METODE
DIAGNOSTIK MOLEKULER
UNTUK INFEKSI
SOIL-TRANSMITTED HELMINTH

Buku Referensi untuk Mahasiswa Kedokteran,
Mahasiswa Biomedis dan Analis Kesehatan

dr. Sri Wahyuni, MH.Kes



METODE DIAGNOSTIK MOLEKULER UNTUK INFEKSI SOIL-TRANSMITTED HELMINTH

Buku Referensi untuk Mahasiswa Kedokteran,
Mahasiswa Biomedis dan Analis Kesehatan

dr. Sri Wahyuni, MH.Kes

Penerbit Widina

METODE DIAGNOSTIK MOLEKULER
UNTUK INFEKSI SOIL-TRANSMITTED HELMINTH
Buku Referensi untuk Mahasiswa Kedokteran dan Analis Kesehatan

Penulis:
dr. Sri Wahyuni, MH.Kes

Desain Cover:
Helmaria Ulfa

Sumber Ilustrasi:
www.freepik.com

Tata Letak:
Handarini Rohana

Editor:
Neneng Sri Wahyuni

ISBN:
978-634-317-485-1

Cetakan Pertama:
Oktober, 2026

Hak Cipta Dilindungi Oleh Undang-Undang
by Penerbit Widina Media Utama

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

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

Anggota IKAPI No. 519/JBA/2025
Website: www.penerbitwidina.com
Instagram: @penerbitwidina
Telepon (022) 87355370

METODE DIAGNOSTIK MOLEKULER
UNTUK INFEKSI SOIL-TRANSMITTED HELMINTH

Penulis:
dr. Sri Wahyuni, MH.Kes
Mahasiswa Program Magister Ilmu Biomedis (Peminatan Parasitologi), Fakultas Kedokteran, UIN Syarif Hidayatullah Jakarta
Dosen Program Studi Sarjana Kedokteran, Fakultas Kedokteran, Uhamka

Reviewer:

1. dr. Dwi Tyastuti, MPH, PhD, FISPH, FISCM — Pakar Kedokteran Komunitas, Fakultas Kedokteran UIN Syarif Hidayatullah Jakarta
2. Chris Adhiyanto, M.Biomed., Ph.D. — Pakar Laboratorium, Kepala Laboratorium Fakultas Kedokteran UIN Syarif Hidayatullah Jakarta, Kepala MDRC (Molecular Diagnostik and Research Center) Fakultas Kedokteran UIN Jakarta.
3. Nurul Ain, S.Tr.AK, M.Biomed — Pakar Parasitologi, Fakultas Kedokteran UIN Syarif Hidayatullah Jakarta

KATA PENGANTAR

Infeksi cacing yang ditularkan melalui tanah (soil-transmitted helminth/STH), atau yang lebih dikenal masyarakat sebagai penyakit cacingan, masih menjadi masalah kesehatan masyarakat di berbagai negara berkembang, termasuk Indonesia. Infeksi ini paling banyak menyerang anak usia sekolah dan berkaitan dengan malnutrisi, anemia, gangguan pertumbuhan, serta penurunan prestasi belajar. Keberhasilan program pengendalian dan eliminasi STH sangat bergantung pada ketersediaan metode diagnostik yang akurat, sensitif, dan dapat diterapkan di lapangan.

Buku ini membahas diagnosis infeksi STH secara menyeluruh, mulai dari pemeriksaan mikroskopis konvensional hingga metode diagnostik molekuler, seperti polymerase chain reaction (PCR), real-time PCR (qPCR), dan loop-mediated isothermal amplification (LAMP). Pembahasan disusun dalam enam bab. Bab 1 membahas dasar infeksi STH yang meliputi epidemiologi, biologi dan siklus hidup parasit, patogenesis, serta manifestasi klinis. Bab 2 membahas metode diagnostik konvensional beserta keterbatasannya. Bab 3 membahas metode diagnostik molekuler, termasuk prinsip kerja dan desain primer.

Bab 4 membandingkan dan mengevaluasi kinerja berbagai metode diagnostik, termasuk kerangka statistik uji diagnostik. Bab 5 membahas penerapan diagnostik di fasilitas pelayanan kesehatan serta dalam program pengendalian STH. Bab 6 menguraikan arah pengembangan diagnostik STH di masa depan.

Materi disajikan secara sistematis dengan didukung rujukan ilmiah terkini serta dokumentasi hasil pengamatan mikroskopis langsung, sehingga pembaca memperoleh gambaran visual yang autentik tentang materi yang dibahas. Buku ini ditujukan bagi mahasiswa kedokteran, mahasiswa biomedis, analis kesehatan, tenaga kesehatan, dan peneliti di bidang parasitologi serta kedokteran tropis.

Setiap sub bab pembahasan dilengkapi dengan rangkuman dan daftar pustaka agar pembaca dapat menelaah inti pembahasan serta menelusuri sumber rujukan secara lebih lanjut. Istilah teknis dan singkatan yang digunakan dijelaskan dalam Daftar Singkatan dan Glosarium.

Semoga buku ini bermanfaat sebagai rujukan dalam pembelajaran, penelitian, dan upaya pengendalian infeksi cacing yang ditularkan melalui tanah di Indonesia.

