



<<<<<

>>>>>

BUKU AJAR

DASAR-DASAR TEKNOLOGI LABORATORIUM MEDIS

Penulis :

Asni Ramayana Tina; Yety Eka Sispita Sari; Arifiani Agustin Amalia;
Anita Maria Magdalena Silaban; Putri Wulan Akbar;
Neshya Ruriana Putri

Editor : Jumriah Nur

BUKU AJAR
DASAR-DASAR TEKNOLOGI
LABORATORIUM MEDIS

Penulis:

Asni Ramayana Tina; Yety Eka Sispita Sari;
Arifiani Agustin Amalia;
Anita Maria Magdalena Silaban; Putri Wulan Akbar;
Neshya Ruriana Putri

Editor:

Jumriah Nur



PT. Mustika Sri Rosadi

BUKU AJAR**DASAR-DASAR TEKNOLOGI LABORATORIUM MEDIS****Penulis:**

Asni Ramayana Tina; Yety Eka Sispita Sari; Arifiani Agustin Amalia; Anita Maria Magdalena Silaban; Putri Wulan Akbar; Neshya Ruriana Putri

Editor: Jumriah Nur

Layout: Tim PT. Mustika Sri Rosadi

Desain Sampul: Tim PT. Mustika Sri Rosadi

ISBN: 978-634-7535-09-2 (PDF)

Cetakan Pertama: 5 Desember 2025

Hak Cipta 2025

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, karena atas rahmat dan karunia-Nya buku ajar **“Dasar-Dasar Teknologi Laboratorium Medis”** ini dapat diselesaikan dengan baik. Buku ini disusun sebagai bahan ajar yang komprehensif bagi mahasiswa dan praktisi sebagai rujukan dalam memahami konsep-konsep dasar yang menjadi fondasi profesi analis laboratorium. Perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi di bidang kesehatan menuntut tenaga laboratorium untuk memiliki pemahaman yang kuat mengenai prinsip kerja laboratorium medis, penggunaan alat dan perangkat modern, serta penerapan keselamatan kerja yang sesuai standar. Oleh karena itu, buku ajar ini disusun untuk memberikan gambaran menyeluruh mengenai peran strategis laboratorium medis.

Kami berharap buku ini dapat membantu pembaca dalam memahami teori dan praktik dasar yang diperlukan dalam kegiatan laboratorium medis. Kritik dan saran sangat kami harapkan untuk penyempurnaan buku ini di masa yang akan datang. Akhir kata, semoga buku ajar ini dapat memberikan manfaat sebesar-besarnya bagi seluruh pembaca dan mendukung peningkatan kualitas pendidikan serta pelayanan laboratorium medis di Indonesia.

Bogor, 5 Desember 2025

Penulis

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR.....	iii
DAFTAR ISI	iv
BAB I. KONSEP DASAR DAN PERAN STRATEGIS	
LABORATORIUM MEDIS.....	1
A. Pendahuluan.....	1
B. Jenis Jenis Laboratorium.....	2
C. Peran Strategis Laboratorium Medis	9
D. Prinsip Dasar Analisis Laboratorium Medis.....	11
E. Latihan Soal.....	14
BAB 2. PRINSIP-PRINSIP DASAR ANALISIS	
LABORATORIUM.....	18
A. Pendahuluan.....	18
B. Dasar-Dasar Pemrosesan Sampel Biologis.....	18
C. Prinsip Analisis Kimia Klinik	21
D. Prinsip Analisis Mikrobiologi.....	23
E. Prinsip Analisis Hematologi.....	26
F. Prinsip Analisis Imunologi.....	27
G. Prinsip Analisis Urinalisis.....	28
H. Pentingnya Pemahaman Jenis Pemeriksaan untuk Kebutuhan Klinis.....	29
I. Penutup	30
J. Latihan Soal.....	31
BAB 3. ALAT, PERALATAN, DAN OTOMASI	
LABORATORIUM MEDIS	35
A. Pendahuluan.....	35
B. Klasifikasi Alat Laboratorium.....	37
C. Pemeliharaan Alat (Maintenance).....	55
D. Verifikasi & Validasi Alat.....	56

