. *et al.* (2022) 'Amebic liver abscess by Entamoeba histolytica.', *World journal of clinical cases*, 10(36), pp. 13157–13166. doi: 10.12998/wjcc.v10.i36.13157.
- Verma, K., Srivastava, V. K. and Datta, S. (2020) 'Rab GTPases take centre stage in understanding Entamoeba histolytica biology', *Small GTPases*, 11(5), pp. 320–333. doi: 10.1080/21541248.2018.1528840.
- Welter, B. H., Walters, H. A. and Temesvari, L. A. (2020) 'Reduced expression of a rhomboid protease, EhROM1, correlates with changes in the submembrane distribution and size of the Gal/GalNAc lectin subunits in the human protozoan parasite, Entamoeba histolytica.', *PloS one*, 15(3), p. e0219870. doi: 10.1371/journal.pone.0219870.
- Zanatta, D. *et al.* (2024) 'Entamoeba histolytica: EhADH, an Alix Protein, Participates in Several Virulence Events through Its Different Domains', *International Journal of Molecular Sciences*, 25(14). doi: 10.3390/ijms25147609.

BAB 13

MIKROMOLEKULER TOKSOPLASMOSIS

dr. Rahma Triyana. Y, M.Biomed.

A. Pendahuluan

Toksoplasmosis merupakan penyakit zoonotik yang disebabkan oleh protozoa intraseluler obligat *Toxoplasma gondii*. Parasit ini bersifat kosmopolitan dan mampu menginfeksi hampir seluruh spesies vertebrata, termasuk manusia, dengan estimasi prevalensi global sekitar 30%. Penularan terjadi terutama melalui konsumsi jaringan hewan terinfeksi yang mengandung kista, makanan atau air yang terkontaminasi ookista, serta transmisi vertikal dari ibu ke janin. Infeksi akut pada individu imunokompeten sering tidak menunjukkan gejala, tetapi dapat menyebabkan komplikasi berat pada pasien imunokompromais dan janin (Id, 2025).

Prevalensi toksoplasmosis di Indonesia pada ibu hamil dan populasi berisiko lainnya bahkan dapat mencapai 45%, tergantung pada status sosial ekonomi dan kondisi sanitasi lokal. Peningkatan insidens toksoplasmosis kongenital serta reaktivasi laten pada pasien HIV/AIDS atau pasien yang menjalani transplantasi organ menunjukkan perlunya pendekatan molekuler dalam memahami mekanisme patogenesis parasit ini. Pemahaman terhadap interaksi mikromolekuler antara *T. gondii* dan sel inang dapat menjadi dasar penting dalam pengembangan strategi terapi, vaksin, dan sistem diagnostik baru yang lebih sensitif dan spesifik. Infeksi kongenital dapat mengakibatkan kerusakan neurologis, kebutaan, dan retardasi mental (Montoya & Liesenfeld, 2014). Hal ini menunjukkan

DAFTAR PUSTAKA

- Fu, T., Wang, X., Zhao, X., Jiang, Y., Liu, X., Zhang, H., Ren, Y., Li, Z., & Hu, X. (2024). Single-cell transcriptomic analysis of decidual immune cell landscape in the occurrence of adverse pregnancy outcomes induced by *Toxoplasma gondii* infection. *Parasites and Vectors*, 17(1), 1–23. <https://doi.org/10.1186/s13071-024-06266-w>
- Hou, Z., Wang, L., Su, D., Cai, W., Zhu, Y., Liu, D., Huang, S., Xu, J., Pan, Z., & Tao, J. (2022). Global MicroRNAs Expression Profile Analysis Reveals Possible Regulatory Mechanisms of Brain Injury Induced by *Toxoplasma gondii* Infection. *Frontiers in Neuroscience*, 16(March), 1–18. <https://doi.org/10.3389/fnins.2022.827570>
- Id, H. A. L. (2025). *Toxoplasma gondii* in pork production : a stable to table approach HAL Id : tel-05100577 A Stable to Table Approach Filip Dámek.
- Khairullah, A. R., Kurniawan, S. C., Widodo, A., Effendi, M. H., Hasib, A., Silaen, O. S. M., Ramandinianto, S. C., Moses, I. B., Riwu, K. H. P., Yanestria, S. M., Samodra, M. E. E., & Afrani, D. A. (2024). A Comprehensive Review of Toxoplasmosis: Serious Threat to Human Health. *The Open Public Health Journal*, 17(1), 1–15. <https://doi.org/10.2174/0118749445281387240202094637>
- Medina, L., Castillo, C., Liempi, A., Guerrero-Muñoz, J., Rojas-Pirela, M., Maya, J. D., Prieto, H., & Kemmerling, U. (2020). *Trypanosoma cruzi* and *Toxoplasma gondii* Induce a Differential MicroRNA Profile in Human Placental Explants. *Frontiers in Immunology*, 11(November), 1–14. <https://doi.org/10.3389/fimmu.2020.595250>
- Nabet, C., Brossas, J. Y., Poignon, C., Bouzidi, A., Paris, L., Touafek, F., Varlet-Marie, E., Sterkers, Y., Passebosc-Faure, K., Dardé, M. L., Piarroux, R., & Denis, J. A. (2023). Assessment of Droplet Digital PCR for the Detection and Absolute