Tangerang Selatan, September 2026

dr. Sri Wahyuni, MH.Kes

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR ..... **iv**
DAFTAR ISI ..... **vi**
DAFTAR GAMBAR ..... **viii**
DAFTAR SINGKATAN ..... **ix**
BAB 1 — DASAR SOIL-TRANSMITTED HELMINTHIASIS (STH) **1**
A. Epidemiologi dan Beban Penyakit Soil-Transmitted Helminth 1
B. Biologi dan Siklus Hidup Parasit Soil-Transmitted Helminth 6
C. Patogenesis dan Manifestasi Klinis Infeksi Soil-Transmitted Helminth 13
BAB 2 — METODE DIAGNOSTIK KONVENSIONAL **19**
A. Pemeriksaan Mikroskopis: Kato-Katz, Direct Smear, dan Flotasi 19
B. Metode Konsentrasi dan Kultur Feses 26
C. Keterbatasan Metode Konvensional Dalam Deteksi Infeksi Intensitas Rendah 31
BAB 3 — METODE DIAGNOSTIK MOLEKULER **37**
A. Prinsip Dasar PCR dan Real-Time PCR (qPCR) Dalam Diagnostik Parasit 37
B. Loop-Mediated Isothermal Amplification (LAMP): Prinsip, Desain Primer, dan Keunggulan 41
C. Metode Molekuler Lain: Multiplex PCR, PCR-Elisa, dan Sekilas Next-Generation Sequencing 46
D. Desain dan Validasi Primer Untuk Deteksi Molekuler STH 50
BAB 4 — PERBANDINGAN DAN EVALUASI METODE **55**
A. Perbandingan Sensitivitas Dan Spesifisitas: Mikroskopis Vs Molekuler 55
B. Uji Diagnostik dan Interpretasi Statistik 59
C. Tinjauan Studi-Studi Terkini 63
BAB 5 — APLIKASI KLINIS DAN LAPANGAN **67**
A. Penerapan Diagnostik Molekuler di Fasilitas Kesehatan Primer 67
B. Tantangan Implementasi di Negara Berkembang: Biaya, Infrastruktur, dan SDM 71
C. Program Pengendalian Sth Berbasis Diagnostik Modern: POC Testing dan Skrining Massal Anak Sekolah 75

BAB 6 — ARAH MASA DEPAN 81
A. Inovasi Diagnostik: Point-Of-Care Molecular Testing dan Digitalisasi Hasil 81
B. Penutup 85
GLOSARIUM 87
PROFIL PENULIS 91

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Morfologi telur Ascaris lumbricoides
hasil pengamatan mikroskopis 7
Gambar 1.2 Siklus hidup Ascaris lumbricoides 8
Gambar 1.3 Morfologi telur Trichuris trichiura
hasil pengamatan mikroskopis 9
Gambar 1.4 Siklus hidup Trichuris trichiura 9
Gambar 1.5 Morfologi cacing tambang hasil pengamatan mikroskopis 10
Gambar 1.6 Siklus hidup cacing tambang
(Necator americanus / Ancylostoma duodenale) 11
Gambar 2.1 Alur prosedur pemeriksaan langsung (direct smear) 20
Gambar 2.2 Alur prosedur metode flotasi 21
Gambar 2.3 Alur prosedur metode Kato-Katz 23
Gambar 2.4 Alur prosedur sedimentasi formalin-eter 27
Gambar 2.5 Alur prosedur kultur Harada-Mori 28
Gambar 2.6 Dokumentasi persiapan biakan Harada-Mori 29

DAFTAR SINGKATAN

AI	Artificial Intelligence (Kecerdasan Buatan)
ANN	Artificial Neural Network (Jaringan Saraf Tiruan)
AUC	Area Under the Curve
BIP	Backward Inner Primer (primer LAMP)
BLAST	Basic Local Alignment Search Tool
Bst	Bacillus stearothermophilus (sumber enzim DNA polimerase LAMP)
Cas	CRISPR-associated protein
CRISPR	Clustered Regularly Interspaced Short Palindromic Repeats
Ct	Cycle Threshold (nilai ambang siklus pada qPCR)
DALYs	Disability-Adjusted Life Years
DNA	Deoxyribonucleic Acid (asam deoksiribonukleat)
EPG	Eggs Per Gram (telur per gram tinja)
F3 / B3	Forward/Backward Outer Primer (primer luar LAMP)
FECT	Formalin-Ether Concentration Technique
FIP	Forward Inner Primer (primer LAMP)
FN	False Negative
FP	False Positive
GBD	Global Burden of Disease
GC content	Kandungan basa Guanin-Sitosin
IKAPI	Ikatan Penerbit Indonesia
ITS	Internal Transcribed Spacer (wilayah gen ribosomal)
Kemenkes RI	Kementerian Kesehatan Republik Indonesia
LAMP	Loop-mediated Isothermal Amplification
LB / LF	Loop Backward / Loop Forward Primer (primer LAMP)
MDA	Mass Drug Administration (pemberian obat massal)
NAAT	Nucleic Acid Amplification Test
NGS	Next-Generation Sequencing
NPV	Negative Predictive Value (nilai prediktif negatif)
NTD	Neglected Tropical Disease (penyakit tropis terabaikan)
PAHO	Pan American Health Organization
PCR	Polymerase Chain Reaction
POC / POCT	Point-of-Care / Point-of-Care Testing
POPM	Pemberian Obat Pencegahan Massal
PPV	Positive Predictive Value (nilai prediktif positif)
qPCR	Quantitative Polymerase Chain Reaction (real-time PCR)

REASSURED	Kerangka kriteria WHO untuk diagnostik point-of-care (Real-time connectivity, Ease of use, Affordable, Sensitive, Specific, User-friendly, Rapid & Robust, Equipment-free, Deliverable)
RNA	Ribonucleic Acid (asam ribonukleat)
ROC	Receiver Operating Characteristic
RPA	Recombinase Polymerase Amplification
rRNA	Ribosomal RNA
SSGI	Survei Status Gizi Indonesia
STH	Soil-Transmitted Helminth
Tm	Melting Temperature (suhu leleh primer)
TN	True Negative
TnT	Test and Treat
TP	True Positive
WASH	Water, Sanitation, and Hygiene (air bersih, sanitasi, dan higiene)
WHO	World Health Organization (Organisasi Kesehatan Dunia)

BAB 1

DASAR SOIL-TRANSMITTED HELMINTHIASIS (STH)

A. EPIDEMIOLOGI DAN BEBAN PENYAKIT SOIL-TRANSMITTED HELMINTH

1. Pendahuluan

Infeksi soil-transmitted helminth (STH), atau yang lebih dikenal masyarakat awam sebagai penyakit cacingan, merupakan salah satu kelompok penyakit tropis terabaikan (neglected tropical diseases/NTDs) yang hingga kini masih menjadi masalah kesehatan masyarakat global. Kelompok cacing ini disebut soil-transmitted karena telur atau larvanya membutuhkan tanah sebagai media perkembangan sebelum menginfeksi manusia, umumnya melalui konsumsi makanan atau air yang terkontaminasi telur cacing, maupun melalui penetrasi kulit oleh larva.