E. Kesimpulan.....	58
F. Latihan Soal.....	58
BAB 4. KESELAMATAN KERJA DAN ETIKA	
LABORATORIUM MEDIS	62
A. Pendahuluan.....	62
B. Konsep Dasar Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) Laboratorium	64
C. Identifikasi Bahaya dan Risiko di Laboratorium Medis.....	72
D. Pengelolaan Limbah Laboratorium Medis	76
E. Kesimpulan.....	78
F. Latihan Soal.....	79
BAB 5. PENGENDALIAN MUTU DAN VALIDASI	
HASIL PEMERIKSAAN.....	83
A. Pendahuluan.....	83
B. Pengendalian Mutu	84
C. Validasi.....	89
D. Latihan Soal	93
BAB 6. MANAJEMEN DAN DIGITALISASI DATA	
LABORATORIUM.....	96
A. Pendahuluan	96
B. Pengelolaan Data Laboratorium: Manual vs. Elektronik.....	97
C. Sistem Informasi Laboratorium dan Teknologi Digital.....	102
D. Latihan Soal	107
DAFTAR PUSTAKA	112
BIOGRAFI PENULIS	122
LAMPIRAN	129
SINOPSIS.....	131

BAB I. KONSEP DASAR DAN PERAN STRATEGIS LABORATORIUM MEDIS

A. Pendahuluan

Laboratorium Medis merupakan fasilitas Kesehatan yang esensial dan berfungsi sebagai titik pusat sistem pelayanan Kesehatan modern. Laboratorium medis terdiri dari Laboratorium Rumah Sakit, Laboratorium Klinik, Laboratorium Kesehatan Masyarakat (Labkesmas) dan Laboratorium Riset atau Penelitian. Secara konseptual, sebuah laboratorium medis adalah unit tempat dilakukannya serangkaian proses analisis ilmiah terhadap berbagai sampel klinis manusia, seperti darah, urine atau jaringan tubuh yang bertujuan untuk menghasilkan data objektif mengenai kondisi Kesehatan seseorang. Selain sampel, instrumentasi merupakan salah satu tulang punggung operasional laboratorium medis modern.

Instrumentasi laboratorium medis merujuk pada keseluruhan peralatan dan mesin canggih yang digunakan oleh seorang Ahli Teknologi Laboratorium Medis (ATLM) untuk memproses, menganalisis, dan mengukur komponen sampel biologis. Instrumentasi laboratorium bekerja berdasarkan prinsip otomatisasi (otomasi), di mana sebagian besar atau seluruh langkah pengujian, mulai dari penambahan reagen hingga pembacaan hasil pemeriksaan dilakukan oleh mesin. Hal

ini bertujuan untuk meningkatkan akurasi, kecepatan, efisiensi dan standarisasi dari suatu pemeriksaan sampel. Instrumen laboratorium harus diperiksa secara berkala, dibersihkan, dan diuji menggunakan bahan kontrol (QC) untuk memastikan bahwa pengukuran yang dihasilkan tetap berada dalam batas toleransi yang ditetapkan.

Sebuah laboratorium medis membutuhkan disiplin ilmu yang beragam, diantaranya hematologi, kimia klinik, mikrobiologi klinik, imunologi serologi, parasitologi klinik, urinalisis dan disiplin ilmu tambahan lainnya. Semua disiplin ilmu ini bekerja secara sinergis untuk memberikan gambaran kesehatan pasien yang komprehensif, memungkinkan dokter untuk mengambil keputusan klinis dengan tepat dan cepat.

