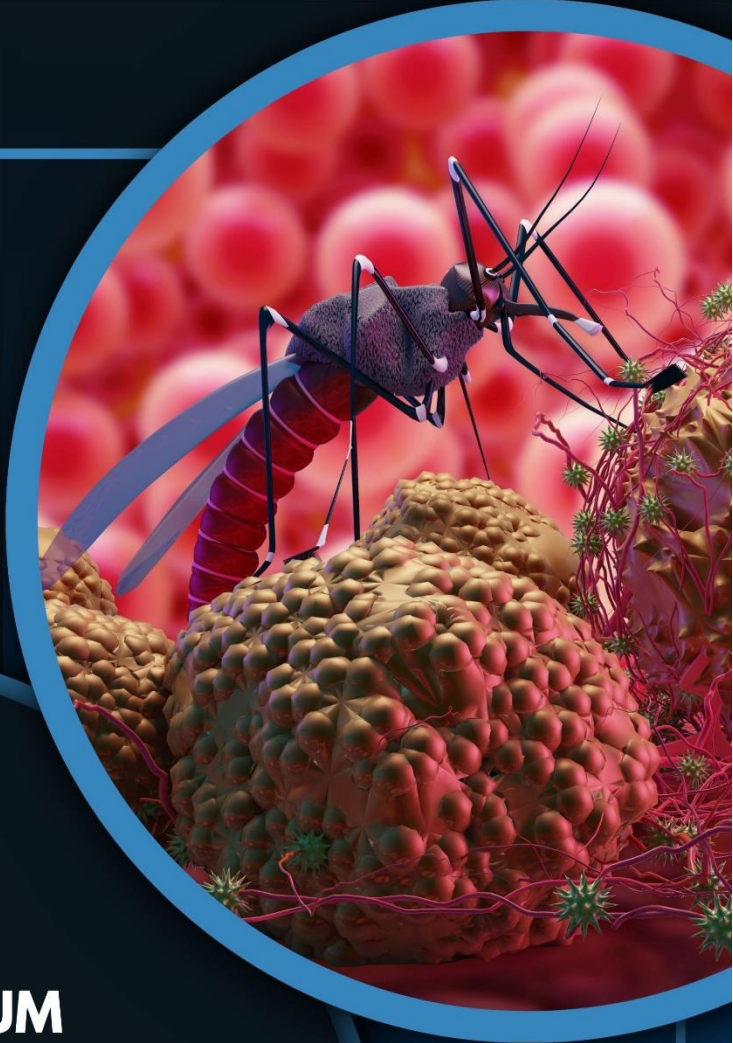




TEKNOLOGI LABORATORIUM UNTUK PENYAKIT TROPIS

PENULIS :

- Ichwan Baihaki
- Misnarliah
- Narendra Yoga Hendarta
- Sari Rahmayanti
- Danny Meganingdyah Primartati
- Mahyarudin
- Supri Hartini

Editor :
HANDARINI

TEKNOLOGI LABORATORIUM UNTUK PENYAKIT TROPIS

Penulis:

Ichwan Baihaki

Misnarliah

Narendra Yoga Hendarta

Sari Rahmayanti

Danny Meganingdyah Primartati

Mahyarudin

Supri Hartini

Editor:

Handarini



PT. Mustika Sri Rosadi

TEKNOLOGI LABORATORIUM UNTUK PENYAKIT TROPIS

Penulis:

Ichwan Baihaki; Misnarliah; Narendra Yoga Hendarta;
Sari Rahmayanti; Danny Meganingdyah Primartati;
Mahyarudin; Supri Hartini

Editor: Handarini

Layout: Tim PT. Mustika Sri Rosadi

Desain Sampul: Hapsah Meta

ISBN: 978-634-7535-34-4 (PDF)

Cetakan Pertama: 09 Januari 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 PT Mustika Sri Rosadi

Alamat Penerbit: Citra Indah City, Bukit Heliconia AG 23/32,
Kecamatan Jonggol, Kab. Bogor.

Email: mars.mustikasrirosadi@gmail.com

KATA PENGANTAR

Puji syukur ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa atas segala rahmat dan karunia-Nya sehingga buku ajar *Teknologi Laboratorium untuk Penyakit Tropis* ini dapat disusun dan diterbitkan. Buku ini hadir sebagai upaya untuk mendukung pengembangan ilmu pengetahuan dan peningkatan kompetensi sumber daya manusia di bidang kesehatan, khususnya dalam penguatan peran laboratorium pada penanganan penyakit tropis yang masih menjadi tantangan kesehatan masyarakat, baik di Indonesia maupun secara global.

Penyakit tropis memerlukan pendekatan diagnostik yang akurat, cepat, dan berbasis bukti ilmiah. Oleh karena itu, buku ini menyajikan pembahasan komprehensif mulai dari prinsip dasar penyakit tropis, teknik pemeriksaan mikrobiologi, serologi, dan imunologi, hingga pemanfaatan teknologi molekuler modern seperti PCR dan sequencing. Selain aspek teknis, buku ini juga mengulas inovasi diagnostik berbasis *point-of-care*, penerapan manajemen mutu laboratorium, serta prinsip biosafety dan biosecurity yang menjadi fondasi penting dalam praktik laboratorium yang aman dan bermutu.

Sebagai pengayaan wawasan, buku ini dilengkapi dengan pembahasan mengenai tren dan inovasi global, termasuk pengembangan biosensor, *lab-on-a-chip*, serta

integrasi kecerdasan buatan dalam sistem surveilans penyakit tropis. Penyusunan materi dilakukan secara sistematis dan aplikatif agar mudah dipahami serta relevan dengan kebutuhan pendidikan dan praktik di lapangan.

Kami berharap buku ajar ini dapat menjadi referensi yang bermanfaat bagi mahasiswa, tenaga laboratorium, peneliti, dan praktisi kesehatan masyarakat, serta berkontribusi dalam peningkatan kualitas pelayanan laboratorium dan pengendalian penyakit tropis. Kritik dan saran yang membangun sangat diharapkan demi penyempurnaan buku ini di masa mendatang.

Akhir kata, semoga buku ini dapat memberikan manfaat yang luas dan menjadi bagian dari upaya bersama dalam mewujudkan derajat kesehatan masyarakat yang lebih baik.