- Quantification of *Toxoplasma gondii*: A Comparative Retrospective Study. *Journal of Molecular Diagnostics*, 25(7), 467–476. <https://doi.org/10.1016/j.jmoldx.2023.03.006>
- Perdana, T. M., Dwiputro, A. H., Kusuma, S., Simanjuntak, A. M. T., & Wijayanto, F. P. S. (2025). Seroprevalence of anti-ToxoplasmaIgG among the human population in Indonesia: a systematic review and meta-analysis. *BMC Public Health*, 25(1), 194. <https://doi.org/10.1186/s12889-025-21317-2>
- Portes, J., Barrias, E., Travassos, R., Attias, M., & de Souza, W. (2020). *Toxoplasma gondii* Mechanisms of Entry Into Host Cells. *Frontiers in Cellular and Infection Microbiology*, 10(June), 1–11. <https://doi.org/10.3389/fcimb.2020.00294>
- Rostami, A., Riahi, S. M., Sagha, S. A., Taghipour, A., Sepidarkish, M., Mohammadnia-Afrouzi, M., Ebrahimpour, S., Hotez, P. J., Gamble, R., & Gasser, R. B. (2021). Seroprevalence estimates of latent and acute toxoplasma infections in hiv+ people—call for action in underprivileged communities. *Microorganisms*, 9(10). <https://doi.org/10.3390/microorganisms9102034>
- Sugi, T., Tomita, T., Kidaka, T., Kawai, N., Hayashida, K., Weiss, L. M., & Yamagishi, J. (2022). Single Cell Transcriptomes of In Vitro Bradyzoite Infected Cells Reveals *Toxoplasma gondii* Stage Dependent Host Cell Alterations. *Frontiers in Cellular and Infection Microbiology*, 12(March), 1–14. <https://doi.org/10.3389/fcimb.2022.848693>
- Wang, X., Cheng, M., Yang, S., Xing, C., Li, Q., Zhu, Y., Ji, Y., & Du, Y. (2023). CRISPR/Cas12a combined with RPA for detection of *T. gondii* in mouse whole blood. *Parasites and Vectors*, 16(1), 1–11. <https://doi.org/10.1186/s13071-023-05868-0>
- Yoon, C., Ham, Y. S., Gil, W. J., & Yang, C. S. (2022). The strategies of NLRP3 inflammasome to combat *Toxoplasma gondii*. *Frontiers in Immunology*, 13(October), 1–8. <https://doi.org/10.3389/fimmu.2022.1002387>

Zhang, X. (2022). Development of CRISPR-Mediated Nucleic Acid Detection Technologies and Their Applications in the Livestock Industry. *Genes*, 13(11). <https://doi.org/10.3390/genes13112007>

BAB 14

MIKRO MOLEKUL LEISHMANIASIS

dr. Etiek Nurhayati, M.Sc.

A. Pendahuluan

1. Apa Itu Leishmaniasis

Leishmaniasis adalah penyakit zoonosis yang disebabkan oleh *Leishmania* spp. Penyakit ini ditularkan melalui beberapa vektor diantaranya lalat pasir (agas) genus *Phlebotomus*. *Leishmania* adalah mikro organisme parasit dari jenis protozoa. *Leishmania* merupakan protozoa intramakrofag obligat, flagellata, dicirikan oleh kinetoplast, bentuk unik dari mitokondria DNA.

Manifestasi klinis penyakit Leishmaniasis tergantung pada interaksi antara karakteristik spesies *leishmania* dan respon imun inang manusia, menghasilkan spektrum penyakit mulai dari lesi lokal pada kulit hingga keterlibatan difus sistem retikuloendotelial. Bentuk Leishmaniasis pada manusia terdapat 4 jenis dengan berbagai manifestasi klinis, yaitu Visceral Leishmaniasis (VL), juga dikenal sebagai *Kala-Azar* (KA), Cutaneous Leishmaniasis (CL), Mucocutaneous Leishmaniasis (MCL) dan Diffuse Cutaneous Leshmaniasis (DCL). (Fitrine Ekawati and E. Martindah, 2020)

Leishmaniasis yang disebabkan oleh *Leishmania infantum* adalah penyakit yang paling berbahaya, tetapi belum pernah ditemukan di Indonesia. Meskipun demikian, keberadaan Leishmaniasis perlu diwaspadai di Indonesia karena sebagai negara tropis, sangat cocok sebagai habitat lalat pasir (*Phlebotomus*). Pengendalian terbaik Leishmaniasis