B. Jenis Jenis Laboratorium

Pelayanan laboratorium Kesehatan di Indonesia pada saat ini diselenggarakan oleh berbagai jenis laboratorium pada berbagai jenjang pelayanan. Untuk mengetahui bagaimana peran layanan laboratorium dalam dunia Kesehatan, maka kita harus memahami terlebih dahulu tentang laboratorium klinik berdasarkan jenis pelayanannya. Menurut Permenkes No 43 Tahun 2013 tentang cara penyelenggaraan laboratorium klinik, laboratorium klinik terbagi menjadi laboratorium klinik umum dan laboratorium klinik khusus. Berikut penjelasannya:

1. Laboratorium klinik umum adalah laboratorium yang melaksanakan pelayanan pemeriksaan spesimen klinik di bidang hematologi, kimia klinik, mikrobiologi klinik, parasitologi klinik dan imunologi klinik. Contohnya adalah laboratorium Rumah sakit. Laboratorium klinik umum diklasifikasikan menjadi 3 jenis laboratorium diantaranya:

a. Laboratorium Klinik Umum Pratama

Laboratorium Klinik Umum Pratama adalah tingkat klasifikasi paling dasar dalam penyelenggaraan laboratorium klinik umum. Fungsi utama Laboratorium Klinik Umum Pratama adalah sebagai berikut:

- a) Mendukung Pelayanan di Tingkat Primer: Menyediakan data laboratorium yang cepat dan akurat untuk mendukung dokter umum atau tenaga kesehatan lain di Puskesmas atau klinik dalam menegakkan diagnosis awal dan memberikan tatalaksana pengobatan pada kasus-kasus umum.
- b) Efisiensi dan Aksesibilitas: Mempermudah pasien mendapatkan hasil pemeriksaan dasar tanpa harus merujuk ke laboratorium yang lebih tinggi, sehingga mempercepat penanganan pasien.
- c) Rujukan: Jika ditemukan hasil yang abnormal atau jika diperlukan pemeriksaan spesialisasi yang tidak tersedia, spesimen atau rujukan

pasien akan diarahkan ke Laboratorium Klinik Madya atau Utama.

Laboratorium ini dirancang untuk memberikan pelayanan pemeriksaan spesimen klinik dengan kemampuan yang terbatas dan menggunakan teknik yang sederhana. Kemampuan pemeriksaan Laboratorium Klinik Umum Pratama untuk mendukung diagnosis penyakit-penyakit umum dengan fokus pada layanan yang mendasar. Pemeriksaan yang umum dilakukan meliputi hematologic dasar, kimia klinik dasar, imunologi sederhana dan urinalisis. Contohnya Laboratorium Puskesmas.

Peralatan yang digunakan pada tingkat ini umumnya mencakup fotometer, reagen cepat (*rapid test*), dan mikroskop sederhana. Untuk pemeriksaan yang lebih spesifik atau kompleks, yang berada di luar batas kemampuan minimalnya, Laboratorium Klinik Umum Pratama memiliki kewajiban untuk melakukan rujukan ke laboratorium dengan klasifikasi yang lebih tinggi.

b. Laboratorium Klinik Umum Madya

Laboratorium Klinik Umum Madya merupakan tingkat klasifikasi menengah dalam sistem laboratorium klinik umum. Lab Madya memiliki kemampuan pemeriksaan yang lebih luas dan lebih mendalam dibandingkan tingkat Pratama, menjadikannya fasilitas yang mampu menangani

kasus-kasus klinis dengan kompleksitas yang lebih tinggi. Namun jika diperlukan pemeriksaan yang sangat spesifik atau memerlukan instrumen otomatis canggih, rujukan akan diarahkan ke Laboratorium Klinik Umum Utama (seperti RS Tipe A atau B).

Laboratorium Klinik Umum Madya wajib melaksanakan semua jenis pemeriksaan yang mampu dilakukan oleh Laboratorium Klinik Umum Pratama. Laboratorium Klinik Umum Madya seringkali ditemukan di Rumah Sakit Tipe C atau di kota-kota yang menjadi pusat rujukan dari klinik-klinik atau Puskesmas di sekitarnya. Laboratorium Madya memiliki persyaratan ketenagaan dan penanggung jawab yang lebih ketat daripada tingkat Pratama. Penanggung Jawab Teknis dalam laboratorium ini Sekurang-kurangnya seorang Dokter Spesialis Patologi Klinik (Sp.PK). Tenaga Teknis yang dibutuhkan (ATLM) juga lebih banyak, biasanya minimal 4 orang, ditambah tenaga pendukung lain seperti perawat dan administrasi.

c. Laboratorium Klinik Umum Utama

Laboratorium Klinik Umum Utama adalah klasifikasi tertinggi dan terlengkap dari laboratorium klinik umum. Laboratorium ini berfungsi sebagai fasilitas rujukan akhir yang memiliki kemampuan pemeriksaan spesimen

klinis paling luas dan mendalam, mampu menangani kasus-kasus medis yang sangat kompleks. Laboratorium Klinik Umum Utama seringkali merupakan bagian dari Rumah Sakit Tipe A atau B dan berfungsi sebagai pusat rujukan regional atau nasional.