Bogor, 09 Januari 2026
Penulis

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR.....	ii
DAFTAR ISI.....	iv
BAB 1. KONSEP DASAR PENYAKIT TROPIS DAN PERAN LABORATORIUM - Ichwan Baihaki.....	1
A. Tujuan dan Capaian Pembelajaran	1
B. Pendahuluan.....	2
C. Karakteristik Umum Penyakit Tropis.....	4
D. Agen Penyebab Penyakit Tropis	7
E. Pentingnya Peran Laboratorim dalam Penyakit Tropis.....	9
F. Latihan Soal.....	11
BAB 2. PEMERIKSAAN MIKROBIOLOGI UNTUK PENYAKIT TROPIS - Misnarliah	14
A. Tujuan dan Capaian Pembelajaran	14
B. Pengertian Dan Ruang Lingkup	14
D. Prinsip Pemeriksaan Mikrobiologi.....	16
E. Latihan Soal.....	38
BAB 3. TEKNOLOGI MOLEKULER DALAM DIAGNOSIS PENYAKIT TROPIS - Narendra Yoga Hendarta.....	41
A. Tujuan dan Capaian Pembelajaran	41
B. Pendahuluan.....	43
C. PCR dalam Diagnosis Penyakit Tropis	46
D. LAMP dalam Diagnosis Penyakit Tropis.....	54
E. Sekuensing DNA/RNA dalam Diagnosis Penyakit Tropis.....	61
F. Tantangan Teknologi Molekuler dalam Diagnosis Penyakit Tropis	68

G. Latihan Soal.....	69
BAB 4. PEMERIKSAAN SEROLOGI DAN IMUNOLOGI UNTUK PENYAKIT TROPIS - Sari Rahmayanti	72
A. Tujuan dan Capaian Pembelajaran	72
B. Prinsip Umum Pemeriksaan Serologi.....	72
C. Metode Pemeriksaan Serologi dan Imunologi.....	77
D. Aplikasi Serologi pada Penyakit Tropis.....	79
E. Interpretasi Hasil dan Keterbatasan Pemeriksaan Serologi	81
F. Latihan Soal.....	83
BAB 5. TEKNOLOGI DIAGNOSTIK BERBASIS <i>POINT- OF-CARE</i> DAN <i>RAPID TEST</i> - Danny Meganingdyah Primartati	86
A. Tujuan dan Capaian Pembelajaran	86
B. Pendahuluan.....	88
C. Prinsip Dasar Teknologi POCT dan Rapid Test.....	89
D. Kriteria dan Standar Evaluasi POCT.....	91
E. Aplikasi POCT pada Penyakit Tropis.....	93
F. Interpretasi Hasil dan Tantangan Klinis.....	96
G. Kekuatan, Keterbatasan, dan Inovasi POCT untuk Penyakit Tropis.....	98
H. Latihan Soal.....	100
BAB 6. MANAJEMEN KUALITAS DAN BIOSAFETY DI LABORATORIUM PENYAKIT TROPIS - Mahyarudin	103
A. Tujuan dan Capaian Pembelajaran	103
B. Pendahuluan.....	105
C. Manajemen Kualitas Laboratorium	106

D. Penilaian Risiko, Legislasi, dan Regulasi sebagai Fondasi Mutu, Biosafety, dan Biosecurity	113
E. Soal Latihan.....	116
BAB 7. INOVASI DAN TREN GLOBAL DALAM TEKNOLOGI LABORATORIUM TROPIS - Supri Hartini	120
A. Tujuan dan Capaian Pembelajaran	120
B. Pendahuluan.....	122
C. Inovasi Kecerdasan Buatan (AI) & Otomatisasi, Diagnostik Titik Perawatan (POC), Telemedicine & Pemantauan Jarak Jauh, Genomik & Bioinformatika.....	124
D. Tren Global : Personalisasi & Presisi, Integrasi Sistem, Pendekatan "Satu Kesehatan" (One Health)	131
E. Tantangan & Peluang di Wilayah Tropis : Akses Terbatas, Keragaman Hayati & Penyakit, Inovasi Lokal.....	135
F. Latihan Soal.....	137
DAFTAR PUSTAKA.....	141
BIOGRAFI PENULIS.....	171
BIOGRAFI EDITOR.....	184
LAMPIRAN	186
SINOPSIS.....	187

BAB 1. KONSEP DASAR PENYAKIT TROPIS DAN PERAN LABORATORIUM

A. Tujuan dan Capaian Pembelajaran

1. Tujuan Pembelajaran

Setelah mempelajari materi ini, mahasiswa diharapkan mampu:

- a. Memahami konsep dasar dan ruang lingkup penyakit tropis sebagai masalah kesehatan global dan nasional.
- b. Menjelaskan karakteristik utama penyakit tropis yang berkaitan dengan faktor lingkungan, vektor, dan sosial ekonomi.
- c. Mengidentifikasi berbagai agen penyebab penyakit tropis, meliputi virus, bakteri, protozoa, dan parasit multiseluler.
- d. Menganalisis hubungan antara faktor ekologi, iklim, dan perilaku manusia dengan pola penularan penyakit tropis.
- e. Menjelaskan spektrum klinis penyakit tropis serta dampaknya terhadap kesehatan dan pembangunan sosial ekonomi.
- f. Memahami peran strategis laboratorium dalam deteksi dini, diagnosis, surveilans, dan pengendalian penyakit tropis.
- g. Mengkaji pentingnya pemeriksaan laboratorium dalam penegakan diagnosis dan pengambilan keputusan klinis.
- h. Menumbuhkan pemahaman kritis terhadap peran penelitian dan pengembangan

laboratorium dalam pengendalian penyakit tropis.

2. Capaian Pembelajaran

Setelah mengikuti pembelajaran pada topik ini diharapkan mahasiswa mampu:

- a. Menjelaskan pengertian dan ruang lingkup penyakit tropis.
- b. Menguraikan karakteristik penyakit tropis yang berkaitan dengan faktor lingkungan, vektor, dan sosial ekonomi.
- c. Mengidentifikasi dan mengklasifikasikan agen penyebab penyakit tropis.
- d. Menjelaskan hubungan antara faktor ekologi dan pola penularan penyakit tropis.
- e. Menguraikan spektrum klinis dan dampak penyakit tropis terhadap kesehatan dan kesejahteraan masyarakat.
- f. Menjelaskan peran laboratorium dalam deteksi dini, diagnosis akurat, dan surveilans epidemiologi penyakit tropis.
- g. Menjelaskan kontribusi laboratorium dalam pengendalian penyakit serta penelitian dan pengembangan di bidang penyakit tropis.