DAFTAR PUSTAKA

- Andreina Alaya, Alejandro Llanes, Ricardo Leonart, Carlos M. restrepo (2024) Advances in Leishmania Vaccine: Current Development and Future Prospect. *j.pathogens*. 2024 Sep 20; 13(9):812, doi:10.
- C.M. de Ruiter, C. van der Veer, M. M. G. Leeflang, S. Deborggraeve, C. Lucas, E. R. Adams (2014) Tools for Diagnosis of Visceral Leishmaniasis: Systematic Review and Meta-Analysis of Diagnostic Test Accuracy. *Journal of Clinical Microbiology*. September 2014 Volume 52 Number 9 (jcm.asm.org).
- Elmahallawy EK, Alkhaldi AA. (2021) Insights Into Leishmania Molecules and Their Potential Contribution to the Virulence of the Parasite. *Veterinary Sci* (2021) 8 (2):33.
- Fares W, K. Dachraoui, W. Barhoumi, S. Cherni, I. Chelbi, E. Zhioua (2020) Co-circulation of Toscana virus and Leishmania infantum in a focus of zoonotic visceral Leishmaniasis from Central Tunisia. *Acta Trop*. 204:105342.
- Fitrine Ekawasti and E Martindah (2015) Mewaspadai Keberadaan Leishmaniasis di Indonesia sebagai Penyakit Zoonosis oleh Protozoa. *Wartazoa*. Vol. 30 No. 2 Th. 2020:79-90.
- Hanan S. Al-Khalaifah (2022) Major molecular factors related to Leishmania pathogenicity, *Frontiers in Immunology*, volume 13, Article 847797, June 2022.
- I Dewa Ketut Kerta Widana and Abimanyu Himawan (2019) Urgensi Pencegahan dan Pengendalian Risiko Infeksi Leishmaniasis atas Kontingen Garuda di Lebanon. *Jurnal Kesehatan Lingkungan Indonesia*. 2019. Vol 18, No.1.
- Paul M. Kaye, Greg Matlashewski, Sakshi Mohan, Epke Le Rutte, Dinesh Mondal, Ali Khamesipour, Stefano Malvolti (2023) Vaccine Value Profile For Leishmaniasis. *j.vaccine*. 2023 Nov 3:41 Suppl 2:S153-S175.

- Richard Reithinger and Jean-Claude Dujardin (2006) Molecular Diagnosis of Leishmaniasis: Current Status and Future Applications, *Journal Clinical Microbiology (J Clin Microbiol)* 2006 Nov 8;45(1):21–25.
- Singh K, Kaviraj S, Karmakar S, Singh S. (2022) Vaccine for leishmaniasis: New era of CRISPR generated Live attenuated dermatropic Leishmania. *J Cell Mol Immunol.* 2022;1(1):12-16.
- (WHO) World of Health Organization (2017) epidemiological situation [Internet]. Available from: <https://www.who.int/Leishmaniasis/burden/en/>.
- (WHO) World of Health Organization (2020) Visceral Leishmaniasis.
- WHO Regional Publications, Eastern Mediterranean Series [Internet]. Available from <https://www.who.int/en/newsroom/fact-sheets/detail/Leishmaniasis>.

BAB 15 | PROSEDUR LABORATORIUM PADA PEMERIKSAAN PARASIT

dr. Hadiyatur Rahma, M.Biomed., M.Ked (Clin-Path)., Sp.PK.

A. Pendahuluan

Pemeriksaan parasitologi di laboratorium berperan penting dalam diagnosis dan penanggulangan penyakit infeksi yang diakibatkan infeksi oleh parasit, baik pada manusia maupun hewan (Perayadhista, Suratma dan Dharmawan, 2022). Keberadaan laboratorium pendidikan sangat penting dalam menunjang pelaksanaan berbagai disiplin ilmu, termasuk parasitologi yang dilengkapi dengan infrastruktur yang memadai, tenaga ahli yang kompeten, serta protokol pemeriksaan yang terstandarisasi untuk menghasilkan data yang akurat dan reliabel. Namun, realitas di lapangan seringkali laboratorium, terutama di daerah terpencil atau dengan sumber daya terbatas, menghadapi kendala dalam hal peralatan, reagen, dan pelatihan dalam hal sumber adanya manusia (Wahdini, Putra dan Sungkar, 2021). Keterbatasan ini dapat berdampak signifikan terhadap kualitas pemeriksaan parasitologi, yang pada gilirannya dapat mempengaruhi diagnosis dan penatalaksanaan pasien (Hafidz dan Effendi, 2023).

Pemeriksaan parasit mencakup mengidentifikasi dan mengendalikan penyakit yang disebabkan oleh parasit, mulai dari prinsip dasar identifikasi parasit hingga teknik-teknik pemeriksaan yang lebih kompleks. Mikroskopis tetap menjadi pemeriksaan untuk mendiagnosis parasit, memungkinkan visualisasi langsung parasit atau struktur parasitik seperti telur, larva, atau kista dalam sampel biologis (Miswan, Singham dan