Sub bab ini membahas gambaran besar epidemiologi STH secara global maupun di Indonesia, kelompok populasi yang paling berisiko, serta beban kesehatan masyarakat yang ditimbulkannya. Pemahaman epidemiologi ini penting sebagai dasar sebelum membahas metode diagnosis pada sub bab berikutnya, karena kebijakan skrining dan pengendalian STH sangat bergantung pada data prevalensi dan intensitas infeksi yang akurat di suatu wilayah.

2. Beban Penyakit STH secara Global

Organisasi Kesehatan Dunia (WHO) mencatat STH sebagai salah satu infeksi paling umum di dunia, dengan estimasi sekitar 1,5 miliar orang atau sekitar 24% populasi dunia pernah terinfeksi setidaknya satu spesies cacing STH. Infeksi ini paling banyak ditemukan di wilayah tropis dan subtropis, terutama di kawasan dengan sanitasi buruk dan akses air bersih terbatas, dan secara khusus membebani komunitas termiskin di dunia.

Dampak-dampak ini menjadi dasar utama mengapa program pengendalian STH, khususnya pemberian obat cacing massal pada anak usia sekolah, menjadi prioritas kesehatan masyarakat di negara-negara endemis, termasuk Indonesia.

7. Kecurigaan Klinis dan Kebutuhan Konfirmasi Laboratorium

Mengingat sebagian besar manifestasi klinis STH bersifat non-spesifik dan tumpang tindih dengan berbagai kondisi lain (gangguan saluran cerna, anemia akibat sebab lain, malnutrisi umum), diagnosis pasti infeksi STH tidak dapat ditegakkan hanya berdasarkan gejala klinis semata. Kecurigaan klinis — misalnya anemia pada anak dengan riwayat tinggal di daerah endemis dan sanitasi buruk, atau keluhan diare kronis disertai prolaps rektum — perlu selalu dikonfirmasi melalui pemeriksaan laboratorium untuk menemukan telur, larva, atau cacing dewasa dalam spesimen tinja. Metode pemeriksaan laboratorium inilah yang menjadi fokus pembahasan pada Bab 2 dan 3 buku ini.

8. Rangkuman

Manifestasi klinis STH bergentang luas dari asimtomatik hingga komplikasi berat, dengan pola khas yang berbeda antarspesies: ascariasis dapat menimbulkan sindrom Löffler pada fase migrasi paru serta obstruksi usus/bilier pada infeksi berat; trikuriasis dapat menimbulkan sindrom disentri dan prolaps rektum; sementara infeksi cacing tambang secara khas menimbulkan anemia defisiensi besi akibat perdarahan kronis. Dampak kumulatif ketiganya pada anak usia sekolah — malnutrisi, anemia, gangguan pertumbuhan, dan penurunan performa kognitif — menegaskan pentingnya diagnosis dini dan akurat, yang menjadi jembatan menuju pembahasan metode diagnostik pada bagian-bagian selanjutnya.

Daftar Pustaka

Bethony J, Brooker S, Albonico M, Geiger SM, Loukas A, Diemert D, Hotez PJ. Soil-transmitted helminth infections: ascariasis, trichuriasis, and hookworm. Lancet. 2006;367(9521):1521-1532.

World Health Organization. Soil-transmitted helminth infections [Internet]. Geneva: WHO; 2024 [cited 2026 Sep 4]. Tersedia pada: https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/soil-transmitted-helminth-infections

Pan American Health Organization. Soil transmitted helminthiasis [Internet]. Washington DC: PAHO; 2025 [cited 2026 Sep 4]. Tersedia pada: https://www.paho.org/en/topics/soil-transmitted-helminthiasis

Jourdan PM, Lamberton PHL, Fenwick A, Addiss DG. Soil-transmitted helminth infections. Lancet. 2018;391(10117):252-265.

Kaminsky RG, Reyes-García SZ, Zambrano LI. Environmental factors affecting soil-transmitted helminths and epidemiological features: review of the epidemiology and clinical features of soil-transmitted helminths. Bahrain Med Bull. 2017;39(4):200-204.

Sackey ME, Weigel MM, Armijos RX. Predictors and nutritional consequences of intestinal parasitic infections in rural Ecuadorian children. J Trop Pediatr. 2003;49(1):17-23.

Means AR, Ajjampur SSR, Bailey R, Galactionova K, Gwayi-Chore MC, Halliday K, et al. Evaluating the sustainability, scalability, and reach of an integrated Neglected Tropical Disease control programme. PLoS Negl Trop Dis. 2020;14(3):e0008027.

BAB 2

METODE DIAGNOSTIK KONVENSIONAL

A. PEMERIKSAAN MIKROSKOPIS: KATO-KATZ, DIRECT SMEAR, DAN FLOTASI

1. Pendahuluan

Pemeriksaan mikroskopis tinja merupakan tulang punggung diagnosis laboratorium infeksi soil-transmitted helminth (STH) sejak puluhan tahun lalu hingga saat ini. Prinsip dasarnya sederhana: mendeteksi dan mengidentifikasi stadium diagnostik parasit — umumnya telur, kadang larva atau cacing dewasa — secara langsung di bawah mikroskop cahaya. Pemilihan metode pemeriksaan yang tepat ditentukan oleh beberapa pertimbangan, antara lain karakteristik stadium diagnostik (ukuran, berat jenis, morfologi), intensitas infeksi yang diperkirakan, tujuan pemeriksaan (kualitatif atau kuantitatif), serta kondisi sampel yang tersedia.

Sebelum sampel dapat diperiksa, pengambilan dan penanganan sampel tinja yang tepat menjadi langkah krusial: wadah harus bersih dan bebas kontaminasi urin atau air, serta idealnya sampel diperiksa dalam kondisi segar atau diawetkan segera menggunakan larutan fiksatif seperti formalin 10% apabila pemeriksaan tidak dapat dilakukan langsung.