B. Pendahuluan

Penyakit tropis merupakan kelompok penyakit yang terutama ditemukan di wilayah tropis dan subtropis, yaitu daerah yang terletak di antara garis balik utara dan selatan. Wilayah ini ditandai dengan iklim hangat, kelembapan tinggi, curah hujan melimpah, serta keberadaan ekosistem yang kaya

akan flora dan fauna. Kondisi lingkungan tersebut mendukung siklus hidup berbagai agen infeksi, baik virus, bakteri, protozoa, maupun parasit multiseluler seperti cacing. Oleh karena itu, negara-negara tropis menghadapi beban ganda penyakit: di satu sisi masih berjuang dengan penyakit menular klasik, sementara di sisi lain mulai menghadapi tantangan penyakit tidak menular akibat modernisasi dan urbanisasi.

Istilah *tropical diseases* sendiri telah lama digunakan dalam literatur kedokteran kolonial abad ke-19, ketika dokter-dokter Eropa yang ditempatkan di Afrika, Asia, dan Amerika Latin dihadapkan pada penyakit yang sebelumnya jarang ditemukan di benua mereka. Penyakit seperti malaria, filariasis, schistosomiasis, dan demam berdarah menimbulkan angka kesakitan dan kematian yang tinggi, tidak hanya di kalangan masyarakat lokal tetapi juga pada para pekerja kolonial. Seiring waktu, pemahaman tentang etiologi, mekanisme transmisi, serta strategi pencegahan dan pengobatan berkembang pesat, namun hingga kini penyakit tropis tetap menjadi tantangan besar kesehatan global.

Penyakit tropis berkontribusi signifikan terhadap morbiditas dan mortalitas di negara berkembang. Data WHO menunjukkan bahwa malaria saja menyebabkan ratusan ribu kematian setiap tahun, sebagian besar pada anak-anak di Afrika sub-Sahara. Demam berdarah dengue kini telah menyebar ke lebih dari 100 negara dan dianggap sebagai salah satu penyakit virus yang paling cepat menyebar di dunia. Sementara itu, kelompok *Neglected Tropical Diseases*

(NTDs) seperti filariasis, schistosomiasis, onchocerciasis, dan berbagai helminthiasis masih menjerat ratusan juta penduduk dunia dalam siklus kemiskinan dan penyakit.

Dalam konteks ini, peran laboratorium menjadi krusial. Tanpa dukungan diagnostik yang tepat, klinisi sulit membedakan berbagai penyakit tropis yang sering kali memiliki gejala klinis mirip, seperti demam, nyeri kepala, mialgia, atau diare. Misalnya, pasien dengan demam akut di daerah endemis bisa saja menderita malaria, dengue, chikungunya, atau tifoid, dan tanpa pemeriksaan laboratorium, diagnosis banding sulit ditegakkan dengan akurat. Laboratorium tidak hanya membantu diagnosis individual, tetapi juga mendukung surveilans epidemiologi, deteksi dini wabah, evaluasi efektivitas program pengendalian, serta penelitian dan pengembangan metode diagnostik baru.

C. Karakteristik Umum Penyakit Tropis

Penyakit tropis memiliki sejumlah karakteristik khas yang membedakannya dari penyakit lain. Karakteristik ini terkait erat dengan faktor ekologi, lingkungan, sosial, dan ekonomi yang memengaruhi pola penularan serta manifestasi penyakit.

1. Endemisitas Tinggi

Sebagian besar penyakit tropis bersifat endemis, artinya selalu hadir dalam populasi dengan insidensi tertentu. Malaria misalnya, menjadi endemis di banyak daerah Afrika, Asia Tenggara,

dan Amerika Selatan. Endemisitas ini dipertahankan oleh kombinasi faktor: keberadaan vektor yang stabil, reservoir hewan, serta kondisi lingkungan yang mendukung perkembangan agen penyebab.

2. Ketergantungan pada Vektor atau Lingkungan
Banyak penyakit tropis ditularkan melalui vektor biologis seperti nyamuk, lalat, atau siput. Vektor ini berkembang biak di lingkungan tropis yang lembap dan hangat. Nyamuk *Anopheles*, vektor malaria, misalnya membutuhkan air tergenang yang bersih untuk bertelur. Sementara nyamuk *Aedes aegypti* yang menularkan dengue lebih menyukai wadah air buatan manusia di lingkungan perkotaan. Ketergantungan pada faktor lingkungan membuat distribusi penyakit tropis sangat sensitif terhadap perubahan iklim, urbanisasi, dan praktik manusia.
3. Musiman
Banyak penyakit tropis menunjukkan pola musiman yang erat kaitannya dengan curah hujan dan siklus hidup vektor. Kasus malaria dan dengue sering meningkat setelah musim hujan ketika populasi nyamuk berkembang pesat. Begitu pula leptospirosis cenderung meningkat setelah banjir karena air yang tercemar urin tikus menyebar luas di lingkungan.
4. Spektrum Klinis yang Luas
Manifestasi klinis penyakit tropis sangat bervariasi, dari infeksi asimtomatik hingga penyakit berat yang mematikan. Misalnya,

sebagian besar infeksi dengue bersifat ringan, namun sebagian kecil dapat berkembang menjadi dengue dengan tanda bahaya atau dengue berat yang mengancam jiwa. Variabilitas klinis ini dipengaruhi oleh faktor host (usia, status imun, nutrisi), faktor patogen (strain, serotipe, virulensi), serta interaksi keduanya.

5. Keterkaitan dengan Faktor Sosial Ekonomi

Penyakit tropis sering kali disebut sebagai penyakit kemiskinan (*diseases of poverty*). Masyarakat dengan akses terbatas terhadap air bersih, sanitasi, pelayanan kesehatan, serta pendidikan memiliki risiko lebih tinggi untuk terinfeksi. Filariasis misalnya, lebih banyak ditemukan di daerah pedesaan dengan drainase buruk. Sementara schistosomiasis sering menyerang komunitas yang bergantung pada air sungai atau danau untuk kebutuhan sehari-hari.