DAFTAR PUSTAKA

- Abdurrahmat Fa Ahmad, R.Z. and Tiffarent, R. (2020) "Pathological Aspects of Haemonchosis in Goats and Sheeps," Indonesian Bulletin of Animal and Veterinary Sciences, 30(2). doi:10.14334/wartazoa.v30i2.2185.
- Arenas, M., Rodríguez, L., Santos, J. and Vega, P. (2025) 'Exploring real-time PCR techniques for diagnosing leishmaniasis', Parasitology Research, 124, pp. 1123–1135.
- Carroll, M.J. (1985) "Routine Procedures For Examination of Stool and Blood For Parasites," Pediatric Clinics of North America, 32(4), p. 1041. doi:10.1016/s0031-3955(16)34868-4
- Demeke, G., Fenta, A. and Dilnessa, T. (2021) "Evaluation of Wet Mount and Concentration Techniques of Stool Examination for Intestinal Parasites Identification at Debre Markos Comprehensive Specialized Hospital, Ethiopia," Infection and Drug Resistance, p. 1357. doi:10.2147/idr.s307683.
- Fitri, L.E. et al. (2022) "Malaria diagnostic update: From conventional to advanced method," Journal of Clinical Laboratory Analysis. Wiley. doi:10.1002/jcla.24314.
- Fuhad, K.M.F. et al. (2020) "Deep Learning Based Automatic Malaria Parasite Detection from Blood Smear and Its Smartphone Based Application," Diagnostics, 10(5), p. 329. doi:10.3390/diagnostics10050329.
- Garcia, L. S. (2021). Collection Options (p. 43). <https://doi.org/10.1002/9781683673637.ch3>
- Garcia, L.S. (2020) Diagnostic Medical Parasitology, 6th edn., ASM Press).
- Garcia, L.S. et al. (2017) 'Practical Guidance for Clinical Microbiology Laboratories: Laboratory Diagnosis of Parasites from the Gastrointestinal Tract', Clinical Microbiology Reviews, 31(1). doi:10.1128/cmr.00025-17.

- Hafidz, M.A. and Effendi, P.M. (2023) "Aplikasi Penentuan Kebutuhan Pelatihan Berbasis Kompetensi Untuk Peningkatan Kinerja Staf Analis Laboratorium," *Teknika*, 12(2), p. 129. doi:10.34148/teknika.v12i2.622.
- Herli, M.A., Hari, D.G. and Rahmawati, A. (2021) "Desain Primer PCR Sebagai Biomarker COVID-19 Strain Terbaru Yang Di Identifikasi Di Januari 2021," *Photon Jurnal Sain dan Kesehatan*, 11(2), p. 177. doi:10.37859/jp.v11i2.3645.
- Kementerian Kesehatan Republik Indonesia. (2017) Pedoman teknis malaria. Jakarta: Direktorat Jenderal Pencegahan dan Pengendalian Penyakit, Kementerian Kesehatan RI.
- Mendonça, A. et al. (2021) "Fungal infections diagnosis – Past, present and future," *Research in Microbiology*. Elsevier BV, p. 103915. doi:10.1016/j.resmic.2021.103915.
- Miswan, N., Singham, G.V. and Othman, N. (2022) "Advantages and limitations of microscopy and molecular detections for diagnosis of soil-transmitted helminths: An overview," *Helminthologia*, 59(4), p. 321. doi:10.2478/helm-2022-0034.
- Mthethwa, N.P. et al. (2021) 'A review on application of next-generation sequencing methods for profiling of protozoan parasites in water', *J Microbiol Methods*, 187:106269.
- Mundir (2013) *Metode Penelitian Kualitatif dan Kuantitatif*, STAIN Jember Press. Edited by Hisbiyatul Hasanah. Jember: STAIN Jember Press.
- Nagamine, K., Hase, T. and Notomi, T. (2002) 'Accelerated reaction by loop primers in loop-mediated isothermal amplification', *Journal of Biochemical and Biophysical Methods*, 55(3), pp. 381–390.
- Nazir, M. (2005) *Metode Penelitian*. Bogor: Ghalia Indonesia.
- Notomi, T. et al. (2000) 'Loop-mediated isothermal amplification of DNA', *Nucleic Acids Research*, 28(12), e63.

- Perayadhista, N.M.D., Suratma, N.A. and Dharmawan, N.S. (2022) "Deteksi Infeksi Anaplasma sp., Borrelia burgdorferi dan Ehrlichia sp. pada Anjing yang Terinfestasi Caplak di Kota Denpasar," Buletin Veteriner Udayana, p. 558. doi:10.24843/bulvet.2022.v14.i05.p16.
- Priyono (2008) *Metode Penelitian Kuantitatif*. Edited by T. Chandra. Sidoarjo: Zifatama Publishing.
- Sandu Siyoto and Sodik, M. A. (2015) *Dasar Metodologi Penelitian*. Yogyakarta: Literasi Media Publishing.
- Siahaan, L. (2018) "Laboratory diagnostics of malaria," in IOP Conference Series Earth and Environmental Science. IOP Publishing, p. 12090. doi:10.1088/1755-1315/125/1/012090.
- Syahrum and Salim (2014) *Metode Penelitian Kuantitatif*. Edited by R. Ananda. Bandung: Citapustaka Media.
- UNMC (2024) Clinical Guidance on the Use of Next Generation Sequencing (NGS) Tests for Infectious Diseases. University of Nebraska Medical Center.
- Wahdini, S., Putra, V.P. and Sungkar, S. (2021) "The Prevalence of Intestinal Protozoan Infections among Children in Southwest Sumba Based on the Type of Water Sources," Infection and Chemotherapy, 53(3), p. 519. doi:10.3947/ic.2021.0067.
- Wahdini, S., Sudarmono, P., Wardhana, A. W., Irmawati, F. P., Haswinzky, R. A., Dwinastiti, Y. A., & Sungkar, S. (2019). Parasitic Diseases in A Boarding School Children in Bogor Regency. eJournal Kedokteran Indonesia, 6(3). <https://doi.org/10.23886/ejki.6.10109>
- WHO (2016). Malaria Rapid Diagnostic Test Performance - Summary of results of WHO product testing.
- World Health Organization (2022) Malaria rapid diagnostic test performance: summary results of WHO product testing of malaria RDTs. Geneva: World Health Organization.