Tabel 1.1 Tipe/Jenis Laboratorium

Tingkat/Tipe	Fokus Utama	Contoh Pemeriksaan
Pratama	Pelayanan Dasar (Rutin)	Darah Lengkap, Glukosa, Urinalisis Rutin.
Madya	Pelayanan Dasar + Menengah	Faal Hemostasis (PT/APTT), Serologi Sederhana (Widal), Kultur Sederhana.
Utama	Pelayanan Luas & Spesialistik	Analisis Gas Darah (AGD), Hormon Kuantitatif, Analisis Cairan Tubuh, Molekuler Dasar (PCR).

2. Laboratorium Klinik Khusus adalah laboratorium yang melaksanakan pelayanan pemeriksaan specimen klinik pada 1 bidang pemeriksaan khusus

atau kemampuan tertentu. Laboratorium klinik khusus diklasifikasikan menjadi beberapa bagian diantaranya:

a. Laboratorium Mikrobiologi klinik

Laboratorium Mikrobiologi Klinik adalah jenis laboratorium khusus yang berfokus pada pemeriksaan spesimen klinis untuk mengidentifikasi dan mempelajari mikroorganisme yang menyebabkan penyakit pada manusia. Ruang lingkup pemeriksaan dalam laboratorium ini meliputi kultur (pembiasaan) dan identifikasi mikroorganisme serta uji kepekaan antibiotik (*Antibiotic Susceptibility Testing / AST*). Pembiasaan mikroba dapat dilakukan dengan menggunakan specimen pasien berupa darah, urine, cairan tubuh, swab luka dll pada media umum ataupun khusus. Setelah tumbuh, mikroba diidentifikasi jenisnya (misalnya *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli*, *Candida albicans*). Uji Kepekaan Antibiotik (*Antibiotic Susceptibility Testing/AST*) bertujuan untuk Menguji kemampuan antibiotik yang berbeda-beda untuk membunuh atau menghambat pertumbuhan mikroba yang telah diisolasi. Hasil uji ini sangat penting untuk membantu dokter memilih antibiotik yang paling efektif dan mencegah terjadinya resistensi antibiotik (Gandham, 2020).

b. Laboratorium Parasitologi Klinik

Laboratorium Parasitologi Klinik adalah laboratorium khusus yang berfokus pada pemeriksaan spesimen klinis dan memiliki peran krusial dalam mendiagnosis infeksi yang disebabkan oleh protozoa, helminths dan ektoparasit. Sebagian besar teknik dalam Laboratorium Parasitologi Klinik berfokus pada metode mikroskopis sederhana, meskipun teknik molekuler juga mulai digunakan di lab rujukan (Kemenkes RI, 2011).

c. Laboratorium Patologi Anatomi

Laboratorium Patologi Anatomi (PA) adalah laboratorium khusus yang tidak berfokus pada analisis cairan tubuh (seperti darah atau urin), melainkan pada pemeriksaan jaringan dan sel tubuh (morfologi) untuk mendiagnosis penyakit. Pemeriksaan yang dilakukan di sini bertujuan untuk mengamati dan mengidentifikasi perubahan struktural dan seluler yang disebabkan oleh penyakit. Laboratorium Patologi Anatomi mencakup beberapa disiplin ilmu utama yaitu histopatologi, sitopatologi, histokimia dan imunohistokimia (IHK) (Kemenkes RI, 2011).