6. Beban Kesehatan dan Ekonomi

Penyakit tropis tidak hanya menimbulkan kematian, tetapi juga kecacatan kronis, penurunan produktivitas, dan beban biaya pengobatan. Misalnya, filariasis dapat menyebabkan lymphedema kronis dan elephantiasis yang mengurangi kemampuan kerja penderitanya. Hookworm kronis dapat menyebabkan anemia yang menurunkan kemampuan belajar anak-anak. Dengan demikian, dampak penyakit tropis melampaui ranah klinis, menjangkau aspek sosial, ekonomi, dan pembangunan manusia.

D. Agen Penyebab Penyakit Tropis

Penyakit tropis disebabkan oleh beragam agen infeksius yang berinteraksi dengan manusia melalui berbagai mekanisme. Secara umum, penyebab dapat dikategorikan menjadi **virus, bakteri, protozoa, dan parasit multiseluler (helminth maupun ektoparasit)**.

1. Virus

Virus merupakan penyebab utama berbagai penyakit tropis, terutama yang ditularkan oleh vektor nyamuk (*arbovirus*). Contoh paling menonjol adalah **dengue virus** dengan empat serotipe (DENV-1, DENV-2, DENV-3, DENV-4) yang menimbulkan demam berdarah dengue, penyakit dengan morbiditas sangat tinggi di Asia Tenggara. Virus lain yang juga penting adalah **chikungunya virus, Zika virus, yellow fever virus**, serta **Japanese encephalitis virus**. Virus tropis umumnya menimbulkan **infeksi akut dengan gejala demam, nyeri, dan manifestasi organ spesifik**. Pada sebagian kasus, infeksi dapat memicu sindrom peradangan berat atau komplikasi jangka panjang. Perubahan ekologi, urbanisasi, serta mobilitas global berkontribusi pada meluasnya distribusi virus tropis ke wilayah non-endemis.

2. Bakteri

Bakteri tropis menyebabkan spektrum penyakit luas, mulai dari **infeksi akut hingga kronis**. ***Mycobacterium leprae*** adalah agen lepra

yang masih menjadi masalah di beberapa negara tropis. ***Mycobacterium tuberculosis***, meskipun bersifat global, memiliki prevalensi tinggi di daerah tropis karena kepadatan penduduk dan faktor sosial ekonomi. Bakteri zoonotik juga berperan, seperti ***Leptospira interrogans*** yang menimbulkan leptospirosis, sering mewabah setelah banjir di daerah tropis. Selain itu, bakteri enterik seperti ***Salmonella typhi*** penyebab demam tifoid masih menjadi endemis di banyak negara dengan sanitasi buruk.

3. Protozoa

Protozoa merupakan agen penting penyakit tropis sering menimbulkan infeksi kronis dengan komplikais serius. *Plasmodium spp* (*P. falciparum*, *P. vivax*, *P. ovale*, dan *P. knowlesi*) adalah penyebab malaria, salah satu penyakit tropis paling mematikan. Infeksi malaria memiliki spektrum klinis dari asimtomatik hingga malaria serebral yang fatal. Protozoa lain termasuk *Entamoeba histolytica* (amebiasis), *Giardia lamblia* (giardiasis), *Trypanosoma cruzi* (penyakit Chagas di Amerika Latin), serta *Leishmania spp* (leishmaniasis visceral dan kutan). Keberadaan protozoa ini sangat dipengaruhi oleh factor lingkungan, vector, serta kondisi sosial ekonomi Masyarakat.

4. Parasit Multiseluler (Helminth dan Ektoparasit)

Helmintiasis masih sangat prevalent di daerah tropis. Cacing usus seperti *Ascaris lumbricoides*, *Trichuris trichiura*, *Necator americanus* dan *Ancylostoma duodenale* dapat menginfeksi jutaan

anak di negara berkembang, menyebabkan malnutrisi, anemia, dan gangguan pertumbuhan. Parasite jaringan seperti *Wuchereria bancrofti*, *Brugia malayi*, dan *Brugia timori* menyebabkan filariasis limfatik dengan manifestasi elephantiasis yang melumpuhkan. *Schistosoma spp* menimbulkan skistosomiasis yang merusak hati dan saluran kemih. Selain itu, ektoparasit seperti tungau *Sarcoptes scabiei* penyebab skabies juga masih menjadi masalah Kesehatan Masyarakat di komunitas padat dengan higiene buruk.

E. Pentingnya Peran Laboratorim dalam Penyakit Tropis

1. Deteksi Dini

Laboratorium memungkinkan identifikasi cepat agen penyebab penyakit, bahkan sebelum kasus menyebar luas. Misalnya, deteksi **NS1 antigen dengue** dalam beberapa hari pertama infeksi dapat mempercepat diagnosis dibanding menunggu serokonversi antibodi. Deteksi dini ini menjadi dasar dalam mencegah wabah lebih besar.

2. Diagnosis Akurat

Banyak penyakit tropis memiliki gejala mirip (misalnya demam pada malaria, dengue, dan tifoid). Laboratorium menyediakan **konfirmasi diagnosis** melalui pemeriksaan mikroskopis (sediaan darah tebal-tipis untuk malaria), kultur

bakteri, pemeriksaan serologi, hingga metode molekuler (PCR). Diagnosis akurat penting untuk memberikan terapi tepat sasaran serta mencegah resistensi obat.

3. Surveilans Epidemiologi

Laboratorium berperan dalam **memantau tren penyakit, distribusi geografis, dan munculnya strain baru**. Data laboratorium membantu program kesehatan dalam menentukan prioritas intervensi. Contohnya, surveilans molekuler virus influenza dan dengue yang mampu mengidentifikasi genotipe baru serta memprediksi potensi outbreak.

4. Pengendalian Penyakit

Hasil laboratorium digunakan untuk mengevaluasi efektivitas program pengendalian seperti pemberantasan vector, distribusi obat masal, atau vaksinasi. Monitoring resistensi obat antimalaria misalnya, sangat bergantung pada data laboratorium untuk menilai apakah regimen pengobatan masih efektif.

5. Penelitian dan Pengembangan

Laboratorium juga menjadi pusat penelitian untuk mengembangkan **diagnostik baru, vaksin, serta terapi inovatif**. Kemajuan bioteknologi telah melahirkan metode seperti RT-PCR, tes cepat berbasis antigen, dan sekuensing genom yang semakin memperkuat kapasitas laboratorium tropis.