- World Health Organization. (1991). Basic Laboratory Methods in Medical Parasitology
- Y. Zhao, W. Zhang & X. Zhang (2024) 'Application of metagenomic next generation sequencing in the diagnosis of infectious diseases', *Frontiers in Cellular and Infection Microbiology*, doi: 10.3389/fcimb.2024.1458316
- thoni (2006) *Metodologi Penelitian dan Teknik Penyusunan Skripsi*. Jakarta: Rineka Cipta.

BAB 16

TEKNIK DIAGNOSA MOLEKULER PARASITOLOGI

Muhammad Rizki Saputra, S.Si., M.Si.

A. Pendahuluan

1. Latar Belakang

Parasitologi medis merupakan bidang yang terus berkembang seiring meningkatnya kompleksitas penyakit infeksi yang disebabkan oleh parasit protozoa maupun metazoa, seperti *Plasmodium*, *Leishmania*, *Trypanosoma*, *Toxoplasma gondii*, dan cacing trematoda atau nematoda. Diagnosis dini dan akurat menjadi kunci utama dalam menentukan tata laksana yang tepat dan mengurangi angka morbiditas serta mortalitas yang terkait dengan penyakit parasit, khususnya di negara tropis dan subtropic (WHO, 2021).

Metode konvensional seperti pemeriksaan mikroskopis dan uji serologi telah lama menjadi pilar dalam diagnosis parasit, namun keterbatasan sensitivitas dan spesifisitas, terutama dalam infeksi dengan parasitemia rendah atau stadium laten, membatasi keefektifannya (Peterson, Lobo and Carter, 2020). Dalam dekade terakhir, teknik diagnostik molekuler telah menawarkan solusi alternatif yang lebih sensitif, spesifik, dan dapat dikembangkan untuk deteksi cepat, bahkan pada level sub-klinis. Pendekatan berbasis asam nukleat memungkinkan deteksi materi genetik parasit secara langsung, mengatasi kekurangan dari pendekatan konvensional (Weerakoon, Gordon and McManus, 2017).

DAFTAR PUSTAKA

- Gibson, A., Lee, J. and VanVoorhis, W. (2020) 'Advances in Parasitic Diagnostics: From Conventional Methods to Molecular Techniques', *Trends in Parasitology*, 36(7), pp. 573–586.
- Gootenberg, J.S. and others (2018) 'Multiplexed and portable nucleic acid detection platform with Cas13, Cas12a, and Csm6', *Science*, 360(6387), pp. 439–444. Available at: <https://doi.org/10.1126/science.aag0179>.
- Lau, Y.-L. *et al.* (2021) 'Diagnostic challenges and perspectives of molecular tools for parasitic infections', *Parasitology Research*, 120(9), pp. 3225–3242.
- Lemoine, M. and others (2021) 'Metabarcoding of helminths in human stool samples', *Parasites & Vectors*, 14(1), p. 314. Available at: <https://doi.org/10.1186/s13071-021-04858-3>.
- Logue, K. and others (2019) 'Massive parallel sequencing reveals CRISPR-Cas9 targets in *Plasmodium falciparum*', *Nature Microbiology*, 4, pp. 1176–1184. Available at: <https://doi.org/10.1038/s41564-019-0412-6>.
- Oyola, S.O. and others (2016) 'Whole genome sequencing of *Plasmodium falciparum* from dried blood spots using selective whole genome amplification', *Malaria Journal*, 15(1), p. 597. Available at: <https://doi.org/10.1186/s12936-016-1635-2>.
- Peterson, D.S., Lobo, C.A. and Carter, R. (2020) 'Molecular diagnostics in parasitology: Past, present and future', *Clinical Microbiology Reviews*, 33(2), pp. e00020-19.
- Snounou, G. and Singh, B. (2002) 'Nested PCR analysis of *Plasmodium* parasites', *Methods in Molecular Medicine*, 72, pp. 189–203. Available at: <https://doi.org/10.1385/1-59259-271-6>.