C. Peran Strategis Laboratorium Medis

Laboratorium medis memegang peran strategis yang sangat vital dalam sistem pelayanan kesehatan, jauh melampaui sekedar tempat pengambilan dan pengujian sampel. Kontribusinya dapat dilihat dalam proses pengambilan keputusan klinis, pencegahan penyakit, dan ketahanan kesehatan masyarakat. Sekitar 70% dari semua keputusan klinis (termasuk diagnosis, pengobatan, dan pemantauan) bergantung pada hasil pemeriksaan laboratorium. Peran strategis sebuah laboratorium medis diantaranya:

1. Penegakan Diagnosis

Penegakan diagnosis melalui laboratorium melibatkan perbandingan antara hasil yang didapat dari sampel pasien dengan nilai rujukan (normal) yang sudah ditetapkan. Pemeriksaan laboratorium tidak hanya sekedar mengukur, tetapi juga melakukan berbagai fungsi spesifik untuk mendukung diagnosis. Hasil laboratorium digunakan untuk mengkonfirmasi adanya penyakit. Sebaliknya, hasil yang normal dapat digunakan untuk mengeksklusi (menyingkirkan) suatu penyakit yang dicurigai (Abdel & El-Masry, 2021).

2. Pemantauan terapi

Laboratorium menyediakan data kuantitatif yang objektif untuk menunjukkan apakah terapi mencapai tujuan yang diinginkan. Banyak obat memiliki efek samping yang dapat merusak organ vital (toksisitas), terutama hati dan ginjal. Laboratorium bertindak sebagai

sistem peringatan dini. Laboratorium juga membantu mendeteksi komplikasi yang mungkin timbul akibat penyakit kronis atau akibat pengobatan (Erickson, 2021).

3. Prognosis dan keputusan klinis

Peran laboratorium medis dalam prognosis (perkiraan hasil atau perjalanan penyakit) dan keputusan klinis adalah memberikan data ilmiah yang memungkinkan dokter membuat perencanaan perawatan jangka panjang yang paling tepat bagi pasien. Laboratorium menyediakan beberapa informasi kunci diantaranya: mengukur tingkat keparahan penyakit, memprediksi perjalanan penyakit secara spesifik (Anam & Rahmawati, (2021)).

4. Riset dan Pengembangan Ilmu Pengetahuan

Laboratorium medis tidak hanya berfungsi sebagai tempat pengujian klinis, tetapi juga sebagai landasan utama bagi penemuan dan kemajuan ilmiah. Laboratorium memainkan peran kunci dalam mengembangkan dan memvalidasi tes diagnostik inovatif. Laboratorium medis menjembatani kesenjangan antara penemuan ilmiah di laboratorium dasar dan penerapannya di lingkungan klinis serta memastikan metode baru dapat menghasilkan data yang akurat, andal dan efisien (Nam & Park, 2025).

Selain itu, peran strategis laboratorium medis diantaranya melakukan analisis mendalam terhadap specimen pasien sehingga dapat membantu memahami pathogenesis penyakit. Laboratorium dapat membantu

mengidentifikasi target molekuler dan jalur sinyal yang terlibat dalam penyakit untuk pengembangan obat dan terapi baru. Laboratorium medis juga berfungsi sebagai pusat pelatihan ilmuwan dan profesional Kesehatan masa depan. Singkatnya, laboratorium medis adalah lokomotif yang mendorong inovasi diagnostik, mempercepat penemuan ilmiah dan pada akhirnya meningkatkan perawatan Kesehatan secara menyeluruh.

D. Prinsip Dasar Analisis Laboratorium Medis

Prinsip dasar dalam analisis laboratorium berpusat pada perolehan data yang akurat, presisi, andal (*reliable*), dan dapat dipertanggungjawabkan melalui serangkaian prosedur ilmiah yang sistematis dan terkontrol. Prinsip-prinsip ini berlaku baik untuk analisis kualitatif (menentukan jenis zat) maupun kuantitatif (menentukan kadar atau jumlah zat) dan melibatkan beberapa aspek utama yaitu ketepatan (*accuracy*) dan presisi (*precision*), validasi metode dan prosedur, kontrol kualitas, sterilitas, interpretasi data.