F. Latihan Soal

1. Penyakit tropis paling sering ditemukan di daerah tropis dan subtropis karena?
 - a. Kepadatan penduduk rendah
 - b. Suhu dingin dan curah hujan rendah
 - c. Iklim hangat, kelembapan tinggi, dan curah hujan melimpah
 - d. Ketersediaan fasilitas kesehatan modern yang tinggi
2. Salah satu karakteristik penyakit tropis Adalah?
 - a. Semua penyakit tropis bersifat zoonosis
 - b. Banyak penyakit tropis memiliki pola transmisi musiman terkait lingkungan
 - c. Penyakit tropis hanya menyerang orang dewasa
 - d. Penyakit tropis jarang ditemukan di negara berkembang
3. Virus dengue termasuk kategori?
 - a. Bakteri enteric
 - b. Protozoa
 - c. Arbovirus
 - d. Helminth
4. Agen penyebab penyakit tropis yang dapat menimbulkan malaria Adalah?
 - a. Plasmodium spp.
 - b. Leptospira interrogans
 - c. Salmonella typhi
 - d. Wuchereria Bancroft
5. Peran laboratorium dalam penyakit tropis meliputi semua kecuali?
 - a. Deteksi dini infeksi

- b. Diagnosis akurat
 - c. Penentuan prioritas ekonomi negara
 - d. Surveilans epidemiologi
6. Helminth yang dapat menyebabkan filariasis limfatik Adalah?
- a. *Ascaris lumbricoides*
 - b. *Trichuris trichiura*
 - c. *Wuchereria bancrofti*
 - d. *Schistosoma mansoni*
7. Pemeriksaan NS1 antigen pada demam berdarah penting karena?
- a. Hanya dapat dilakukan setelah 14 hari infeksi
 - b. Memungkinkan diagnosis dini sebelum antibodi terbentuk
 - c. Digunakan untuk terapi infeksi dengue
 - d. Tidak terkait dengan deteksi dengue
8. Faktor sosial-ekonomi mempengaruhi penyakit tropis karena?
- a. Hanya orang kaya yang terinfeksi
 - b. Sanitasi buruk dan akses kesehatan terbatas meningkatkan risiko infeksi
 - c. Faktor ekonomi tidak mempengaruhi penyakit tropis
 - d. Penyakit tropis tidak bergantung pada kebiasaan manusia
9. Contoh bakteri penyebab penyakit tropis yang ditularkan melalui air tercemar Adalah?
- a. *Plasmodium falciparum*
 - b. *Salmonella typhi*
 - c. Dengue virus
 - d. *Wuchereria bancrofti*

10. Surveilans laboratorium pada penyakit tropis penting karena?
- a. Hanya untuk penelitian dasar
 - b. Membantu memantau tren penyakit, distribusi geografis, dan munculnya strain baru
 - c. Menggantikan diagnosis klinis sepenuhnya
 - d. Tidak mempengaruhi strategi pengendalian penyakit

BAB 2. PEMERIKSAAN MIKROBIOLOGI UNTUK PENYAKIT TROPIS

A. Tujuan dan Capaian Pembelajaran

1. Tujuan Pembelajaran

Mahasiswa mampu memahami, menerapkan, dan mengevaluasi prinsip serta teknik pemeriksaan mikrobiologi dalam penegakan diagnosis penyakit infeksi tropis secara ilmiah, akurat, dan bertanggung jawab, sesuai standar laboratorium kesehatan.

2. Capaian Pembelajaran

Setelah mengikuti pembelajaran pada topik ini diharapkan mahasiswa mampu menguasai konsep, prinsip, dan aplikasi pemeriksaan mikrobiologi dalam diagnosis penyakit infeksi tropis serta mampu menganalisis, mengevaluasi, dan mengembangkan metode pemeriksaan secara ilmiah, etis, dan profesional.

B. Pengertian Dan Ruang Lingkup

Penyakit infeksi tropis mencakup kelompok infeksi yang sering ditemukan di wilayah beriklim tropis, antara lain malaria, demam berdarah, kolera, tifoid, tuberkulosis, dan berbagai parasitosis. Penegakan diagnosis etiologis yang akurat sangat mempengaruhi keputusan klinik, pilihan terapi, serta

strategi pengendalian penyakit. Oleh karena itu, pemeriksaan mikrobiologi yang terpadu merupakan komponen penting dalam diagnosis penyakit infeksi tropis secara ilmiah dan komprehensif (WHO, 2022).

Pemeriksaan mikrobiologi pada penyakit infeksi tropis mencakup serangkaian teknik laboratorium yang bertujuan untuk mendeteksi, mengidentifikasi, dan mengonfirmasi patogen spesifik seperti bakteri, jamur, parasit dan virus yang menyebabkan penyakit di daerah tropis. Pemeriksaan ini merupakan landasan untuk diagnosis pasti dan penatalaksanaan klinik yang tepat serta mendukung surveilans epidemiologi (Bryan H Schmitt *et al.*, 2012).

C. Tujuan Pemeriksaan Mikrobiologi

Tujuan utama pemeriksaan mikrobiologi pada penyakit infeksi tropis meliputi :

1. Menegakkan diagnosis etiologis secara akurat
2. Menentukan terapi antimikroba yang rasional
3. Membedakan infeksi primer dan sekunder
4. Mendukung pengendalian dan pencegahan penyakit tropis
5. Menyediakan data epidemiologi dan surveilans kesehatan

D. Prinsip Pemeriksaan Mikrobiologi

Pendekatan diagnostik terpadu menggabungkan berbagai metode pemeriksaan mikrobiologi dari awal dengan teknik mikroskopik hingga pemeriksaan molekuler yang saling melengkapi. Setiap teknik memiliki kelebihan dan batasan yang berbeda, sehingga integrasi hasil diperlukan untuk meningkatkan sensitivitas, spesifisitas, dan akurasi diagnosis (Forbes BA *et al.*, 2022).

1. Tahap Klinis : Anamnesis dan Evaluasi Epidemiologi

Diagnosis mikrobiologi dimulai dari anamnesis lengkap dan evaluasi data epidemiologi, seperti pengalaman perjalanan ke area endemik, paparan vektor (nyamuk, kutu), konsumsi air/makanan berisiko, dan riwayat kontak pasien. Informasi klinik awal ini menentukan spesimen apa yang akan diambil dan metode pemeriksaan yang paling relevan (Bennett JE *et al.*, 2024).

Proses diagnosis mikrobiologi penyakit infeksi tropis diawali dari kecurigaan klinis berdasarkan gejala, tanda klinik serta riwayat epidemiologi seperti perjalanan ke daerah endemis, paparan vektor, sanitasi lingkungan, dan pola demam. Tahap ini sangat menentukan arah

pemilihan spesimen dan metode pemeriksaan laboratorium yang tepat (WHO, 2022).

