

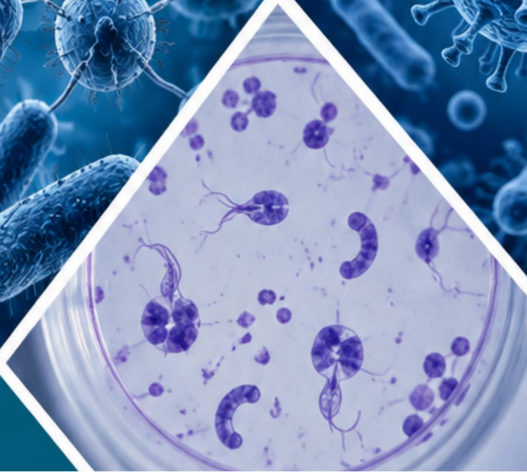
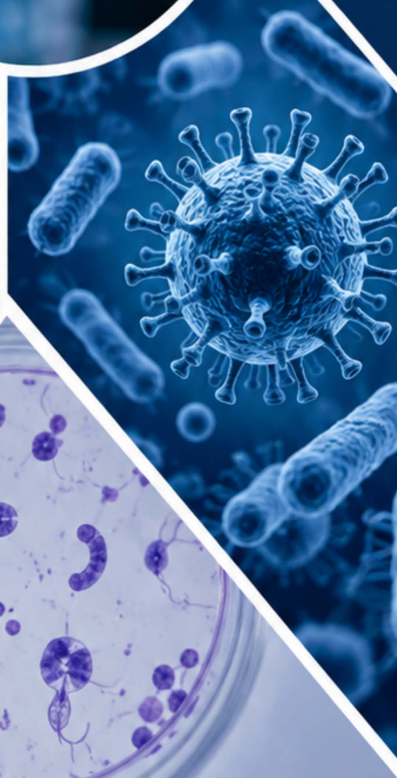
Diagnostik Modern dalam **Teknologi** Laboratorium Medik:

**Mikrobiologi, Parasitologi,
dan Manajemen Infeksi**



Penulis

1. Fitria Hariati Ramdhani
2. Winda Irawati Zebua
3. Valentine Hursepuny
4. Suraini
5. Pancawati Ariami
6. Dian Ekayanti Astari
7. Marti Silfia
8. Rizka Ariani
9. Achmad Rizki Azhari
10. Fredericus Pramonodjati



Diagnostik Modern dalam Teknologi Laboratorium Medik: Mikrobiologi, Parasitologi, dan Manajemen Infeksi

Fitria Hariati Ramdhani; Winda Irawati Zebua;
Valentine Hursepuny; Suraini; Pancawati Ariami; Dian
Ekayanti Astari; Marti Silfia; Rizka Ariani; Achmad
Rizki Azhari; Fredericus Pramonodjati

EDITOR: Rima Agnes Widya Astuti



PT. Mustika Sri Rosadi

Diagnostik Modern dalam Teknologi Laboratorium Medik: Mikrobiologi, Parasitologi, dan Manajemen Infeksi

Penulis:

- | | |
|----------------------------|-----------------------------|
| 1. Fitria Hariati Ramdhani | 6. Dian Ekayanti Astari |
| 2. Winda Irawati Zebua | 7. Marti silfia |
| 3. Valentine Hursepuny | 8. Rizka Ariani |
| 4. Suraini | 9. Achmad Rizki Azhari |
| 5. Pancawati Ariami | 10. Fredericus Pramonodjati |

Editor: Rima Agnes Widya Astuti

Layout: Tim PT. Mustika Sri Rosadi

Desain Sampul: Tim PT. Mustika Sri Rosadi

ISBN: 978-634-7775-68-9 (PDF)

Cetakan Pertama: 20 Agustus 2026

Hak Cipta 2026

Hak Cipta Dilindungi Oleh Undang-Undang

Dilarang memperbanyak karya tulis ini dalam bentuk dan dengan cara apapun tanpa izin tertulis dari penerbit.

Diterbitkan oleh **Penerbit Mustika Sri Rosadi**

Anggota IKAPI No. 544/JBA/2026

Alamat:

Citra Indah City, Bukit Heliconia, Kec. Jonggol, Kab. Bogor.

Email: mars.mustikasrirosadi@gmail.com

Website: mustikamars.com

KATA PENGANTAR

Puji syukur ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa atas terselesaikannya buku Diagnostik Modern dalam Teknologi Laboratorium Medik: Mikrobiologi, Parasitologi, dan Manajemen Infeksi. Buku ini disusun untuk memberikan pemahaman mengenai perkembangan teknologi diagnostik dalam bidang mikrobiologi dan parasitologi klinik. Materi yang disajikan mencakup konsep dasar penyakit infeksi, metode diagnostik konvensional dan modern, resistensi antimikroba, pendekatan One Health, sistem manajemen mutu laboratorium, serta integrasi diagnostik dalam pelayanan kesehatan. Kami menyampaikan apresiasi kepada seluruh penulis dan editor yang telah berkontribusi dalam penyusunan buku ini. Semoga buku ini dapat menjadi sumber referensi yang bermanfaat bagi mahasiswa, akademisi, Ahli Teknologi Laboratorium Medik, dan tenaga kesehatan dalam mendukung peningkatan mutu pelayanan kesehatan. ilmu dan peningkatan kualitas pelayanan kesehatan.

Bogor, 20 Agustus 2026

Penulis

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	ii
DAFTAR ISI.....	iii
DAFTAR TABEL	viii
DAFTAR GAMBAR	ix
BAB 1. KONSEP DASAR MIKROBIOLOGI DAN PARASITOLOGI KLINIK - Fitria Hariati Ramdhani	11
A. Pendahuluan	11
B. Sejarah Perkembangan Mikrobiologi dan Parasitologi.....	13
C. Konsep Dasar Mikrobiologi	16
D. Konsep Dasar Parasitologi	17
E. Penularan Penyakit Infeksi dan Parasitik.....	19
F. Spesimen Klinik dalam Mikrobiologi dan Parasitologi.....	21
G. Pemeriksaan Laboratorium Mikrobiologi dan Parasitologi	23
H. <i>Biosafety dan Biosecurity</i> di Laboratorium	25
I. Peran Ahli Teknologi Laboratorium Medik (ATLM) dalam Mikrobiologi dan Parasitologi Klinik.....	26
BAB 2. PATOGENESIS PENYAKIT INFEKSI - Winda Irawati Zebua.....	29
A. Definisi Patogenesis Penyakit Infeksi	29
B. Komponen Utama dalam Patogenesis Penyakit Infeksi.....	30