Sub bab ini membahas tiga metode mikroskopis yang paling banyak digunakan dalam praktik klinis maupun program surveilans STH: pemeriksaan langsung (direct smear), teknik konsentrasi berbasis flotasi, dan metode Kato-Katz yang menjadi standar baku WHO untuk survei epidemiologi. Sub Bab 2.2 akan membahas metode konsentrasi lain (sedimentasi) serta teknik kultur, sementara Sub Bab 2.3 membahas keterbatasan mendasar dari seluruh pendekatan mikroskopis ini yang menjadi latar belakang berkembangnya metode molekuler pada Bab 3.

Daftar Pustaka

Nikolay B, Brooker SJ, Pullan RL. Sensitivity of diagnostic tests for human soil-transmitted helminth infections: a meta-analysis in the absence of a true gold standard. Int J Parasitol. 2014;44(11):765-774.

Bergquist R, Johansen MV, Utzinger J. Diagnostic dilemmas in helminthology: what tools to use and when? Trends Parasitol. 2009;25(4):151-156.

Lim MD, Brooker SJ, Belizario VY, Gay-Andrieu F, Gilleard J, Levecke B, et al. Diagnostic tools for soil-transmitted helminths control and elimination programs: a pathway for diagnostic product development. PLoS Negl Trop Dis. 2018;12(3):e0006213.

Papaiakovou M, Pilotte N, Grant JR, Traub RJ, Llewellyn S, McCarthy JS, Williams SA. A novel, species-specific, real-time PCR assay for the detection of the emerging zoonotic parasite *Ancylostoma ceylanicum* in human stool. PLoS Negl Trop Dis. 2017;11(3):e0005335.

Papaiakovou M, Gasser RB, Littlewood DTJ. Quantitative PCR-based diagnosis of soil-transmitted helminth infections: faecal or fickle? Trends Parasitol. 2019;35(7):491-500.

Assefa LM, Crellen T, Kepha S, Kihara JH, Njenga SM, Pullan RL, Brooker SJ. Diagnostic accuracy and cost-effectiveness of alternative methods for detection of soil-transmitted helminths in a post-treatment setting in western Kenya. PLoS Negl Trop Dis. 2014;8(5):e2843.

World Health Organization. Ending the Neglect to Attain the Sustainable Development Goals: A Road Map for Neglected Tropical Diseases 2021-2030. Geneva: WHO; 2020.

Krolewiecki AJ, Koukounari A, Romano M, Caro RN, Guerra P, Cimino R, et al. Transrenal DNA-based diagnosis of soil-transmitted helminth (*Ascaris lumbricoides*) infection: progress and pitfalls. Parasit Vectors. 2018;11:298.

BAB 3

METODE DIAGNOSTIK MOLEKULER

A. PRINSIP DASAR PCR DAN REAL-TIME PCR (QPCR) DALAM DIAGNOSTIK PARASIT

1. Pendahuluan

Sub Bab 2.3 telah menjelaskan bagaimana keterbatasan sensitivitas metode mikroskopis konvensional, khususnya pada infeksi intensitas rendah, mendorong pengembangan metode diagnostik berbasis deteksi materi genetik (DNA) parasit. Polymerase chain reaction (PCR) dan pengembangannya, real-time PCR (qPCR), menjadi dua teknik molekuler yang paling banyak diadopsi dalam penelitian maupun program surveilans soil-transmitted helminth (STH) modern. Sub bab ini membahas prinsip dasar kedua teknik tersebut, penerapannya dalam diagnostik parasit usus, serta pertimbangan teknis yang relevan sebelum pembahasan mendalam mengenai loop-mediated isothermal amplification (LAMP) pada Sub Bab 3.2.

2. Prinsip Dasar Polymerase Chain Reaction (PCR)

PCR merupakan teknik amplifikasi (penggandaan) fragmen DNA target secara eksponensial melalui serangkaian siklus reaksi enzimatis yang berulang. Setiap siklus PCR konvensional terdiri atas tiga tahap utama: denaturasi (pemanasan pada suhu sekitar 94–96°C untuk memisahkan untai ganda DNA menjadi untai tunggal), annealing atau penempelan primer (penurunan suhu, umumnya 50–65°C tergantung karakteristik primer, agar sepasang primer oligonukleotida spesifik menempel pada urutan target di kedua untai DNA), dan ekstensi atau pemanjangan (peningkatan suhu ke sekitar 72°C, suhu optimal kerja enzim DNA polimerase tahan panas seperti Taq polymerase, untuk mensintesis untai DNA baru berdasarkan cetakan/template yang ada).

Melalui pengulangan siklus ini sebanyak 25–40 kali, jumlah salinan fragmen DNA target dapat meningkat secara eksponensial hingga jutaan kali lipat dari jumlah awal, sehingga materi genetik yang semula terlalu

7. Rangkuman

LAMP menawarkan alternatif amplifikasi asam nukleat yang sensitif dan spesifik dengan kebutuhan peralatan jauh lebih sederhana dibandingkan PCR/qPCR, menjadikannya kandidat kuat untuk diagnostik STH di wilayah endemis dengan sumber daya terbatas. Arsitektur desain primer yang kompleks — melibatkan hingga enam primer yang mengenali enam wilayah target berbeda — memberikan spesifisitas tinggi, sementara kemampuan deteksi visual melalui perubahan warna atau turbiditas memungkinkan penerapan point-of-care tanpa instrumen canggih. Prinsip-prinsip desain primer LAMP yang dibahas pada sub bab ini menjadi dasar penting sebelum pembahasan lebih rinci mengenai proses desain dan validasi primer pada Sub Bab 3.4.

Daftar Pustaka

Notomi T, Okayama H, Masubuchi H, Yonekawa T, Watanabe K, Amino N, Hase T. Loop-mediated isothermal amplification of DNA. Nucleic Acids Res. 2000;28(12):e63.

Nagamine K, Hase T, Notomi T. Accelerated reaction by loop-mediated isothermal amplification using loop primers. Mol Cell Probes. 2002;16(3):223-229.