2. Pengambilan dan Penanganan Spesimen Klinis

Keberhasilan pemeriksaan mikrobiologi sangat bergantung pada pemilihan spesimen yang representatif, pengambilan yang aseptik, serta transportasi dan penyimpanan yang benar sebelum pemeriksaan. Spesimen umum mencakup darah, tinja, sputum, urine, cairan serebrospinal, dan jaringan. Spesimen sebaiknya diambil sebelum pemberian antibiotik untuk menghindari hasil negatif palsu (John A W, 1996).

a. Pengambilan Spesimen

Setelah kecurigaan klinis ditegakkan, dilakukan pemilihan spesimen yang sesuai (darah, feses, sputum, urine, CSF, swab luka atau jaringan) berdasarkan dugaan etiologi. Pemilihan spesimen ditentukan oleh manifestasi klinis yang dicurigai (Garcia LS, 2023) :

- Darah → malaria, demam tifoid, sepsis
- Tinja → kolera, disentri amoeba, giardiasis
- Sputum/CSF → tuberkulosis, meningitis
- Urin → schistosomiasis
- Swab luka → infeksi bakteri kulit

b. Teknik Pengambilan yang Aseptik

Spesimen harus dikumpulkan secara aseptik, idealnya sebelum pemberian antimikroba untuk meningkatkan sensitivitas pemeriksaan, menggunakan alat steril, dan dikirim ke laboratorium secepat mungkin untuk mencegah degradasi atau kontaminasi (Murray PR *et al.*, 2023).

3. Pemeriksaan Mikroskopik Langsung

Pemeriksaan mikroskopik langsung merupakan metode diagnostik awal yang cepat, sederhana, dan ekonomis dalam menegaskan diagnosis penyakit infeksi tropis. Metode ini dilakukan dengan mengamati langsung spesimen klinik di bawah mikroskop untuk mendeteksi keberadaan mikroorganisme, struktur khas patogen, atau respon inflamasi inang. Tahap ini berfungsi sebagai skrining cepat untuk mendeteksi keberadaan patogen, terutama pada malaria, tuberkulosis, dan infeksi parasit usus (Forbes BA, 2022).

Di daerah tropis dengan keterbatasan fasilitas laboratorium, pemeriksaan mikroskopik langsung menjadi pemeriksaan lini pertama sebelum dilakukan kultur, uji biokimia, atau metode molekuler. Pemeriksaan mikroskopik langsung bertujuan untuk: mendeteksi keberadaan

mikroorganisme secara cepat, mengidentifikasi morfologi khas patogen, menentukan dugaan aal etiologi penyakit infeksi tropis, menilai kualitas spesimen klinik, dan menentukan pemeriksaan lanjutan yang diperlukan.

Prinsip pemeriksaan mikroskopik langsung adalah visualisasi mikroorganisme atau struktur biologisnya menggunakan mikroskop cahaya dengan atau tanpa pewarnaan. Identifikasi didasarkan pada bentuk dan ukuran mikroorganisme, struktur seluler khas, pola pewarnaan, hubungan dengan sel inang. Keberhasilan pemeriksaan sangat dipengaruhi oleh kualitas spesimen dan teknik preparasi.

Metode pemeriksaan mikroskopis langsung yang umum digunakan antara lain:

a. Preparat Basah (*Wet Mount*)

Dilakukan dengan mengamati spesimen segar tanpa pewarnaan, untuk mendeteksi protozoa usus (*Entamoeba*, *Giardia*), larva dan telur cacing. Kelebihannya cepat dan sederhana, sedangkan keterbatasannya adalah sensitivits rendah (Garcia LS., 2023).

b. Pewarnaan Gram

Mengklasifikasikan bakteri menjadi Gram positif atau negatif dan membantu pemilihan terapi awal (Forbes BA *et al.*, 2022).

- c. Pewarnaan *Ziehl–Neelsen*
Digunakan untuk deteksi bakteri tahan asam seperti *Mycobacterium tuberculosis* dan *Mycobacterium leprae* (Murray PR *et al.*, 2023)
- d. Pewarnaan Giemsa
Optimal digunakan untuk deteksi parasit darah seperti *Plasmodium spp.* (malaria) dan *Wuchereria bancrofti* (filariasis) (WHO, 2021).
- e. Pewarnaan KOH 10-20%
Digunakan untuk melihat jamur dengan melarutkan materi jaringan non-jamur, contoh pada dermatofitosis dan kandidiasis (Garcia LS, 2023).

Tabel 2.1 Jenis Pemeriksaan Mikroskopik langsung Pada Penyakit Infeksi Tropis

Jenis Pemeriksaan	Prinsip Dasar	Spesimen	Patogen Yang Dideteksi	Contoh penyakit Infeksi Tropis
Preparat basah	Pengamatan langsung spesimen segar tanpa pewarnaan	Feses , urine, sputum	Protozoa usus/motil, telur dan larva cacing	Amoebiasis, giardiasis, strongiloidiasis
Pewarnaan Gram	Diferensiasi bakteri	Sputum,	Bakteri gram	Sepsis, pneumoni

Jenis Pemeriksaan	Prinsip Dasar	Spesimen	Patogen Yang Dideteksi	Contoh penyakit Infeksi Tropis
	berdasarkan struktur dinding sel	pus, darah, CSF	positif dan gram negatif	a, infeksi kulit tropis
Pewarnaan <i>Ziehl-Neelsen</i>	Deteksi bakteri tahan asam	sputum, jaringan	<i>Mycobacterium tuberculosis</i> , <i>Mycobacterium leprae</i>	Tuberkulosis, kusta
Pewarnaan Giemsa	Pewarnaan sel darah dan parasit intraseluler	Darah tepi, sumsum tulang	<i>Plasmodium spp.</i> , <i>Trypanosoma</i> , <i>Mikrofilaria</i>	Malaria, filariasis
Pewarnaan Wright-Giemsa	Identifikasi parasit darah dan sel hematologi	Darah tepi	Parasit darah dan perubahan sel	Malaria, leishmaniasis
Preparat KOH (10-20%)	Melarutkan jaringan non-jamur	Kulit, kuku,	Jamur (hifa, spora)	Dermatofitosis,