Ketepatan (*Accuracy*) yaitu Seberapa dekat hasil pengukuran atau pemeriksaan dengan nilai sebenarnya (nilai standar/referensi). Hasil yang akurat menunjukkan minimnya *error sistematik*. Sedangkan presisi (*Precision*) dapat diartikan seberapa konsisten atau berdekatan hasil pengukuran ketika prosedur diulangi berkali-kali di bawah kondisi yang sama. Presisi yang baik menunjukkan minimnya *error random*. Analisis juga

harus selalu menggunakan metode yang tervalidasi atau prosedur standar yang telah teruji dan terbukti memberikan hasil yang benar. Selain itu, analisis menjamin keandalan hasil dan proses analisis harus disertai dengan kontrol (WHO, 2021).

Analisis laboratorium berlandaskan pada tiga tahap utama yang harus dilakukan secara sistematis, akurat, dan terkontrol yaitu tahap Pra-Analitik, Analitik, dan Pasca-Analitik. Tahap pra analitik mencakup Identifikasi Pasien & Sampel, persiapan pasien, pengambilan sampel serta penanganan sampel. Tahap analitik mencakup akurasi, presisi, instrumentasi dan validasi metode. Prinsip dasar dalam Analisis Laboratorium Kimia Klinik berfokus pada pengukuran komponen kimia (analit) dalam cairan atau bahan biologis tubuh (seperti darah, urin, atau cairan tubuh lainnya) untuk mendapatkan informasi yang menunjang diagnosis, pemantauan, dan pencegahan penyakit.

Prinsip dasar dalam analisis laboratorium dapat berbeda beda didasarkan bidang kompetensinya masing masing. Prinsip dasar pemeriksaan kimia klinik adalah mengukur konsentrasi zat-zat kimia (analit) dalam cairan atau bahan biologis tubuh (seperti serum, plasma, atau urin) melalui reaksi kimia yang terukur. Metode yang paling umum digunakan adalah yang didasarkan pada interaksi cahaya dan materi, yang kemudian diukur menggunakan alat seperti fotometer atau *Chemistry Analyzer* (Bishop, Fody, & Schoeff, 2018).

Pemeriksaan Hematologi berfokus pada analisis kualitatif dan kuantitatif dari komponen seluler darah yaitu sel darah merah (eritrosit), sel darah putih (leukosit), dan keping darah (trombosit) serta faktor-faktor terkait pembekuan (hemostasis). Secara umum, prinsip pengukuran modern (menggunakan *Hematology Analyzer* otomatis) didasarkan pada tiga teknologi utama yaitu diantaranya Impedansi Listrik (*The Coulter Principle*), Fotometri, Sinar Laser dan Fluoresensi (*Flow Cytometry*) (Yeo & Ng 2018).

Mikrobiologi Klinis adalah bidang ilmu yang dapat mengidentifikasi agen penyebab infeksi (patogen) dari sampel klinis dan menentukan obat yang efektif untuk melawan patogen tersebut. Proses ini didasarkan pada empat pilar utama: Isolasi, Identifikasi, Pewarnaan, dan Uji Kepekaan. Tujuan isolasi dan kultur adalah mendapatkan biakan murni (*pure culture*) dari mikroorganisme yang dicurigai sebagai penyebab penyakit. Seluruh proses penanganan sampel, penanaman, dan inkubasi harus dilakukan di bawah kondisi steril untuk menghindari kontaminasi dari lingkungan. Pewarnaan dan pengamatan mikroskopis bertujuan untuk mengamati morfologi sel dan klasifikasi awal. Jenis pewarnaan yang biasa digunakan adalah pewarnaan gram dan pewarnaan khusus. Pewarnaan gram adalah Teknik pewarnaan diferensial yang paling fundamental dan membagi bakteri menjadi dua kelompok besar berdasarkan struktur dinding selnya

yaitu gram positif dan gram negative. Sedangkan pewarnaan khusus dapat digunakan untuk pathogen tertentu, misalnya pewarnaan Ziehl-Neelsen untuk bakteri tahan asam seperti *Mycobacterium tuberculosis* (Mahon *et al*, 2019).