C. Tahapan Patogenesis Penyakit Infeksi	31
D. Faktor Virulensi Mikroorganisme.....	34
E. Respons Imun terhadap Infeksi.....	35
F. Patogenesis Berdasarkan Kelompok Mikroorganisme.....	36
G. Kesimpulan	36
BAB 3. DIAGNOSTIK MIKROBIOLOGI KONVENSIONAL -	
Valentine Hursepuny.....	38
A. Pengambilan Spesimen.....	38
B. Pemeriksaan Mikroskopis Langsung	42
C. Kultur Mikroorganisme.....	49
D. Identifikasi Mikroorganisme	53
BAB 4. DIAGNOSTIK PARASITOLOGI KONVENSIONAL -	
Suraini.....	60
A. Pendahuluan	60
B. Pemeriksaan Mikroskopis.....	62
C. Metode Konsentrasi	67
D. Metode Imunologi.....	73
BAB 5. TEKNOLOGI DIAGNOSTIK CEPAT (RAPID	
DIAGNOSTIC TEST/RDT DAN POINT OF CARE	
TESTING/POCT) - Pancawati Ariami	79
A. Pendahuluan	79
B. Definisi, ruang lingkup, dan klasifikasi RDT/POCT	81
C. Prinsip kerja dan perkembangan teknologi RDT/POCT	86
D. Sensitivitas, Spesifisitas, Nilai Prediktif, dan LoD .	95

E. Kegunaan Klinis.....	104
F. Keterbatasan, risiko bias, dan tantangan implementasi.....	108
G. Pengendalian Mutu, biosafety, dokumentasi, dan implementasi.....	110
H. Ringkasan	129
BAB 6. NEXT-GENERATION SEQUENCING (NGS) DALAM DETEKSI PATOGEN - Dian Ekayanti Astari.....	130
A. Pendahuluan	130
B. Definisi dan Konser Dasar NGS	131
D. Alur Kerja Pemeriksaan NGS	138
E. Metagenomik dalam Deteksi Patogen	142
F. WGS untuk Karakterisasi Patogen.....	144
BAB 7. RESISTENSI ANTIMIKROBA DAN ONE HEALTH - Marti Silfia	151
A. Definisi.....	151
B. Konsep One Health Dalam Resistensi Antibiotik.....	153
C. Perkembangan dan Dampak Resistensi Antimikroba.....	154
D. Klasifikasi Resisten Antimikroba.....	155
E. Mekanisme Resistensi Antimikroba.....	159
F. Penyebab Terjadinya Resistensi	160
G. Pendekatan One Health dalam Pengendalian AMR.....	161
H. Peran Laboratorium Medik	162
I. Pencegahan Resistensi Antimikroba.....	162
J. Kesimpulan	163

BAB 8. EMERGING & RE-EMERGING INFECTIOUS DISEASES - Rizka Ariani.....	164
A. Pendahuluan	164
B. Faktor Penyebab <i>Emerging</i> dan <i>Re-emerging Diseases</i>	166
C. Klasifikasi Emerging dan Re-emerging Infectious Diseases	170
D. Teknologi Diagnostik Modern pada Emerging Infectious Disease.....	174
E. Studi Kasus Emerging dan Re-emerging Diseases	178
BAB 9. QUALITY CONTROL & QUALITY ASSURANCE LABORATORIUM INFEKSI - Achmad Rizki Azhari.....	182
A. Sistem Manajemen Mutu Laboratorium (<i>Quality Management System/Qms</i>).....	182
B. <i>Quality Control</i> (QC) dalam Pemeriksaan Laboratorium Infeksi	188
C. <i>Quality Assurance</i> (QA) dan Akreditasi Laboratorium.....	193
D. Peningkatan Mutu Berkelanjutan di Laboratorium.....	198
E. Kesimpulan	204
BAB 10. INTEGRASI DIAGNOSTIK DALAM MANAJEMEN INFEKSI DI LAYANAN KESEHATAN - Fredericus Pramonodjati	206
A. Pendahuluan	206

B. Konsep Dasar Integrasi Diagnostik dalam Manajemen Infeksi	209
C. Ruang Lingkup Integrasi Diagnostik	222
D. Peran Diagnostik Modern dalam Setiap Tahapan Manajemen Infeksi	240
E. Mekanisme dan Sarana Integrasi Diagnostik	267
F. Tantangan dan Solusi Penerapan Integrasi Diagnostik	280
G. Evaluasi dan Indikator Keberhasilan	287
H. Tren dan Prospek Pengembangan ke Depan	292
I. Kesimpulan	296
DAFTAR PUSTAKA	299
BIOGRAFI EDITOR	338
BIOGRAFI PENULIS	338
SINOPSIS	362

DAFTAR TABEL

Tabel 3. 1 Prinsip Pengambilan Spesimen	39
Tabel 3. 2 Media Transport.....	41
Tabel 3. 3 Media Kultur.....	50
Tabel 3. 4 Uji Bio Kimia	55
Tabel 5. 1 Perbedaan konsep RDT dan POCT.....	83
Tabel 5. 2 Ringkasan platfor, analitik RDT/POCT.....	94
Tabel 5. 3 Contoh perubahan PPV/NPV menurut prevalensi (tes dengan sensitivitas.....	102
Tabel 5. 4 Contoh Kegunaan klinis RDT/POCT.....	104
Tabel 5. 5 Keterbatasan utama RDT/POCT menurut fase proses	108
Tabel 5. 6 Checklist implementasi dan quality control POCT	117
Tabel 5. 7 Contoh dokumen resmi yang dapat dipakai sebagai bahan ajar.....	127