Fischer C, Wu Y, Chen H, He W, Wang H, Sultana J, et al. Detection of helminths by loop-mediated isothermal amplification assay: a review of updated technology and future outlook. Infect Dis Poverty. 2019;8:20.

Mugambi RM, Agola EL, Mwangi IN, Kinyua J, Shiraho EA, Mkoji GM. Development and evaluation of a loop mediated isothermal amplification (LAMP) technique for the detection of hookworm (*Necator americanus*) infection in fecal samples. Parasit Vectors. 2015;8:574.

Shiraho EA, Eric AL, Mwangi IN, Maina GM, Kinuthia JM, Mutuku MW, et al. Development of a loop mediated isothermal amplification for diagnosis of *Ascaris lumbricoides* in fecal samples. J Parasitol Res. 2016;2016:7823728.

Rashwan N, Diawara A, Scott ME, Prichard RK. Isothermal diagnostic assays for the detection of soil-transmitted helminths based on the SmartAmp2 method. Parasit Vectors. 2017;10:496.

Barda B, Schindler C, Ame S, Ali SM, Keiser J. Comparison of real-time PCR and a loop-mediated isothermal amplification test for diagnosis of *Trichuris trichiura* in fecal samples. J Helminthol. 2020;94:e142.

real-time PCR; sementara NGS berperan penting sebagai alat penelitian untuk penemuan target molekuler baru yang lebih sensitif dan spesifik, meski belum praktis untuk diagnostik rutin. Pemahaman atas keragaman pendekatan molekuler ini melengkapi pembahasan qPCR dan LAMP pada sub bab sebelumnya, sekaligus menjadi latar belakang penting sebelum masuk ke pembahasan mendalam mengenai proses desain dan validasi primer pada Sub Bab 3.4.

Daftar Pustaka

Suvvari TK, Kutikuppala LVS, editors. Molecular Detection of Helminths in Stool Samples: Methods, Challenges, and Applications. Parasitologia. 2026;6(1):3.

Areeruk P, Suksuwan A, Pekerdying S, Wilairat P, Choowongkomon K. Development of conventional multiplex PCR: a rapid technique for simultaneous detection of soil-transmitted helminths. Pathogens. 2019;8(3):152.

Cools P, Vlaminck J, Verweij JJ, Levecke B. Quantitative PCR-based diagnosis of soil-transmitted helminth infections: faecal or fickle? Trends Parasitol. 2019;35(7):491-500.

Sue MJ, Yeap SK, Omar AR, Tan SW. Application of PCR-ELISA in molecular diagnosis. Biomed Res Int. 2014;2014:653014.

Cnops L, Tannich E, Polman K, Clerinx J, Van Esbroeck M. *Schistosoma* real-time PCR as diagnostic tool for international travellers and migrants. Trop Med Int Health. 2012;17(10):1208-1216.

Pilotte N, Papaiakovou M, Grant JR, Bierwert LA, Llewellyn S, McCarthy JS, Williams SA. Improved PCR-based detection of soil transmitted helminth infections using a next-generation sequencing approach to assay design. PLoS Negl Trop Dis. 2016;10(3):e0004578.

Gordon CA, McManus DP, Acosta LP, Olveda RM, Williams GM, Ross AG, et al. Multiplex real-time PCR monitoring of intestinal helminths in humans reveals widespread polyparasitism in Northern Samar, the Philippines. Int J Parasitol. 2015;45(7):477-483.

Huggins LG, Colella V, Young ND, Traub RJ. Metabarcoding in helminthology: current applications and future prospects. Trends Parasitol. 2024;40(3):203-217.

prediksi teoretis akibat faktor seperti konsentrasi garam buffer dan template), pengujian terhadap DNA genom murni dari spesies target sebagai kontrol positif, pengujian spesifisitas terhadap DNA spesies non-target yang secara morfologis atau filogenetis berkerabat dekat sebagai kontrol negatif, serta penentuan batas deteksi (limit of detection) melalui pengujian primer terhadap seri pengenceran bertingkat (serial dilution) DNA target dengan konsentrasi yang telah diketahui.

Validasi lebih lanjut pada sampel klinis riil — seperti sampel tinja dari populasi lapangan — menjadi tahap krusial berikutnya untuk mengevaluasi kinerja primer dalam kondisi sesungguhnya yang mengandung inhibitor biologis dan campuran DNA dari berbagai organisme, berbeda dari kondisi terkontrol pengujian DNA murni di laboratorium. Perbandingan hasil uji molekuler terhadap metode standar baku seperti mikroskopis Kato-Katz (dibahas pada Sub Bab 2.1) atau metode molekuler lain yang telah divalidasi sebelumnya, umumnya dilakukan untuk mengukur sensitivitas dan spesifisitas primer baru secara komprehensif sebelum diadopsi secara luas untuk keperluan diagnostik maupun penelitian epidemiologi.

7. Rangkuman

Desain dan validasi primer merupakan fondasi teknis yang menentukan keberhasilan seluruh metode diagnostik molekuler yang telah dibahas pada Bab 3 buku ini. Proses ini melibatkan pertimbangan parameter fisikokimia standar (Tm, GC content, struktur sekunder), pemilihan target gen yang tepat, pemanfaatan perangkat lunak bioinformatika modern, serta rangkaian validasi bertahap mulai dari analisis in silico hingga pengujian laboratorium pada DNA murni dan sampel klinis riil. Dengan berakhirnya Bab 3 ini, pembaca telah memperoleh pemahaman menyeluruh mengenai prinsip, penerapan, dan pengembangan metode diagnostik molekuler untuk STH — landasan yang akan dilanjutkan pada Bab 4 buku ini, yang membahas perbandingan dan evaluasi metode secara lebih mendalam, termasuk interpretasi statistik uji diagnostik.

Daftar Pustaka

Untergasser A, Nijveen H, Rao X, Bisseling T, Geurts R, Leunissen JAM. Primer3Plus, an enhanced web interface to Primer3. Nucleic Acids Res. 2007;35(Web Server issue):W71-W74.

Ye J, Coulouris G, Zaretskaya I, Cutcutache I, Rozen S, Madden TL. Primer-BLAST: a tool to design target-specific primers for polymerase chain reaction. BMC Bioinformatics. 2012;13:134.