E. Latihan Soal

1. Di laboratorium manakah seorang teknisi akan melakukan proses pewarnaan Gram, penanaman kultur (*culture plating*), dan identifikasi koloni bakteri?
 - A. Laboratorium Toksikologi
 - B. Laboratorium Kimia
 - C. Laboratorium Bakteriologi
 - D. Laboratorium Genetika
 - E. Laboratorium Genetika dan Bakteriologi
2. Pemeriksaan Histopatologi, yaitu analisis jaringan (biopsi) yang diwarnai untuk mendiagnosis kanker, adalah fungsi utama dari...
 - A. Laboratorium Farmakologi
 - B. Laboratorium Biokimia
 - C. Laboratorium Patologi Anatomi
 - D. Laboratorium Imunologi
 - E. Laboratorium Parasitologi
3. Laboratorium yang menggunakan prinsip impedansi listrik dan *flow cytometry* untuk mengukur jumlah dan jenis sel darah adalah...

- A. Laboratorium Virologi
 - B. Laboratorium Biokimia
 - C. Laboratorium Hematologi
 - D. Laboratorium Parasitologi
 - E. Laboratorium Patologi Anatomi
4. Pemeriksaan yang paling sering dilakukan di Laboratorium Klinik Umum untuk mendiagnosis anemia dan infeksi adalah:
- A. Uji Fungsi Hati (SGOT/SGPT)
 - B. Pemeriksaan Darah Lengkap (Hematologi)
 - C. Kultur Urine
 - D. Analisis Gas Darah
 - E. Rehabilitasi
5. Fungsi utama dari Klinik Umum Pratama adalah menyediakan layanan kesehatan tingkat:
- A. Sekunder (Rujukan Spesialis)
 - B. Primer (Pelayanan Dasar)
 - C. Tersier (Sub-spesialis)
 - D. Rehabilitasi
 - E. Standar
6. Pemeriksaan yang paling mungkin tersedia di Laboratorium Klinik Madya, namun jarang dilakukan di Klinik Pratama, adalah:
- A. Glukosa Darah Sewaktu
 - B. Hitung Jumlah Eritrosit
 - C. Uji Faal Hemostasis (PT/APTT)
 - D. Urinalisis Rutin
 - E. Mikroskopis Urine

7. Jenis pemeriksaan spesifik berikut yang termasuk dalam kategori Kimia Klinik Lanjutan dan merupakan ciri khas layanan yang harus ditawarkan oleh Laboratorium Klinik Utama adalah:
 - A. Pemeriksaan Kreatinin
 - B. Pemeriksaan Asam Urat
 - C. Analisis Gas Darah (Blood Gas Analysis)
 - D. Pemeriksaan Bilirubin Total
 - E. Pemeriksaan Asam Urat
8. Peran strategis utama laboratorium medis dalam proses penegakan diagnosis adalah:
 - A. Memberikan obat secara langsung kepada pasien.
 - B. Melakukan tindakan bedah.
 - C. Menyediakan data objektif dan kuantitatif untuk mengkonfirmasi atau menyingkirkan diagnosis klinis.
 - D. Melakukan rehabilitasi fisik.
 - E. Menyampaikan hasil pemeriksaan kepada pasien
9. Dibawah ini yang termasuk Peran strategis laboratorium medis dalam berkontribusi pada pencegahan dan pengendalian penyakit adalah...
 - A. Menyimpan reagen dan bahan kimia secara teratur
 - B. Pemantauan epidemiologi penyakit menular, pengujian skrining, dan identifikasi pola resistensi antibiotic
 - C. Menyediakan layanan tes untuk penyakit tidak menular

- D. Memberikan diagnosis pada pasien
 - E. Melakukan Tindakan bedah
10. Prinsip pengukuran sel darah pada *Hematology Analyzer* yang mendeteksi perubahan hambatan listrik ketika sel darah melewati lubang kecil (aperture) adalah:
- A. Prinsip Fotometri
 - B. Prinsip Coulter (Impedansi Listrik)
 - C. Prinsip Fluoresensi
 - D. Prinsip Kromatograf
 - E. Prinsip ELISA

BAB 2. PRINSIP-PRINSIP DASAR ANALISIS LABORATORIUM

A. Pendahuluan

1. Peran Laboratorium Medis dalam Pelayanan Kesehatan

Analisis Laboratorium medis memegang peranan penting dalam sistem pelayanan kesehatan modern. Lebih dari 70% keputusan klinis dalam diagnosis, terapi, maupun monitoring pasien didasarkan pada hasil pemeriksaan laboratorium (Burtis, Ashwood, & Bruns, 2017).