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1 Klasifikasi Mikroorganisme	16
Gambar 1. 2 Kurva pertumbuhan mikroba.....	17
Gambar 1. 3 Klasifikasi Parasit.....	18
Gambar 1. 4 Siklus hidup parasit, (a) langsung, (b) tidak langsung	19
Gambar 3. 1 Tahapan Pewarnaan Gram. Sumber: Dokumentasi Pribadi.....	44
Gambar 3. 2 Hasil pewarnaan Gram dari spesimen sputum tampak epitel, leukosit tipe polimorfonuklear (PMN) serta bakteri Gram positif dan negatif.....	44
Gambar 3. 3 Prosedur pewarnaan Ziehl-Neelsen	45
Gambar 3. 4 ewarnaan Ziehl Neelsen pada spesimen Reitz serum ditemukan basil tahan asam berwarna merah.....	46
Gambar 3. 5 Pemeriksaan KOH 10% pada spesimen rambut.....	46
Gambar 3. 6 Teknik pewarnaan negatif.....	47
Gambar 3. 7 Prosedur pewarnaan spora.....	48
Gambar 3. 8 Jenis-jenis media pertumbuhan.....	51
Gambar 3. 9 Metode streak plate untuk isolasi bakteri dengan 4 kuadran.	52
Gambar 3. 10 Aktivitas biokimia pada mikroorganisme	54

Gambar 3. 11 Prosedur uji kepekaan antibiotik (Kirby-Bauer).....	57
Gambar 3. 12 MIC pada antibiotik S.....	58
Gambar 3. 13 MIC pada antibiotik.....	59
Gambar 5. 1 Skema kerja lateral flow immunoassay (LFIA)	89
Gambar 5. 2 Pengaruh prevalensi terhadap PPV dan NPV pada contoh tes dengan sensitivitas 85% dan spesifisitas 95%.	96
Gambar 5. 3 Contoh gambar nyata RDT berbasis kaset/card.....	107
Gambar 5. 4 Contoh perangkat POCT berbasis analiser. Sumber: dokumentasi resmi Abbott Afinion HbA1c, HemoCue Glucose 201, dan Abbott i-STAT hs-TnI.	107
Gambar 5. 5 Perbandingan turnaround time (TAT) sentral-lab vs POCT.	111
Gambar 5. 6 Ekosistem mutu implementasi POCT.	114
Gambar 5. 7 Contoh dokumen resmi: brosur, IFU, dan package insert.....	121
Gambar 5. 8 Contoh Perangkat dan Platform RDT/POCT	126

BAB 1

KONSEP DASAR MIKROBIOLOGI DAN PARASITOLOGI KLINIK

Oleh: Fitria Hariati Ramdhani

A. Pendahuluan

Mikrobiologi klinik merupakan cabang ilmu mikrobiologi yang mempelajari tentang mikroorganisme penyebab penyakit pada manusia, meliputi bakteri, virus, jamur, dan sebagian mikroorganisme lainnya, serta penerapannya dalam diagnosis, pencegahan, pengobatan, dan pengendalian penyakit infeksi melalui pemeriksaan laboratorium klinik. Bidang ilmu ini mencakup identifikasi mikroorganisme, kultur, uji kepekaan antimikroba, hingga pemanfaatan teknologi molekuler untuk menghasilkan diagnosis yang cepat dan akurat. Parasitologi klinik adalah cabang ilmu yang mempelajari berbagai parasit yang menginfeksi manusia, meliputi protozoa, heminth, dan arthropoda, termasuk morfologi, siklus hidup, patogenesis, epidemiologi, metode diagnosis laboratorium, terapi, dan upaya pencegahannya. Kedua disiplin ilmu tersebut menjadi dasar dalam memahami hubungan

antara agen infeksi dengan hospes sehingga mampu mendukung penegakan diagnosis penyakit infeksi secara komprehensif (Ronny *et al.*, 2024; Nuryati *et al.*, 2023; Rosana, 2023).

Ruang lingkup mikrobiologi dan parasitologi klinik meliputi seluruh tahapan pemeriksaan mikroskopis, kultur, identifikasi mikroorganisme dan parasit, uji sensitivitas antimikroba, pemeriksaan imunologi, hingga teknik biologi molekuler seperti *Polymerase Chain Reaction* (PCR). Selain berorientasi pada diagnosis penyakit infeksi, kedua bidang ini juga mencakup surveilans penyakit menular, pemantauan resistensi antimikroba, investigasi kejadian luar biasa (KLB), penegndalian infeksi di fasilitas pelayanan kesehatan, serta pengembangan metode diagnostik yang lebih sensitif dan spesifik. Perkembangan teknologi laboratorium telah memperluas ruang lingkup mikrobiologi dan parasitologi klinik sehingga mampu memberikan hasil pemeriksaan yang lebih cepat, akurat, dan mendukung pelayanan kesehatan berbasis bukti (Ronny *et al.*, 2024; Rosana, 2023).

Dalam pelayanan kesehatan, mikrobiologi dan parasitologi klinik memiliki peranan yang sangat penting sebagai penunjang utama dalam penegakan diagnosis, pemilihan terapi yang tepat, pemantauan keberhasilan pengobatan, serta pencegahan penyebaran penyakit infeksi. Hasil pemeriksaan

laboratorium menjadi dasar bagi klinis dalam menentukan penggunaan antibiotik maupun antiparasit secara rasional sehingga dapat menekan kejadian resistensi antimikroba. Selain itu, kedua bidang ilmu ini berkontribusi dalam program pengendalian infeksi di rumah sakit, surveilans penyakit menular, investigasi wabah, serta mendukung berbagai program nasional seperti eliminasi malaria, filariasis, tuberkulosis, dan penyakit tropis terabaikan lainnya. Dengan demikian, mikrobiologi dan parasitologi klinik tidak hanya berfungsi sebagai sarana diagnosis, tetapi juga berperan dalam pencegahan penyakit, penelitian, pengembangan ilmu pengetahuan, serta pengambilan kebijakan kesehatan berbasis bukti untuk meningkatkan kualitas pelayanan kesehatan masyarakat (Kemenkes RI, 2024).