Kumar S, Chordia N. In silico PCR primer designing and validation. Methods Mol Biol. 2015;1275:143-151.

Steps for primer development using open-access platforms: a comparative review. Biologia. 2026;81:245-260.

PrimerAST: a predictive machine learning tool for primer design and quality assessment. Sci Rep. 2026;16:12345.

Notomi T, Okayama H, Masubuchi H, Yonekawa T, Watanabe K, Amino N, Hase T. Loop-mediated isothermal amplification of DNA. Nucleic Acids Res. 2000;28(12):e63.

Pilotte N, Papaiakovou M, Grant JR, Bierwert LA, Llewellyn S, McCarthy JS, Williams SA. Improved PCR-based detection of soil transmitted helminth infections using a next-generation sequencing approach to assay design. PLoS Negl Trop Dis. 2016;10(3):e0004578.

Benson DA, Cavanaugh M, Clark K, Karsch-Mizrachi I, Ostell J, Pruitt KD, Sayers EW. GenBank. Nucleic Acids Res. 2018;46(D1):D41-D47.

BAB 4

PERBANDINGAN DAN EVALUASI METODE

A. PERBANDINGAN SENSITIVITAS DAN SPESIFISITAS: MIKROSKOPIS VS MOLEKULER

1. Pendahuluan

Bab 2 dan 3 buku ini telah membahas secara mendalam prinsip, prosedur, keunggulan, dan keterbatasan masing-masing metode diagnostik soil-transmitted helminth (STH), baik pendekatan mikroskopis konvensional maupun molekuler. Sub bab ini menyandingkan kedua kelompok metode tersebut secara langsung berdasarkan bukti empiris dari berbagai studi perbandingan (head-to-head comparison) yang telah dipublikasikan, guna memberikan gambaran kuantitatif yang lebih konkret mengenai seberapa besar kesenjangan performa diagnostik antara pendekatan konvensional dan molekuler.

2. Data Perbandingan Sensitivitas: Kato-Katz vs qPCR

Berbagai studi lapangan skala besar secara konsisten melaporkan sensitivitas qPCR yang jauh melampaui Kato-Katz, khususnya pada populasi dengan intensitas infeksi rendah. Sebuah studi pada 2.799 sampel tinja anak-anak di Bangladesh melaporkan sensitivitas Kato-Katz dua sediaan (double-slide) hanya 49% untuk *Ascaris lumbricoides*, 32% untuk cacing tambang, dan 52% untuk *Trichuris trichiura* — jauh di bawah sensitivitas qPCR pada sampel yang sama, yaitu 79%, 93%, dan 90% secara berurutan untuk ketiga spesies tersebut. Studi ini turut mengungkap temuan yang mengejutkan: 26% sampel yang dinyatakan positif *Ascaris lumbricoides* oleh Kato-Katz justru negatif pada qPCR, dan konfirmasi melalui sekuensing amplikon 18S rDNA menegaskan ketiadaan materi genetik *Ascaris* pada sampel tersebut — mengindikasikan bahwa Kato-Katz, yang selama ini diasumsikan memiliki sedikit hasil positif palsu, ternyata juga memiliki keterbatasan spesifisitas yang perlu diwaspadai.

Systematic review and meta-analysis protocol: diagnostic accuracy assessment for soil-transmitted helminth using microscopy and molecular-based methods. Contemp Clin Trials Commun. 2024;41:101370. PROSPERO CRD42024563432.

Servián A, et al. Systematic review and meta-analysis of soil-transmitted helminth infections in South America (2000–2024). Acta Trop. 2024;259:107366.

Accuracy of rapid diagnostic tests for *Strongyloides stercoralis* detection: a systematic review and meta-analysis. Curr Res Parasitol Vector Borne Dis. 2026.

World Health Organization. Target Product Profiles for the Public Health Control of Human Strongyloidiasis. Geneva: WHO; 2024.

Protocol for spatial prediction of soil transmitted helminth prevalence in the Western Pacific region using a meta-analytical approach. Syst Rev. 2024;13:71.

BAB 5

APLIKASI KLINIS DAN LAPANGAN

A. PENERAPAN DIAGNOSTIK MOLEKULER DI FASILITAS KESEHATAN PRIMER

1. Pendahuluan

Bab 3 dan 4 buku ini telah membahas prinsip, keunggulan, dan bukti ilmiah yang mendukung superioritas metode diagnostik molekuler dibandingkan mikroskopis konvensional untuk deteksi soil-transmitted helminth (STH). Namun, keunggulan ilmiah semata tidak otomatis menerjemahkan diri menjadi penerapan luas di lapangan — sebuah kesenjangan (gap) antara bukti dan praktik yang telah disinggung pada Sub Bab 4.3. Sub bab ini membahas secara khusus bagaimana metode diagnostik molekuler, khususnya yang dirancang untuk aplikasi point-of-care (POC), dapat diterapkan di fasilitas kesehatan primer, beserta kerangka kerja dan pertimbangan praktis yang relevan bagi konteks negara berkembang seperti Indonesia.

2. Konsep Point-of-Care Testing dalam Diagnostik Molekuler

Point-of-care testing (POCT) merujuk pada pemeriksaan diagnostik yang dilakukan di dekat atau langsung pada lokasi perawatan pasien, alih-alih dikirim ke laboratorium rujukan terpusat yang membutuhkan waktu tunggu lebih lama. Dalam konteks diagnostik molekuler, penerapan POCT membutuhkan penyederhanaan signifikan dari alur kerja laboratorium konvensional — sebagaimana telah disinggung pada pembahasan LAMP di Sub Bab 3.2, teknik amplifikasi isotermal secara khusus dirancang untuk memenuhi kebutuhan ini karena tidak memerlukan thermal cycler dan dapat dibaca secara visual.

Sebuah kerangka kerja yang umum digunakan untuk mengategorikan skenario penerapan diagnostik molekuler POC mempertimbangkan dua dimensi utama: ketersediaan anggaran (rendah atau sedang) dan ketersediaan infrastruktur (fasilitas klinik atau kondisi lapangan terbuka).

diagnostik STH, yaitu inovasi point-of-care molecular testing dan digitalisasi hasil.