Jenis Pemeriksaan	Prinsip Dasar	Spesimen	Patogen Yang Dideteksi	Contoh penyakit Infeksi Tropis
		rambut		Kandidiasis
Pewarnaan India Ink	Visualisasi kapsul mikroorganisme	CSF	<i>Cryptococcus neoformans</i>	Meningitis kriptokokkus
Pewarnaan Trichrome	Pewarnaan struktur protozoa usus	feses	Protozoa usus	Amoebiasis, giardiasis
Pewarnaan modified Ziehl-Neelsen	Deteksi parasit tahan asam	feses	<i>Cryptosporidium</i> , <i>cyclospora</i>	Diare kronik tropis
Pewarnaan hematoksin-Eosin (H&E)	Identifikasi patogen dalam jaringan	Biopsi jaringan	Parasit, jamur, bakteri tertentu	Schistosomiasis, Leishmaniasis

Interpretasi hasil pemeriksaan mikroskopik langsung meliputi: identifikasi morfologi patogen, kepadatan atau jumlah patogen, hubungan

patogen dengan sel inang, dan kesesuaian dengan gejala klinis.

Hasil positif bersifat presumtif dan perlu konfirmasi dengan metode lanjutan. Keterbatasan pemeriksaan mikroskopik langsung adalah sensitivitas bergantung pada jumlah patogen, membutuhkan tenaga terampil, tidak selalu dapat menemukan spesies secara pasti, dan resiko hasil negatif palsu.

4. Pemeriksaan Kultur Mikroorganisme

Hasil pemeriksaan mikroskopik yang menunjukkan atau mencurigai infeksi bakteri/jamur, dilakukan pemeriksaan kultur menggunakan media selektif, diferensial, atau pengayaan. Kultur mikroorganisme adalah teknik untuk menumbuhkan bakteri atau jamur pada media tertentu sehingga dapat diidentifikasi dan diuji kepekaannya terhadap antimikroba (Forbes BA *et al.*, 2022).

Pemeriksaan kultur adalah *gold standard* untuk isolasi dan identifikasi mikroorganisme hidup dari spesimen klinis. Kultur memungkinkan pertumbuhan bakteri atau jamur pada media yang sesuai sehingga dapat ditentukan spesiesnya melalui pengamatan morfologi koloni, uji

biokimia dan pemeriksaan lanjutan (Shaoli Basu *et al.*, 2021).

Pemeriksaan kultur pada penyakit infeksi tropis bertujuan untuk mengisolasi mikroorganisme penyebab infeksi, menentukan identitas mikroorganisme secara pasti, menilai viabilitas mikroorganisme, menjadi dasar pemeriksaan lanjutan seperti uji biokimia dan uji kepekaan antimikroba, mendukung surveilans dan pengendalian penyakit infeksi tropis.

a. Media Kultur

Prinsip dasar pemeriksaan kultur adalah menyediakan lingkungan nutrisi dan kondisi fisik yang optimal bagi pertumbuhan mikroorganisme. Faktor penting yang diperhatikan meliputi ; jenis media kultur, suhu inkubasi, kebutuhan oksigen, waktu inkubasi, dan teknik aseptik. Kegagalan dalam mengontrol faktor-faktor tersebut dapat menyebabkan hasil kultur negatif palsu atau kontaminasi.

Beberapa jenis media kultur pada penyakit infeksi tropis, antara lain :

➤ Media Umum (*Non-Selektif*)

Digunakan untuk menumbuhkan berbagai jenis bakteri. Media ini sering digunakan

pada tahap awal isolasi. Contoh : *Nutrient Agar* (NA) dan *Blood agar* (BA).

➤ Media Selektif

Mengandung zat penghambat untuk menekan pertumbuhan bakteri tertentu sehingga memudahkan isolasi patogen. Contoh: *MacConkey* agar (bakteri gram negatif enterik), *Thiosulfate Citrate Bile Salts Sucrose* (TCBS) agar (*Vibrio cholerae*).

➤ Media Diferensial

Digunakan untuk membedakan mikroorganisme berdasarkan reaksi biokimia tertentu. Contohnya, *MacConkey* agar (fermentasi laktosa), CLED agar (Infeksi saluran kemih).

➤ Media Enrichment

Digunakan untuk meningkatkan jumlah mikroorganisme target dalam spesimen. Contohnya, Selenite F Broth (*Salmonella spp.*), Alkaline peptone water (*Vibrio cholerae*).

➤ Media Khusus

Digunakan untuk mikroorganisme tertentu yang memerlukan kondisi spesifik. Contohnya, Lowenstein-Jensen (*Mycobacterium tuberculosis*) dan *Cary-Blair* (Media Transport tinja).

Tabel 2.2 Jenis Spesimen Untuk Pemeriksaan Kultur
Pada Penyakit Infeksi Tropis

Spesimen	Patogen Tropis Umum
Darah	<i>Salmonella typhii</i> , <i>Plasmodium</i> (bukan kultur rutin)
Feses	<i>Vibrio cholerae</i> , <i>Shigella</i> , <i>Salmonella</i>
Urine	<i>Proteus spp.</i> , <i>E.coli</i>
Sputum	<i>Mycobacterium tuberculosis</i>
Swab / Jaringan Luka	<i>Staphylococcus aureus</i> , <i>Pseudomonas aeruginosa</i>

b. Inkubasi dan Identifikasi

Prosedur umum pemeriksaan kultur, meliputi: pengambilan spesimen secara aseptik, inokulasi keisolasi media yang sesuai, inkubasi pada suhu optimal (umumnya 35-37oC), Observasi pertumbuhan koloni, koloni murni dan pemeriksaan lanjutan (biokimia, serologi, uji kepekaan antibiotik).

Interpretasi hasil kultur meliputi: morfologi koloni (warna, bentuk, ukuran), pola hemolisis (pada *blood agar*), jumlah koloni, konsistensi dengan gejala klinis. Hasil harus dikorelasikan dengan data klinis untuk menghindari overdiagnosis akibat kontaminan.

Keterbatasan pemeriksaan kultur yakni waktu pemeriksaan relatif lama,membutuhkan fasilitas laboratorium memadai, tidak semua mikrorganisme dapat dikultur, dan resiko kontaminasi jika teknik aseptik tidak optimal.