- Sutherland, C.J. and Polley, S.D. (2019) 'Molecular detection of malaria: A reassessment of options for diagnosis and screening', *Trends in Parasitology*, 35(12), pp. 899–911.
- Weerakoon, K.G., Gordon, C.A. and McManus, D.P. (2017) 'DNA diagnostics for schistosomiasis control', *Tropical Medicine and Infectious Disease*, 2(3), p. 60.
- WHO (2021) *Ending the neglect to attain the Sustainable Development Goals: A road map for neglected tropical diseases 2021–2030*. Geneva: World Health Organization.
- Zendejas-Heredia, P.A. *et al.* (2022) 'Molecular approaches for protozoan parasite detection: Recent advances and new perspectives', *Pathogens*, 11(9), p. 1052.
- Zhao, Y. *et al.* (2021) 'Isothermal amplification techniques: The next-generation tools for diagnosis of parasitic diseases', *Parasites & Vectors*, 14(1), p. 112. Available at: <https://doi.org/10.1186/s13071-021-04592-w>.

TENTANG PENULIS



Putri Widelia Welkriana, S.Si., M.Sc.

adalah seorang akademisi dan peneliti di bidang kesehatan, khususnya teknologi laboratorium medis. Ia lahir pada 9 Januari 1987 di Ogan Komering Ulu, Sumatera Selatan. Putri merupakan lulusan Universitas Gadjah Mada, salah satu institusi pendidikan tinggi terkemuka di Indonesia.

Putri, begitu ia akrab disapa, adalah putri dari pasangan Ir. Ali Fukri dan Putri Rowelly Zurnilla, S.E. Saat ini, ia mengabdikan sebagai dosen di Program Studi D-III Teknologi Laboratorium Medis, Politeknik Kesehatan Kementerian Kesehatan Bengkulu. Di samping tugasnya sebagai tenaga pengajar, Putri juga aktif melakukan penelitian ilmiah di bidang laboratorium medis.

Salah satu publikasi ilmiah awalnya adalah penelitian berjudul "*T-786C Polymorphism in Nitric Oxide Synthase 3 Gene and Nitric Oxide Level of Diabetic Retinopathy in Javanese Population*" yang diterbitkan dalam *Indonesian Journal of Biotechnology* pada tahun 2011. Penelitiannya berlanjut di tahun-tahun berikutnya, antara lain melalui studi tentang aktivitas bakteri *Escherichia coli* dan *Staphylococcus* terhadap penambahan *Lactobacillus* dari rebung asam, yang dipublikasikan dalam *Jurnal Dunia Kesmas* pada tahun 2023.

Pada tahun 2024, ia turut serta dalam penelitian mengenai kadar kalium pada pasien diabetes melitus tipe II yang dilakukan di wilayah kerja Puskesmas Telaga Dewa. Hasil studi ini dipresentasikan dan dipublikasikan dalam *Proceeding of Bengkulu International Conference on Health (B-ICON)*.

Keterlibatannya dalam berbagai penelitian dan publikasi menunjukkan dedikasi tinggi Putri dalam pengembangan ilmu pengetahuan di bidang kesehatan dan teknologi laboratorium medis. Ia dapat dihubungi melalui email: putriwidelia@poltekkesbengkulu.ac.id.



dr. Reggi First Trasia, MARS., M.Biomed., AIFO-K. lahir di Surabaya, pada 7 Desember 1991. Ia tercatat sebagai lulusan S2 Ilmu Biomedik Universitas Indonesia. Wanita yang kerap disapa dokter Reggi ini adalah istri dari Andika Amri. Ia bergabung mengajar sebagai dosen di FK Untirta sejak 2018. Pada tahun 2020, Reggi menulis sebuah buku dengan judul "Cara Mudah Belajar Immunoparasitologi".

Reggi telah menulis 46 artikel kedokteran yang dipublikasikan di jurnal nasional terindex SINTA, maupun jurnal internasional terindeks SCOPUS. Email: reggi.first@untirta.ac.id



Menik Kasiyati, S.ST., M.Imun. lahir di Bantul tanggal 19 Oktober 1981. Penulis menyelesaikan pendidikan D4 pada Jurusan Analis Kesehatan Poltekkes Depkes Yogyakarta dan melanjutkan S2 pada Sekolah Pasca Sarjana Universitas Airlangga. Penulis menekuni bidang menulis dan melakukan penelitian dibidang imunologi.