B. Sejarah Perkembangan Mikrobiologi dan Parasitologi

Perkembangan mikrobiologi dan parasitologi berawal dari penemuan mikroskop oleh *Antonie Van Leeuwenhoek* pada abad ke-17 yang memungkinkan mikroorganisme diamati secara langsung. Kemajuan ilmu ini kemudian dipercepat oleh penelitian *Louis Pasteur* mengenai teori kuman penyebab penyakit, fermentasi, dan vaksin, serta postulat *Robert Koch*

yang menjadi dasar pembuktian hubungan antara mikroorganisme dan penyakit infeksi. Pada bidang Parasitologi, perkembangan ilmu didorong oleh meningkatnya pemahaman mengenai siklus hidup protozoa, helminth, dan arthropoda serta kaitannya dengan penyakit tropis malaria, filariasis, dan schistosomiasis. Di Indonesia, perkembangan mikrobiologi dan parasitologi semakin pesat seiring meningkatnya kasus penyakit infeksi, berkembangnya pendidikan tenaga laboratorium medik, serta penerapan ilmu mikrobiologi klinik dalam pelayanan kesehatan, surveilans penyakit, dan pengendalian resistensi antimikroba (Ridwan, 2024; Rosana, 2023).

Metode diagnosis laboratorium pada awalnya didominasi oleh pemeriksaan konvensional berupa pengamatan secara makroskopis dan mikroskopis, pewarnaan, kultur mikroorganisme, identifikasi morfologi parasit, serta uji biokimia. Meskipun metode tersebut masih menjadi baku emas untuk berbagai pemeriksaan, kelemahannya adalah memerlukan waktu yang relatif lama dan sangat bergantung pada kompetensi pemeriksa. Saat ini perkembangan teknologi diagnostik telah menggeser paradigma menuju pemeriksaan yang lebih cepat, sensitif, dan spesifik melalui metode imunologi seperti *ELISA*, *rapid diagnostic test* (RDT), deteksi antigen maupun antibodi, serta teknologi biologi molekuler

seperti *Polymerase Chain Reaction* (PCR), *real-time PCR*, *multiplex PCR*, *sekuensing DNA*, dan berbagai teknik berbasis asam nuklet. Selain itu, laboratorium mikrobiologi modern juga mulai memanfaatkan sistem identifikasi otomatis, *Matrix-Assisted Laser Desorption/Ionization Time-of-Flight Mass Spectrometry* (MALDI-TOF MS), bioinformatika, serta kecerdasan buatan untuk mempercepat identifikasi mikroorganisme dan mendukung pengambilan keputusan klinik (Khoireina *et al.*, 2026; Andayaningsih, 2017).

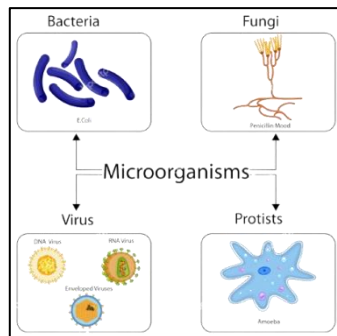
Perkembangan mikrobiologi dan parasitologi modern tidak hanya berfokus pada identifikasi penyebab penyakit, tetapi juga pada penerapan pendekatan diagnostik presisi (*precision diagnostic*), *surveilans genomik*, dan pengendalian penyakit berbasis bukti. Integrasi teknik molekuler dan epidemiologi, bioinformatika, serta sistem informasi laboratorium memungkinkan deteksi dini penyakit infeksi baru (*emerging disease*), pemantauan resistensi antimikroba, identifikasi wabah secara cepat, dan evaluasi keberhasilan program eliminasi penyakit seperti malaria dan filariasis. Perkembangan tersebut telah meningkatkan peran laboratorium mikrobiologi dan parasitologi sebagai pusat diagnosis, penelitian, pengembangan vaksin dan obat, serta pendukung

kebijakan kesehatan masyarakat (Khoireina *et al.*, 2026; Rosana, 2023).

C. Konsep Dasar Mikrobiologi

1. Pengertian Mikroorganisme

Mikroorganisme adalah makhluk hidup berukuran mikro yang hanya dapat dilihat dengan mikroskop. Mikroorganisme mencakup bakteri, virus, jamur, dan protozoa mikroskopis yang hidup di berbagai lingkungan dan dapat bersifat menguntungkan maupun merugikan bagi manusia (Madigan *et al.*, 2021; Pelczar *et al.*, 2017).



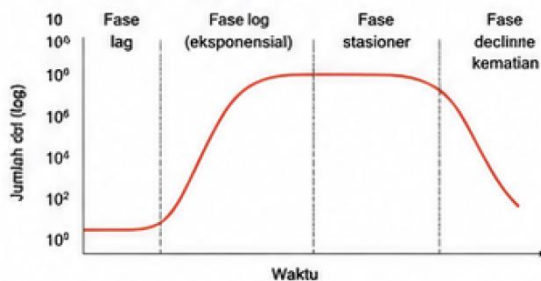
Gambar 1. 1 Klasifikasi Mikroorganisme

2. Pertumbuhan dan Perkembangbiakan Mikroorganisme

- a. Faktor yang mempengaruhi pertumbuhan
 - 1) Nutrisi: sumber karbon, nitrogen, mineral, vitamin.
 - 2) Suhu: setiap mikroba memiliki suhu optimal tertentu.

- 3) pH: sebagian besar mikroba tumbuh pada pH netral.
- 4) Oksigen: tersedia atau tidaknya oksigen mempengaruhi pertumbuhan.
- 5) Kelembaban: mikroba memerlukan air untuk aktivitas metaboliknya.
- 6) Tekanan osmotik: konsentrasi garam/gula mempengaruhi pertumbuhannya.
- 7) Zat kimia: antibiotik, disinfektan dapat menghambat pertumbuhan.

b. Kurva Pertumbuhan Mikroba

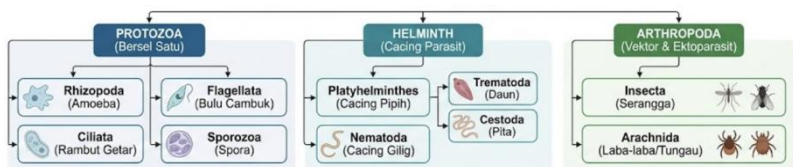


Gambar 1. 2 Kurva pertumbuhan mikroba
(Madigan et al., 2021).