Tabel 2.3 Jenis Media Kultur Pada Pemriksaan Mikrobiologi Penyakit Infeksi Tropis

Media Kultur	Jenis Media	Fungsi Utama	Patogen Tropis Target	Contoh Penyakit
<i>Nutrient Agar</i>	Umum (non-selektif)	Pertumbuhan bakteri non-fastidious	Bakteri umum	Infeksi bakteri umum
<i>Blood Agar</i>	Umum dan diferensial	Deteksi hemolisis	<i>Streptococcus spp.</i> , <i>Staphylococcus aureus</i>	Infeksi kulit, sepsis
<i>MacConkey Agar</i>	Selektif dan diferensial	Isolasi Gram (-), fermentasi laktosa	<i>E.coli</i> , <i>Salmonella</i> , <i>Shigella</i>	Diare, tifoid

Media Kultur	Jenis Media	Fungsi Utama	Patogen Tropis Target	Contoh Penyakit
<i>TCBS Agar</i>	Selektif dan diferensial	Isolasi Vibrio	<i>Vibrio cholerae</i>	Kolera
<i>Selenite F Broth</i>	Enrichment	Memperkaya Salmonella	<i>Salmonella typhi</i>	Demam tifoid
<i>Alkaline Peptone Water</i>	Enrichment	Memperkaya Vibrio	<i>Vibrio cholerae</i>	kolera
<i>CLED Agar</i>	Diferensial	Kultur urine, cegah swarming	<i>Proteus spp., E.coli</i>	ISK
<i>Lowenstein-Jensen</i>	Media khusus	Isolasi Mycobacterium	<i>Mycobacterium tuberculosis</i>	Tuberkulosis
<i>Chocolate Agar</i>	Media diperkaya	Bakteri fastidious	<i>Haemophilus influenzae</i>	Infeksi saluran nafas

Media Kultur	Jenis Media	Fungsi Utama	Patogen Tropis Target	Contoh Penyakit
<i>Cary-Blair</i>	Media transport	Menjaga viabilitas tinja	<i>Patogen enterik</i>	Diare tropis
<i>Sabouraud Dextrose Agar</i>	Media khusus	Isolasi jamur	<i>Candida spp., Aspergillus sp</i>	Mikosis tropis

5. Pemeriksaan Uji Biokimia

Setelah kultur, Isolat hasil kultur selanjutnya diidentifikasi menggunakan uji biokimia konvensional atau dengan sistem otomatis (mis. VITEK, MALDI-TOF), berdasarkan aktivitas metabolik dan enzimatis mikroorganisme. Tahap ini penting untuk membedakan spesies patogen penyebab penyakit infeksi tropis yang memiliki karakteristik klinis serupa. Uji seperti fermentasi karbohidrat, uji indol, katalase, oksidase, TSIA, dan penggunaan substrat tertentu membantu membedakan spesies patogen penyebab penyakit tropis. Meski terdengar tradisional, uji biokimia tetap relevan dalam diagnosis mikrobiologi

konvensional dan diagnostik diferensial (Mahon CR *et al.*, 2023).

Uji biokimia merupakan rangkaian pemeriksaan laboratorium yang bertujuan mengidentifikasi dan membedakan mikroorganisme penyebab penyakit infeksi berdasarkan aktivitas metabolik, enzimatik dan kemampuan fermentasi mikroorganisme tersebut. Dalam konteks penyakit infeksi tropis, uji ini sangat penting terutama untuk identifikasi bakteri patogen yang sering menjadi penyebab penyakit endemik di daerah tropis.

Jenis-jenis uji biokimia yang umum digunakan meliputi :

a. Uji fermentasi Karbohidrat

Digunakan untuk mengetahui kemampuan mikroorganisme dalam memfermentasi karbohidrat tertentu (glukosa, laktosa, sukrosa, manitol). Contoh : *Vibrio cholerae* → fermentasi sukrosa (+), dan *Salmonella typhi* → fermentasi glukosa (+), laktosa (-).

b. Uji Indol

Digunakan untuk menilai kemampuan bakteri memecah asam amino triptofan menjadi indol. Contoh: *Escherichia coli* → indol positif, dan *Klebsiella pneumoniae* → indol negative

c. Uji Methyl Red (MR)

Untuk menentukan produksi asam stabil dari fermentasi glukosa. Contoh: *Escherichia coli* → MR positif, dan *Enterobacter spp.* → MR negative

d. Uji Voges–Proskauer (VP)

Untuk mendeteksi pembentukan asetoin sebagai hasil fermentasi glukosa jalur butanediol. Contoh: *Enterobacter* dan *Klebsiella* → VP positif

e. Uji Sitrat (*Citrate Test*)

Untuk Menilai kemampuan mikroorganisme menggunakan sitrat sebagai satu-satunya sumber karbon. Contoh: *Salmonella spp.* → sitrat positif, dan *Escherichia coli* → sitrat negative

f. Uji Urease

Untuk mendeteksi kemampuan bakteri menghasilkan enzim urease yang memecah urea menjadi amonia. Contoh: *Proteus spp.* → urease positif kuat, dan *Salmonella spp.* → urease negative

g. Uji Katalase

Mengidentifikasi kemampuan bakteri memecah hidrogen peroksida menjadi air dan oksigen. Contoh: *Staphylococcus spp.* → katalase positif, dan *Streptococcus spp.* → katalase negative

h. Uji Oksidase

Digunakan untuk mendeteksi keberadaan enzim sitokrom oksidase. Contoh: *Vibrio cholerae* → oksidase positif, dan *Enterobacteriaceae* → oksidase negatif.

i. Uji Triple Sugar Iron Agar (TSIA)

Uji komprehensif untuk menilai: Fermentasi glukosa, laktosa, sukrosa, Produksi gas, dan Produksi hidrogen sulfida (H_2S). Contoh: *Salmonella spp.* → H_2S positif, dan *Shigella spp.* → H_2S negatif.

Uji biokimia sangat berperan dalam diagnosis penyakit tropis seperti: Demam tifoid, Kolera, Disentri basiler, Infeksi saluran pencernaan akibat bakteri enterik, dan Infeksi luka di daerah tropis. Uji ini umumnya dikombinasikan dengan pemeriksaan mikroskopis, kultur, dan uji serologis untuk meningkatkan akurasi diagnosis. Pemahaman yang baik terhadap prinsip, prosedur, dan interpretasi hasil uji biokimia sangat penting bagi mahasiswa, tenaga laboratorium, dan praktisi kesehatan dalam menunjang diagnosis yang akurat dan berbasis ilmiah.