Yuneu Yuliasih, SKM., M.Sc lahir di Tasikmalaya, pada 8 Juli 1976. Ia tercatat sebagai lulusan Universitas Gadjah Mada. Wanita yang kerap disapa Yuneu ini adalah anak dari pasangan Eman Sulaeman (ayah) dan Tintin Tjintarsih (ibu). Yuneu Yuliasih seorang Peneliti Muda yang bekerja sebagai periset di Instansi Badan Riset dan Inovasi Nasional. Email: yune002@brin.go.id



Dr. dr. Nora Harminarti, M.Biomed., Sp.ParK. Tempat Lahir di Pondok Tinggi, pada tanggal 4 Agustus 1976. Pendidikan dokter umum di Fakultas Kedokteran UNAND tahun 2002. Pendidikan Magister Program Magister Ilmu Biomedik FKUI 2004-2007. Program Pendidikan Dokter Spesialis Parasitologi Klinik FKUI 2014-2017. Pendidikan terakhir adalah Program Doktor Ilmu Biomedis FKUI 2020-2024. Pekerjaan sebagai dosen Parasitologi di Fakultas Kedokteran UNAND. Email: norahaminarti@med.unand.ac.id



Desi Aryani, AMAK., S.E., M.A. Lahir di Jakarta, lulusan SMAK DITKESAD tahun 1994, S1 Ekonomi manajemen tahun 1996, Teknologi Laboratorium Poltekes Jakarta III tahun 2003, Penulis juga menyelesaikan Pendidikan S2K3 tahun 2016. Pengalaman penulis bekerja di Rumah Sakit bagian Laboratorium selama 30 tahun, pengurus DPC PATELKI Jakarta Timur, pengurus DPW PATELKI DKI Jakarta, juga aktif mengajar di beberapa tempat dari tahun 2010 hingga sekarang. Menulis beberapa buku dan bahan ajar dengan harapan dapat memberikan kontribusi positif untuk penerus masa depan bangsa. desihaddad4@gmail.com
desi.aryani@binawan.ac.id



dr. Said Munazar Rahmat, M.K.T., M.KM., AIFO-K., lahir di Medan pada tanggal 14 September 1986. Dia merupakan alumni Fakultas Kedokteran Universitas Sumatera Utara (USU) dan telah menyelesaikan program pendidikan Magister Kedokteran Tropis di institusi yang sama. Saat ini, dia merupakan dosen tetap di bagian Parasitologi Fakultas Kedokteran Universitas Muhammadiyah Suma-tera Utara (UMSU).
Email : saidmunazar@umsu.ac.id



dr. Eva Triani, M.Ked.Trop., lahir di Tuban Jawa Timur, pada 30 Oktober 1982. Tercatat sebagai lulusan S1 Fakultas Kedokteran Universitas Islam Indonesia tahun 2007 dan melanjutkan study S2 dalam bidang Ilmu Kedokteran Tropis di Fakultas Kedokteran Universitas Airlangga Surabaya, dan berhasil menyelesaikan study nya pada tahun 2013 . Eva memulai kariernya pada tahun 2008 sebagai dosen di Fakultas Kedokteran dan Ilmu Kesehatan Universitas Mataram hingga saat ini.
Email: evatriani.fk@unram.ac.id



dr. Lustyafa Inassani Alifia, M.Biomed. lahir di Malang, 16 Mei 1992. Menyelesaikan studi pendidikan dokter dan profesi dokter di Fakultas Kedokteran Universitas Muhammadiyah Malang pada tahun 2017, dan melanjutkan studi Magister Ilmu Biomedik Universitas Brawijaya pada tahun 2021, dengan minat imunologi-parasitologi. Saat ini menjadi dosen aktif di Fakultas Kedokteran Universitas Muhammadiyah Malang. Beberapa publikasi yang dihasilkan adalah terkait imunologi pada malaria, terutama pada gut immunity.
Email : inassani@umm.ac.id



Yusnita Mirna Anggraeni, S.Si, M.Biotech. menyelesaikan studi S1 di Jurusan Biologi, Universitas Diponegoro, Semarang, dan S2 di Program Studi Bioteknologi, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta. Menjadi peneliti di Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Vektor dan Reservoir Penyakit pada tahun 2008 hingga 2022, saat ia tergabung dalam Kelompok Riset Penyakit Tular Vektor dan Zoonosis, Pusat Riset Kesehatan Masyarakat dan Gizi, Organisasi Riset Kesehatan, Badan Riset dan Inovasi Nasional.

Dapat dihubungi melalui surat elektronik di alamat yusnita.mirna.anggraeni@brin.go.id



Dr. Hasmiwati, M.Kes. dilahirkan di Pasir Lawas Batusangkar, Kabupaten Tanah Datar, Sumatera Barat pada 13 Desember 1965, anak dari Alifahmi (alm) dan Kamsani (almh). Penulis menyelesaikan program Doktor/S3 (Dr) di Program Ilmu Biomedik Fakultas Kedokteran Universitas Andalas pada tahun 2015 dengan judul disertasi “Karakteristik DNA Mikrosatelit, Desain penanda Genetik dan Struktur Genetik Populasi *Aedes aegypti* Vektor Demam Berdarah Dengue (DBD) di Sumatera Barat”.

Kegiatan ilmiah dan beberapa artikel sudah dipublikasikan dari hasil riset bidang Biologi Molekuler. Penulis mengampu beberapa mata kuliah terkait Parasitologi, Kedokteran Tropis, Biologi Sel, Imunoparasitologi, Genomik, Proteomik, dan Metabolomik serta Diagnostik Molekuler Penyakit Tropik. Penulis juga melaksanakan penelitian kolaborasi Indonesia bersama UNHAS, BRIN, dan UI terkait Simian Malaria dan Vektornya di tahun 2022.