D. Konsep Dasar Parasitologi

Parasitologi merupakan cabang ilmu biologi yang mempelajari organisme parasit, hubungan antara parasit dengan hospes (host), serta dampak yang ditimbulkan terhadap kesehatan manusia, hewan, dan lingkungan. Parasit adalah organisme

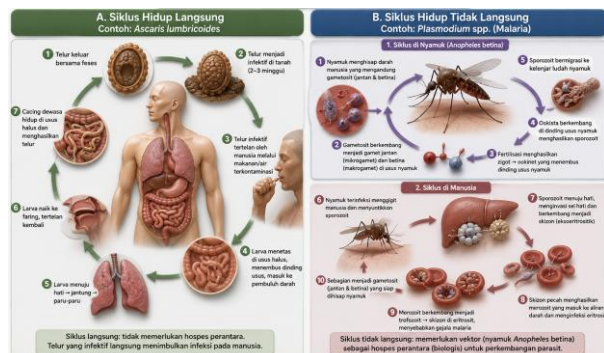
yang hidup pada atau di dalam tubuh organisme lain untuk memperoleh nutrisi dan tempat hidup sehingga menguntungkan dirinya, tetapi umunya merugikan hospes. berdasarkan karakteristiknya, parasit yang menginfeksi manusia dikelompokkan menjadi tiga golongan utama, yaitu protozoa, helminth (cacing), dan arthropoda. Selain mempelajari morfologi, klasifikasi, dan siklus hidup parasit, ilmu parasitologi juga mencakup mekanisme penularan, patogenesis, epidemiologi, diagnosis laboratorium, terapi, serta upaya pencegahan dan pengendalian penyakit parasit. Perkembangan ilmu parasitologi saat ini sangat berperan dalam mendukung diagnosis penyakit tropis, surveilnes kesehatan, serta program eliminasi penyakit seperti malaria, filariasis, dan kecacingan di Indonesia (Supenah *et al.*, 2025; Nuryati *et al.*, 2023).



Gambar 1. 3 Klasifikasi Parasit

Konsep dasar parasitologi tidak dapat dipisahkan dari pemahaman mengenai interaksi antara parasit, hospes, dan lingkungan. Keberhasilan suatu parasit dalam menginfeksi hospes dipengaruhi oleh virulensi parasit, respon imun hospes,

keberadaan vektor, serta faktor lingkungan yang mendukung proses transmisi. Dalam siklus hidupnya, beberapa parasit hanya memerlukan satu hospes (siklus langsung), sedangkan parasit lainnya memerlukan hospes perantara atau vektor biologis untuk menyelesaikan perkembangannya (siklus tidak langsung). Oleh karena itu, penguasaan dalam memahami mekanisme penyakit parasitik, memilih metode diagnosis laboratorium yang tepat, serta merancang strategi pencegahan dan pengendalian penyakit berbasis bukti (Ladyani, 2025; Katiandagho *et al.*, 2024).



Gambar 1. 4 Siklus hidup parasit, (a) langsung, (b) tidak langsung

E. Penularan Penyakit Infeksi dan Parasitik

Pencegahan dilakukan dengan menerapkan higiene sanitasi makanan, menggunakan air bersih,

dan memasak makanan hingga matang (Pradana *et al.*, 2021).

1. Penularan Melalui Udara

Penularan melalui udara terjadi ketika droplet atau partikel udara yang mengandung mikroorganisme terhirup oleh orang lain. Penyakit yang ditularkan melalui mekanisme ini antara lain tuberkulosis, influenza, COVID-19, dan campak. Pencegahan dilakukan dengan penggunaan masker, menjaga ventilasi ruangan, etika batuk, dan imunisasi (Pradana *et al.*, 2021).

2. Penularan Melalui Vektor

Penularan melalui vektor melibatkan serangga atau arthropoda sebagai pembawa agen penyakit, seperti nyamuk *Anopheles* pada malaria, *Aedes* pada demam berdarah, dan *Culex* pada filariasis. Pengendalian dilakukan melalui pemberantasan sarang nyamuk, penggunaan kelambu, insektisida, dan menjaga kebersihan lingkungan (Arimurti *et al.*, 2025; Maksum *et al.*, 2023).

3. Penularan Melalui Tanah

Penularan melalui tanah terjadi ketika telur atau larva parasit dalam tanah masuk ke tubuh melalui makanan, tangan, atau menembus kulit. Contohnya adalah infeksi *Soil-Transmitted Helminths* (STH) seperti askariasis, trikuriasis, dan infeksi cacing tambang. Pencegahan dilakukan dengan

menggunakan jamban sehat, mencuci tangan, memakai alas kaki, dan menjaga sanitasi lingkungan (Pradana *et al.*, 2021).

F. Spesimen Klinik dalam Mikrobiologi dan Parasitologi

1. Jenis Spesimen

Spesimen klinik merupakan bahan biologis yang diambil dari pasien untuk mendukung diagnosis penyakit infeksi dan parasitik. Jenis spesimen yang digunakan disesuaikan dengan lokasi infeksi, antara lain darah, urine, feses sputum, usap tenggorokan atau nasofaring, cairan serebrospinal, cairan tubuh, jaringan, kerokan kulit, rambut, dan kuku. Pemilihan spesimen yang tepat akan meningkatkan sensitivitas dan akurasi hasil pemeriksaan laboratorium (Cahyani & Parwati, 2022; Kemenkes RI, 2024).

2. Teknik Pengambilan Spesimen

Pengambilan spesimen harus dilakukan sesuai prosedur operasional standar (SOP) dengan memperhatikan identitas pasien, waktu pengambilan, teknik aseptik, penggunaan wadah yang sesuai, serta volume spesimen yang cukup. Teknik pengambilan yang benar bertujuan mencegah kontaminasi, mempertahankan kualitas spesimen, dan menghasilkan pemeriksaan

laboratorium yang akurat (Cahyani & Parwati, 2022; Safitri, 2021).

3. Penyimpanan dan Transportasi Spesimen

Setelah diambil, spesimen harus segera disimpan dan dikirim ke laboratorium sesuai persyaratan masing-masing jenis pemeriksaan. Beberapa spesimen memerlukan media transport khusus dan pengaturan suhu tertentu untuk mempertahankan viabilitas mikroorganisme atau stabilitas antigen dan asam nukleat. Keterlambatan pengiriman atau penyimpana yang tidak sesuai dapat menyebabkan kerusakan spesimen sehingga mempengaruhi hasil pemeriksaan (Cahyani & Parwati, 2022; Kemenkes RI, 2024).