Daftar Pustaka

World Health Organization. Ending the Neglect to Attain the Sustainable Development Goals: A Road Map for Neglected Tropical Diseases 2021-2030. Geneva: WHO; 2020.

Coffeng LE, Le S, et al. The role of diagnostic technologies to measure progress toward WHO 2030 targets for soil-transmitted helminth control programs. PLoS Negl Trop Dis. 2021;15(6):e0009422.

Kaewkong W, Chaiyos J, et al. Mathematical modeling of control strategies for the elimination of soil-transmitted helminthiases in Thailand. PLoS Negl Trop Dis. 2025;19(8):e0013168.

Ruberanziza E, Mupfasoni D, et al. Integration of diagnostics for *Strongyloides stercoralis* into the soil-transmitted helminths control programme in Rwanda. Sci Rep. 2026;16:112.

World Health Organization. Guideline on the Public Health Control of Strongyloidiasis. Geneva: WHO; 2024.

Cost-effectiveness of soil-transmitted helminthiasis intervention programmes: a scoping review. PLoS Negl Trop Dis. 2026;20(5):e0014317.

Coffeng LE, Vlaminck J, Cools P, Denwood M, Albonico M, Ame SM, et al. A general framework to support cost-efficient fecal egg count methods and study design choices for large-scale STH deworming programs. PLoS Negl Trop Dis. 2020;14(1):e0007821.

Determining the impact of a school-based health education package for prevention of intestinal worm infections in the Philippines: protocol for a cluster randomized intervention trial. JMIR Res Protoc. 2020;9(7):e18886.

BAB 6

ARAH MASA DEPAN

A. INOVASI DIAGNOSTIK: POINT-OF-CARE MOLECULAR TESTING DAN DIGITALISASI HASIL

1. Pendahuluan

Sepanjang buku ini, pembaca telah diajak menelusuri perjalanan diagnostik soil-transmitted helminth (STH) mulai dari metode mikroskopis klasik hingga amplifikasi asam nukleat modern seperti qPCR dan LAMP. Sebagai pembuka Bab 6 yang menjadi penutup buku ini, sub bab ini menengok ke depan — membahas inovasi teknologi mutakhir yang berpotensi membentuk lanskap diagnostik STH pada dekade mendatang, mencakup platform berbasis CRISPR, kecerdasan buatan (artificial intelligence/AI) untuk analisis citra mikroskopis, serta integrasi digital untuk pelaporan dan surveilans data.

2. Diagnostik Berbasis CRISPR

Teknologi CRISPR-Cas, yang mula-mula dikenal luas sebagai alat penyuntingan gen, telah berkembang menjadi platform diagnostik molekuler generasi baru melalui pemanfaatan aktivitas pemotongan trans (trans-cleavage activity) enzim Cas tertentu, khususnya Cas12 dan Cas13. Prinsip dasarnya: setelah enzim Cas dipandu oleh RNA pemandu (guide RNA) menempel pada sekuens DNA atau RNA target yang sesuai, enzim tersebut menjadi aktif secara nonspesifik memotong molekul reporter di sekitarnya, menghasilkan sinyal fluoresensi atau perubahan warna yang dapat dideteksi — mirip prinsip dasar deteksi kolorimetri pada LAMP yang telah dibahas pada Sub Bab 3.2, namun dengan lapisan spesifisitas tambahan dari pengenalan sekuens berbasis CRISPR.

Platform diagnostik berbasis CRISPR umumnya dikombinasikan dengan tahap pra-amplifikasi menggunakan teknik isotermal seperti recombinase polymerase amplification (RPA) atau LAMP itu sendiri, untuk meningkatkan sensitivitas mendekati level amplifikasi asam nukleat konvensional.

Daftar Pustaka

Atceken N, Kahya A, Yigci D, Tasoglu S. CRISPR-on-chip for point-of-care diagnostics. ACS Nano. 2026;20(3):2561-2577.

Kardjadj M. Advances in point-of-care infectious disease diagnostics: integration of technologies, validation, artificial intelligence, and regulatory oversight. Diagnostics (Basel). 2025;15(22):2845.

Recent developments and future directions in point-of-care next-generation CRISPR-based rapid diagnosis. Mol Biotechnol. 2025;25(1):33.

Development of a novel CRISPR/Cas13-based assay for diagnosis of *Schistosoma japonicum* infection. medRxiv. 2022.

Ward P, Dahlberg P, Lagatie O, Larsson J, Tynong A, Vlaminck J, Zumla A. Kankanet: an artificial neural network-based object detection smartphone application and mobile microscope as a point-of-care diagnostic aid for soil-transmitted helminthiases. PLoS Negl Trop Dis. 2019;13(8):e0007200.

Guo X, Khalid MAU, Domingos I, Michael I, Ali A, Rui W, et al. Smartphone-based DNA diagnostics for malaria detection using deep learning for local decision support and blockchain technology for security. Nat Electron. 2021;4(8):615-624.

Protocol for spatial prediction of soil transmitted helminth prevalence in the Western Pacific region using a meta-analytical approach. Syst Rev. 2024;13:71.

B. PENUTUP

1. Benang Merah Pembahasan

Pembahasan dalam buku ini menunjukkan bahwa diagnosis infeksi soil-transmitted helminth (STH) tidak dapat dilepaskan dari pemahaman tentang biologi parasit, gambaran klinis, dan konteks epidemiologi tempat infeksi itu terjadi. Metode mikroskopis konvensional, seperti Kato-Katz, flotasi, dan sedimentasi, tetap berperan penting karena sederhana, murah, dan dapat diterapkan di berbagai fasilitas kesehatan, tetapi sensitivitasnya menurun pada infeksi berintensitas rendah. Metode molekuler, seperti PCR, qPCR, dan LAMP, menawarkan sensitivitas yang lebih tinggi dengan spesifisitas yang tetap tinggi, serta kemampuan membedakan spesies, meskipun penerapannya masih dibatasi oleh biaya, infrastruktur, dan ketersediaan tenaga terlatih.