Email : hasmiwati65@med.unand.ac.id

Email Google Scholar : hasmiwati65@gmail.com



dr. Munauwarus Sarirah, M.Biomed. Penulis lahir di Pematangsiantar pada tahun 1984, anak ke 2 dari Bapak Miswan dan Ibu Afriani. Menyelesaikan pendidikan dasar di Banda Aceh, pendidikan menengah pertama di Banjarmasin, dan pendidikan menengah atas di SMU Negeri 1 Bandung. Penulis menempuh Sarjana Kedokteran dan Profesi Dokter di Universitas Sumatera Utara dan lulus pada tahun 2008. Penulis menyelesaikan program Master of Biomedical Science dengan bidang peminatan Parasitologi di Fakultas Kedokteran, Kesehatan Masyarakat, dan Keperawatan Universitas Gadjah Mada pada tahun 2018. Penulis

pernah bekerja sebagai staf pengajar tidak tetap di Fakultas Kedokteran Universitas Islam Sumatera Utara dari tahun 2013-2019. Saat ini, penulis mengabdikan sebagai staf pengajar tetap di Departemen Parasitologi Fakultas Kedokteran Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara sejak tahun 2019 hingga sekarang. Selama menjadi staf pengajar, penulis pernah mengampu mata kuliah Parasitologi dengan topik Entomologi Dasar, Nyamuk sebagai Vektor Pembawa Penyakit dan imunoparasitologi. E-mail Penulis: munauwarussarirah@umsu.ac.id



dr. Rahma Triyana, Y, M.Biomed. lahir di Padang, pada 15 Maret 1986. Penulis menempuh pendidikan Program Studi Pendidikan Kedokteran (S-Ked) pada tahun 2003-2007 dan Profesi Dokter pada tahun 2008-2010 di Universitas Baiturrahmah. Penulis melanjutkan pendidikan Master Of Biomedical Science tahun 2016-2018 pada Fakultas Kedokteran Universitas Gadjah Mada. Penulis sebagai pengajar di Program Studi Pendidikan Kedokteran Program Studi Keperawatan Anestesi dan Kebidanan di Universitas Baiturrahmah. Penulis mengajar mata kuliah Parasitologi di berbagai Program Studi tersebut. Penulis juga terlibat dalam penulisan buku yang sudah diterbitkan dengan beberapa judul antara lain; Peran Nyamuk Sebagai Vektor Penyakit Infeksi Tropis tahun 2024, Entomologi Medik tahun 2024, Penyakit Tropis dan Pengendaliannya tahun 2024, Vektor Penyakit Masyarakat Pesisir dan Pedesaan 2025, Vektor Penyakit dan Pengendaliannya 2025, Epidemiologi Penyakit Tropis Terabaikan 2025.



etieknur1@gmail.com

dr. Etiek Nurhayati, M.Sc., lahir di Jogjakarta, lulusan dari Sma Negeri 1 Pontianak, alumni dari Fakultas Kedokteran UGM Jogjakarta. Sekarang ini bertugas di Poltekkes Kemenkes Pontianak, Kalimantan Barat. Kolaborasi bersama Penerbit CV. Eureka Media Aksara merupakan buku ke lima. Alamat email:



dr. Hadiyatur Rahma, M.Biomed., M.Ked(Clin-Path), SpPK. lahir di Medan, pada 19 Desember 1986, menyelesaikan pendidikan sarjana di Fakultas Kedokteran Universitas Sumatera Utara pada tahun 2010. Gelar Magister Biomedik (M.Biomed) dalam bidang Biomedik diperolehnya dari Fakultas Kedokteran Universitas Sumatera Utara pada tahun 2017 lalu pada tahun 2021 melanjutkan pendidikan Magister Kedokteran Klinis dan Spesialis Patologi Klinik di Fakultas Kedokteran Universitas Sumatera Utara dan tamat pada tahun 2024. Fokus penelitian beliau meliputi laboratorium klinis dan ilmu biomedik. Sub bab pada buku ini merupakan bagian dari kontribusi akademik beliau.

Email: hadiyatur.rahma@fk.uisu.ac.id



Muhammad Rizki Saputra, S.Si., M.Si. lahir di Padang, pada 16 Agustus 1994. Ia tercatat sebagai lulusan Biologi di Universitas Negeri Padang dan Universitas Andalas. Pria yang kerap disapa Putra ini adalah anak dari pasangan Drs. H. Zurial Muchtar (ayah) dan Hj. Ermianis (ibu).

Muhammad Rizki Saputra bukanlah orang baru di dunia pendidikan. Ia merupakan Dosen di Fakultas Kedokteran Universitas Baiturrahmah, Padang. Ia juga aktif sebagai narasumber, moderator, MC dan penyanyi, sehingga ia sering tampil di TV nasional dan lokal serta sering mendapatkan penghargaan di bidang pendidikan maupun bidang lainnya.