4. Kesalahan Pra-Analitik

Tahap pra-analitik merupakan tahap yang paling sering menyebabkan kesalahan dalam pemeriksaan laboratorium. Kesalahan dapat berupa identifikasi pasien yang tidak tepat, teknik pengambilan spesimen yang salah, volume spesimen tidak mencukupi, hemolisis, kontaminasi, penggunaan wadah yang tidak sesuai, serta keterlambatan pengiriman ke laboratorium. Oleh karena itu, penerapan prosedur pengambilan dan penanganan spesimen yang benar merupakan bagian penting

dari sistem kendali mutu laboratorium (Cahyani & Parwati, 2022; Safitri, 2021).

G. Pemeriksaan Laboratorium Mikrobiologi dan Parasitologi

1. Pemeriksaan Mikrobiologi

Pemeriksaan Mikrobiologi merupakan serangkaian metode laboratorium yang bertujuan untuk mendeteksi, mengisolasi, mengidentifikasi, dan mengkarakterisasi mikroorganisme penyebab penyakit. Pemeriksaan diawali dengan pemeriksaan mikroskopis menggunakan preparat langsung atau pewarnaan (misalnya Gram, *Ziehl-Neelson*, dan KOH) untuk mengamati bentuk dan karakteristik mikroba. Selanjutnya dilakukan kultur dan identifikasi pada media yang sesuai untuk memperoleh isolat murni, kemudian dilanjutkan dengan uji biokimia untuk mengetahui sifat metabolisme mikroorganisme sehingga dapat ditentukan spesiesnya.

Selain itu, pemeriksaan serologi digunakan untuk mendeteksi antigen atau antibodi melalui metode seperti aglutinasi, ELISA, dan imunokromatografi, sedangkan pemeriksaan molekuler, seperti PCR, real-time PCR, dan sekuensing akan memberikan hasil yang lebih cepat, sensitif, dan spesifik terutama pada

mikroorganisme yang sulit dikultur atau memerlukan diagnosis dini. Kombinasi berbagai metode tersebut menjadi dasar penegakan diagnosis, pemilihan terapi antimikroba, serta pemantauan penyakit infeksi secara akurat (Wardana *et al.*, 2024; Octifani *et al.*, 2023).

2. Pemeriksaan Parasitologi

Pemeriksaan parasitologi bertujuan untuk mendeteksi keberadaan parasit pada spesimen klinik untuk menegaskan diagnosis penyakit parasitik. Pemeriksaan yang paling sering dilakukan adalah pemeriksaan feses untuk menemukan telur, larva cacing, kista, atau trofozoit protozoa menggunakan preparat langsung maupun metode konsentrasi. Pemeriksaan darah digunakan untuk mendeteksi parasit darah seperti *Plasmodium sp.* dan mikrofilaria melalui sediaan darah tebal dan tipis. Sedangkan pemeriksaan jaringan dilakukan pada biopsi, aspirasi, atau kerikan jaringan untuk mengidentifikasi parasit yang hidup di jaringan tubuh.

Selain itu, teknik konsentrasi parasit seperti metode sedimentasi dan flotasi, digunakan untuk meningkatkan sensitivitas pemeriksaan terutama pada infeksi dengan jumlah parasit yang rendah. Kombinasi metode tersebut membantu meningkatkan akurasi diagnosis sehingga dapat

menunjang penatalaksanaan dan pengendalian penyakit parasitik secara tepat (Supenah *et al.*, 2025; Katiandagho *et al.*, 2024; Nuryati *et al.*, 2023).

H. *Biosafety dan Biosecurity di Laboratorium*

Biosafety dan *biosecurity* merupakan dua komponen penting dalam sistem keselamatan laboratorium untuk melindungi petugas, lingkungan, dan masyarakat dari paparan maupun penyalahgunaan agen biologis. *Biosafety* berfokus pada penerapan prosedur kerja yang aman melalui penilaian risiko, penggunaan *Biosafety Level* (BSL-1 hingga BSL-4) sesuai tingkat bahaya mikroorganisme, penggunaan alat pelindung diri (APD) seperti jas laboratorium, sarung tangan, masker, pelindung mata, serta pemanfaatan peralatan keselamatan seperti *biosafety cabinet*. Sedangkan *biosecurity* lebih berfokus pada pengendalian akses laboratorium, pengamanan spesimen, penyimpanan agen biologis, dan pencegahan penyalahgunaan bahan infeksius. Penerapan kedua prinsip tersebut merupakan bagian dari manajemen risiko laboratorium yang wajib diterapkan untuk menjamin keselamatan kerja dan mutu pemeriksaan (Bblabkesling, 2025).

Penanganan limbah infeksius merupakan bagian integral dari *biosafety* yang dilakukan melalui pemilahan limbah berdasarkan tingkat risikonya,

penggunaan wadah khusus berlabel biohazard, dekontaminasi menggunakan desinfektan atau autoklaf, serta pemusnahan sesuai ketentuan yang berlaku. Selain itu, pencegahan infeksi di laboratorium dilakukan dengan menerapkan kewaspadaan standar, teknik aseptik, kebersihan tangan, dekontaminasi permukaan kerja, penggunaan APD secara benar, serta pelatihan rutin mengenai keselamatan dan tanggap darurat laboratorium. Implementasi *biosafety* dan *biosecurity* yang konsisten tidak hanya mengurangi risiko infeksi akibat kerja, tetapi juga meningkatkan kualitas pelayanan laboratorium serta melindungi masyarakat dan lingkungan dari penyebaran agen infeksius (Fauziah *et al.*, 2025; Tamba *et al.*, 2024).

I. Peran Ahli Teknologi Laboratorium Medik (ATLM) dalam Mikrobiologi dan Parasitologi Klinik

1. Kompetensi ATLM

ATLM merupakan tenaga kesehatan yang memiliki kompetensi dalam melakukan pemeriksaan laboratorium untuk membantu penegakan diagnosis penyakit. Pada bidang mikrobiologi dan parasitologi klinik, kompetensi ATLM meliputi pengambilan dan penanganan spesimen, pemeriksaan mikroskopis, kultur dan identifikasi mikroorganisme, pemeriksaan

parasitologi, pemeriksaan serologi dan molekuler, validasi hasil pemeriksaan, serta pelaporan hasil laboratorium. Selain kompetensi teknis, ATLM juga dituntut memiliki kemampuan komunikasi, manajemen laboratorium, dan penguasaan perkembangan teknologi diagnostik sehingga mampu memberikan pelayanan laboratorium yang akurat, cepat, dan bermutu (Kemenkes RI, 2020; Kemnaker, 2018).