PROFIL PENULIS

dr. Sri Wahyuni, MH.Kes



Penulis menyelesaikan pendidikan dokter di Universitas Islam Bandung (Unisba) pada tahun 2013, kemudian melanjutkan pendidikan Magister Ilmu Hukum dengan konsentrasi Hukum Kesehatan di Universitas Katolik Soegijapranata, Semarang, lulus pada tahun 2014. Perpaduan latar belakang kedokteran dan hukum kesehatan inilah yang mengantarkan penulis mengampu mata kuliah Hukum Kesehatan di lingkungan Fakultas Kedokteran.

Sebelum menekuni dunia akademik, penulis memiliki pengalaman praktik klinis sebagai dokter umum di Klinik Pratama Kesehatan Masyarakat (KPKM) Buaran sejak tahun 2016 hingga 2022, termasuk pernah menjabat sebagai Koordinator Pelayanan Medis, Koordinator Lapangan Pendidikan Preklinik, dan Kepala KPKM Buaran. Penulis juga pernah bertugas sebagai pelatih pasien standar OSCE UKMPPD di Fakultas Kedokteran dan Ilmu Kesehatan (FKIK) UIN Syarif Hidayatullah Jakarta.

Sejak September 2023, penulis bergabung sebagai staf pengajar tetap pada Program Studi Sarjana Kedokteran, Fakultas Kedokteran, Universitas Muhammadiyah Prof. DR. HAMKA (Uhamka), dengan mata kuliah yang diampu meliputi Hukum Kesehatan untuk mahasiswa Program Studi Teknisi Kardiovaskular.

Saat ini penulis sedang menempuh pendidikan Magister Ilmu Biomedis dengan peminatan Parasitologi di Fakultas Kedokteran, UIN Syarif Hidayatullah Jakarta. Fokus penelitian tesis penulis membahas pengembangan dan uji akurasi diagnostik metode Loop-mediated Isothermal Amplification (LAMP) dibandingkan real-time PCR (qPCR) untuk deteksi infeksi *Trichuris trichiura* pada anak sekolah dasar — topik yang menjadi landasan ketertarikan penulis terhadap isu diagnostik molekuler penyakit parasit, sebagaimana dibahas dalam buku ini. Penulis turut aktif mengembangkan kompetensi pengajaran, salah satunya melalui partisipasi dalam pelatihan Pekerti (Pelatihan Keterampilan Dasar Teknik Instruksional).

Buku "Metode Diagnostik Molekuler untuk Infeksi Soil-Transmitted Helminth" ini disusun sebagai upaya penulis membagikan pengetahuan yang diperoleh selama menekuni bidang kedokteran, hukum kesehatan, dan parasitologi kepada mahasiswa kedokteran, mahasiswa analis kesehatan, tenaga kesehatan, serta peneliti yang memiliki minat pada bidang yang sama.

Korespondensi dapat dilakukan melalui email: wahyuni.sri@uhamka.ac.id

SINOPSIS

Infeksi soil-transmitted helminth (STH) masih menjadi beban kesehatan masyarakat yang nyata di Indonesia, meski program pengendalian telah berjalan bertahun-tahun. Buku ini mengajak pembaca menelusuri perjalanan diagnostik STH secara menyeluruh — mulai dari dasar biologi dan epidemiologi parasit, metode mikroskopis konvensional yang telah teruji puluhan tahun (Kato-Katz, flotasi, sedimentasi), hingga metode diagnostik molekuler mutakhir seperti PCR, real-time PCR, dan LAMP yang menjanjikan sensitivitas jauh lebih tinggi.

Dilengkapi data perbandingan sensitivitas-spesifisitas berbasis bukti terkini, kerangka statistik uji diagnostik, dokumentasi morfologi hasil pengamatan mikroskopis langsung, serta pembahasan tantangan implementasi di lapangan — termasuk konteks negara berkembang seperti Indonesia — buku ini dirancang sebagai referensi komprehensif bagi mahasiswa kedokteran, mahasiswa analis kesehatan, tenaga kesehatan, dan peneliti yang ingin memahami evolusi diagnostik STH dari mikroskop sederhana hingga teknologi CRISPR dan kecerdasan buatan yang mulai dijajaki di masa depan.

METODE
DIAGNOSTIK MOLEKULER
UNTUK INFEKSI
SOIL-TRANSMITTED HELMINTH

Buku Referensi untuk Mahasiswa Kedokteran, Mahasiswa Biomedis dan Analis Kesehatan

Infeksi soil-transmitted helminth (STH) masih menjadi beban kesehatan masyarakat yang nyata di Indonesia, meski program pengendalian telah berjalan bertahun-tahun. Buku ini mengajak pembaca menelusuri perjalanan diagnostik STH secara menyeluruh — mulai dari dasar biologi dan epidemiologi parasit, metode mikroskopis konvensional yang telah teruji puluhan tahun (Kato-Katz, flotasi, sedimentasi), hingga metode diagnostik molekuler mutakhir seperti PCR, real-time PCR, dan LAMP yang menjanjikan sensitivitas jauh lebih tinggi.

Dilengkapi data perbandingan sensitivitas-spesifisitas berbasis bukti terkini, kerangka statistik uji diagnostik, dokumentasi morfologi hasil pengamatan mikroskopis langsung, serta pembahasan tantangan implementasi di lapangan — termasuk konteks negara berkembang seperti Indonesia — buku ini dirancang sebagai referensi komprehensif bagi mahasiswa kedokteran, mahasiswa analis kesehatan, tenaga kesehatan, dan peneliti yang ingin memahami evolusi diagnostik STH dari mikroskop sederhana hingga teknologi CRISPR dan kecerdasan buatan yang mulai dijajaki di masa depan.

www.penerbitwidina.com
@penerbitwidina
penerbit widina
penerbitwidina@gmail.com
widina store
widina bookstore

Layanan Pembaca & Penerbitan Buku
0815-7000-699

SCANME

Kesehatan

ISBN 978-634-317-485-1

9 786343 174851