2. Etika Profesi

Dalam menjalankan profesinya, ATLM wajib menerapkan prinsip etika profesi yang meliputi tanggung jawab, integritas, profesionalisme, kejujuran, serta menjaga kerahasiaan data pasien. Setiap pemeriksaan laboratorium harus dilakukan sesuai SOP, kode etik profesi, dan ketentuan peraturan perundang-undangan. Penerapan etika profesi bertujuan menjaga mutu pelayanan laboratorium, meningkatkan kepercayaan masyarakat, serta melindungi hak pasien dan tenaga kesehatan dalam proses pelayanan diagnostik (AIPTLMI, 2024).

3. *Quality Control* dan *Quality Assurance*

Quality Control (QC) merupakan kegiatan pengendalian mutu yang dilakukan secara rutin untuk memastikan ketepatan dan ketelitian hasil pemeriksaan laboratorium, seperti penggunaan

bahan kontrol, kalibrasi alat, pemeliharaan instrumen, serta pemantauan kinerja pemeriksaan. Sedangkan *Quality Assurance* (QA) merupakan sistem manajemen mutu yang mencakup seluruh proses laboratorium mulai dari tahap pra-analitik, analitik, hingga pasca-analitik agar hasil pemeriksaan tetap akurat, konsisten, dan dapat dipertanggungjawabkan. Penerapan QC dan QA merupakan tanggung jawab ATLM dalam menjamin mutu pelayanan laboratorium (Patelki DPC Kuningan, 2024).

4. Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) di Laboratorium

ATLM memiliki tanggung jawab untuk menerapkan keselamatan dan kesehatan kerja (K3) selama pemeriksaan laboratorium. Upaya tersebut meliputi penggunaan APD, penerapan *biosafety* dan *biosecurity*, pengelolaan limbah infeksius, dekontaminasi peralatan, serta penanganan bahan biologis sesuai tingkat risiko. Kepatuhan terhadap prosedur K3 bertujuan mencegah kecelakaan kerja, infeksi akibat kerja, kontaminasi silang, serta melindungi petugas, pasien, dan lingkungan laboratorium (Bblabkesling, 2025; Kemenkes RI, 2019).

BAB 2

PATOGENESIS PENYAKIT INFEKSI

Oleh. Winda Irawati Zebua

A. Definisi Patogenesis Penyakit Infeksi

Patogenesis penyakit infeksi yang terjadinya diawali oleh interaksi antara mikroorganisme patogen dengan tubuh inang hingga muncul manifestasi klinis tertentu. Proses ini melibatkan serangkaian mekanisme biologis yang memungkinkan mikroorganisme memasuki tubuh, berkolonisasi, menghindari sistem pertahanan inang, berkembang biak, serta menimbulkan kerusakan jaringan dan gangguan fungsi organ.

Penyakit infeksi dapat disebabkan oleh berbagai agen biologis, antara lain bakteri, virus, jamur, dan parasit. Masing-masing mikroorganisme memiliki mekanisme patogenesis yang berbeda sesuai dengan karakteristik biologinya. Sebagai contoh, bakteri patogen dapat menghasilkan toksin yang merusak jaringan, sedangkan virus memanfaatkan sel inang untuk replikasi sehingga menyebabkan kerusakan seluler.

Pemahaman mengenai patogenesis penyakit infeksi sangat penting dalam bidang Teknologi Laboratorium Medik karena menjadi dasar dalam pemilihan metode diagnostik, interpretasi hasil pemeriksaan laboratorium, serta pengendalian dan pencegahan infeksi.

B. Komponen Utama dalam Patogenesis Penyakit Infeksi

Patogenesis penyakit infeksi dipengaruhi oleh tiga komponen utama yang saling berinteraksi, yaitu agen infeksi, inang, dan lingkungan.

1. Agen Infeksi

Agen infeksi merupakan mikroorganisme yang memiliki kemampuan menyebabkan penyakit pada manusia. Kemampuan tersebut dipengaruhi oleh sifat patogenitas dan virulensi mikroorganisme. Patogenitas menggambarkan kemampuan suatu mikroorganisme untuk menyebabkan penyakit, sedangkan virulensi menunjukkan tingkat keparahan penyakit yang ditimbulkan. Mikroorganisme dengan virulensi tinggi umumnya memiliki berbagai faktor virulensi yang mendukung keberhasilan infeksi.

2. Inang (Host)

Inang merupakan individu yang terpapar mikroorganisme. Kerentanan seseorang terhadap

infeksi dipengaruhi oleh usia, status nutrisi, kondisi imunologis, faktor genetik, penyakit penyerta, serta kondisi fisiologis tertentu. Sistem imun berperan penting dalam mencegah perkembangan infeksi melalui berbagai mekanisme pertahanan, baik yang bersifat bawaan maupun adaptif.

3. Lingkungan

Faktor lingkungan turut memengaruhi terjadinya infeksi. Sanitasi yang buruk, kepadatan penduduk, perubahan iklim, kualitas air, serta kondisi sosial ekonomi dapat meningkatkan risiko penularan penyakit infeksi.

C. Tahapan Patogenesis Penyakit Infeksi

Terjadinya penyakit infeksi merupakan proses bertahap yang melibatkan beberapa tahapan penting.

1. Paparan dan Transmisi Mikroorganisme

Infeksi diawali dengan masuknya mikroorganisme ke dalam tubuh melalui berbagai jalur transmisi, antara lain:

- a. Kontak langsung
- b. Droplet pernapasan
- c. Air dan makanan terkontaminasi
- d. Vektor biologis
- e. Transmisi vertikal dari ibu ke anak

Keberhasilan transmisi dipengaruhi oleh jumlah mikroorganisme, virulensi agen infeksi, serta kondisi pertahanan tubuh inang.

2. Adhesi dan Kolonisasi

Setelah memasuki tubuh, mikroorganisme harus melekat pada permukaan sel atau jaringan inang. Proses ini disebut adhesi. Bakteri menggunakan struktur khusus seperti:

- a. Pili
- b. Fimbriae
- c. Adhesin permukaan

Kolonisasi merupakan tahap berkembangnya mikroorganisme pada lokasi tertentu tanpa selalu menimbulkan gejala klinis. Namun, kolonisasi dapat menjadi langkah awal menuju infeksi aktif.

3. Invasi Jaringan

Beberapa mikroorganisme mampu menembus jaringan tubuh dan menyebar ke lokasi lain melalui darah atau sistem limfatik. Mikroorganisme menghasilkan berbagai enzim yang membantu proses invasi, antara lain:

- a. Hialuronidase
- b. Kolagenase
- c. Streptokinase
- d. Koagulase

Enzim tersebut mempermudah penyebaran mikroorganisme melalui jaringan tubuh.

4. Multiplikasi dan Penyebaran

Setelah berhasil berkolonisasi dan menginvasi jaringan, mikroorganisme melakukan replikasi atau multiplikasi. Virus memperbanyak diri di dalam sel inang melalui siklus replikasi spesifik. Bakteri berkembang biak melalui pembelahan biner, sedangkan parasit memiliki siklus hidup yang lebih kompleks sesuai spesiesnya.

5. Kerusakan Jaringan

Kerusakan jaringan dapat terjadi melalui beberapa mekanisme:

a. Kerusakan Langsung

Kerusakan langsung terjadi akibat aktivitas mikroorganisme terhadap sel inang, misalnya:

- 1) Lisis sel oleh virus
- 2) Invasi jaringan oleh jamur
- 3) Destruksi sel akibat parasit

b. Produksi Toksin

Bakteri tertentu menghasilkan toksin yang menyebabkan kerusakan jaringan dan gangguan fungsi organ. Toksin dibedakan menjadi:

1) Eksotoksin

Eksotoksin merupakan protein yang disekresikan oleh bakteri hidup dan memiliki efek biologis spesifik terhadap sel target.

2) Endotoksin

Endotoksin berasal dari komponen lipopolisakarida dinding sel bakteri Gram negatif yang dilepaskan saat bakteri mengalami lisis.

c. Respons Imun Berlebihan

Pada beberapa kasus, kerusakan jaringan justru disebabkan oleh respons imun yang berlebihan terhadap infeksi. Fenomena ini dapat mengakibatkan inflamasi berat, kerusakan organ, hingga kegagalan multiorgan.

D. Faktor Virulensi Mikroorganisme

Faktor virulensi merupakan karakteristik biologis yang meningkatkan kemampuan mikroorganisme dalam menyebabkan penyakit.

1. Kapsul

Kapsul membantu mikroorganisme menghindari fagositosis oleh sel imun sehingga meningkatkan peluang bertahan hidup dalam tubuh inang.

2. Biofilm

Biofilm adalah komunitas mikroorganisme yang melekat pada permukaan dan dilindungi oleh matriks ekstraseluler.

Pembentukan biofilm meningkatkan resistensi terhadap antibiotik dan mekanisme pertahanan tubuh.

3. Toksin

Produksi toksin merupakan salah satu faktor virulensi yang berperan dalam menimbulkan gejala penyakit.

4. Variasi Antigenik

Beberapa mikroorganisme mampu mengubah struktur antigennya sehingga dapat menghindari pengenalan oleh sistem imun.

E. Respons Imun terhadap Infeksi

Tubuh memiliki sistem pertahanan yang terdiri atas imunitas bawaan dan imunitas adaptif.

1. Imunitas Bawaan

Imunitas bawaan merupakan pertahanan pertama terhadap infeksi yang meliputi:

- a. Kulit dan membran mukosa
- b. Fagositosis
- c. Sistem komplemen
- d. Sel natural killer

2. Imunitas Adaptif

Imunitas adaptif berkembang setelah paparan antigen dan melibatkan:

- a. Imunitas Humoral

Diperantarai oleh limfosit B dan antibodi.

- b. Imunitas Seluler

Diperantarai oleh limfosit T yang berperan dalam eliminasi sel yang terinfeksi.

F. Patogenesis Berdasarkan Kelompok Mikroorganisme

1. Patogenesis Infeksi Bakteri

Bakteri menyebabkan penyakit melalui adhesi, invasi jaringan, produksi toksin, serta stimulasi respons inflamasi.

2. Patogenesis Infeksi Virus

Virus merupakan parasit intraseluler obligat yang bergantung pada sel inang untuk bereplikasi. Kerusakan jaringan terutama terjadi akibat destruksi sel yang terinfeksi dan respons imun tubuh.

3. Patogenesis Infeksi Jamur

Jamur patogen dapat menyebabkan infeksi superfisial maupun sistemik. Risiko infeksi meningkat pada individu dengan gangguan sistem imun.

4. Patogenesis Infeksi Parasit

Parasit menimbulkan penyakit melalui kerusakan mekanis, kompetisi nutrisi, produksi metabolit toksik, dan respons inflamasi kronis.

G. Kesimpulan

Patogenesis penyakit infeksi merupakan rangkaian proses yang melibatkan interaksi kompleks antara mikroorganisme patogen, inang, dan

lingkungan. Tahapan patogenesis meliputi transmisi, adhesi, kolonisasi, invasi, multiplikasi, serta kerusakan jaringan yang dapat terjadi secara langsung maupun melalui respons imun. Pemahaman yang komprehensif mengenai mekanisme patogenesis sangat penting dalam bidang Teknologi Laboratorium Medik karena menjadi dasar pengembangan dan penerapan metode diagnostik modern untuk mendeteksi penyakit infeksi secara akurat.

BAB 3

DIAGNOSTIK MIKROBIOLOGI KONVENSIONAL (RUBAH GAMBAR DAN TABEL)

Oleh. dr. Valentine Hursepuny, Sp.MK

A. Pengambilan Spesimen

Kualitas spesimen yang diperoleh berpengaruh langsung terhadap keberhasilan isolasi dan identifikasi mikroorganisme penyebab infeksi. Pengambilan, transpor dan pengolahan spesimen merupakan tahapan pra-analitik yang sangat menentukan keberhasilan pemeriksaan mikrobiologi serta meminimalkan risiko kontaminasi dan mempertahankan viabilitas mikroorganisme. Spesimen yang baik akan menghasilkan temuan mikrobiologi yang akurat, sehingga dapat memberikan informasi yang bermakna secara klinis dalam penegakkan diagnosis serta menentukan terapi yang tepat. Pengambilan spesimen bergantung pada lokasi infeksi atau penyakit yang dicurigai (Cornelissen, Fisher, & Harvey, 2013; Leber, 2016).