1. Peran dalam Diagnosis
2. Peran dalam Monitoring Terapi
3. Peran dalam Pencegahan Penyakit
4. Penjaminan Mutu dan Akreditasi
5. Kolaborasi Interprofesional

2. Hubungan Analisis Laboratorium dengan Diagnosis Klinis

1. Peran dalam Konfirmasi Diagnosis
2. Peran dalam Diferensial Diagnosis
3. Peran dalam Menentukan Tingkat Keparahan
4. Kolaborasi Klinisi dan Laboratorium

B. Dasar-Dasar Pemrosesan Sampel Biologis

Pemrosesan sampel biologis merupakan tahap pra analitik yang sangat penting dalam analisis laboratorium medis. Kualitas hasil pemeriksaan sangat bergantung

pada mutu sampel dan prosedur penanganannya, mulai dari pemilihan jenis, pengambilan, transportasi, penyimpanan, hingga persiapan sebelum analisis (Bishop, Fody, & Schoeff, 2018).

Sampel biologis yang umum digunakan dalam laboratorium medis meliputi:

1. Darah : digunakan untuk analisis hematologi, kimia klinik, imunologi, dan serologi.
2. Urin: untuk pemeriksaan fungsi ginjal, metabolisme, serta deteksi infeksi saluran kemih.
3. Sputum: untuk analisis mikrobiologi, khususnya deteksi infeksi paru seperti tuberkulosis.
4. Cairan tubuh lain: misalnya cairan serebrospinal (CSF) untuk diagnosis meningitis, cairan pleura, cairan asites, dan cairan sinovial.
5. Jaringan biopsi: digunakan dalam histopatologi maupun pemeriksaan molekuler.

Pemilihan jenis sampel harus sesuai dengan tujuan pemeriksaan agar hasil analisis memiliki nilai diagnostik yang optimal.

1. Proses Pra Analitik (pengambilan, transportasi, penyimpanan)

Tahapan pra analitik sangat krusial, karena sebagian besar kesalahan laboratorium berasal dari tahap ini (Westgard, 2019).

- a. Pengambilan Sampel: harus menggunakan teknik aseptik untuk mencegah kontaminasi. Penggunaan tabung dengan antikoagulan yang

tepat (misalnya EDTA untuk hematologi, heparin untuk pemeriksaan kimia tertentu) sangat penting.

- b. Transportasi Sampel: sampel harus dikirim ke laboratorium dengan kondisi sesuai, misalnya suhu 2–8°C untuk urin atau darah yang tidak segera diperiksa, serta media transport khusus untuk mikrobiologi.
 - c. Penyimpanan Sampel: sampel memiliki masa stabilitas tertentu. Misalnya, darah lengkap untuk hematologi sebaiknya diperiksa dalam waktu 6 jam setelah pengambilan. Penyimpanan yang tidak sesuai dapat menyebabkan degradasi analit atau pertumbuhan mikroorganisme.
2. Faktor yang Mempengaruhi Kualitas Sampel dipengaruhi oleh:
- a. Faktor pasien: status gizi, hidrasi, konsumsi obat, diet, atau aktivitas fisik sebelum pengambilan sampel.
 - b. Faktor teknis: keterampilan petugas saat pengambilan, pemilihan alat, serta kondisi tabung dan reagen.
 - c. Faktor lingkungan: suhu, cahaya, serta lama transportasi.

Jika faktor-faktor ini tidak dikendalikan, hasil pemeriksaan bisa menyimpang dari kondisi sebenarnya.

3. Kesalahan pra analitik dan Dampaknya, berupa:
 - a. Hemolisis darah akibat teknik venipungsi yang salah, yang bisa memengaruhi hasil pemeriksaan kalium, LDH, dan bilirubin.
 - b. Kontaminasi sampel urin atau sputum, sehingga hasil mikrobiologi tidak valid.
 - c. Penyimpanan terlalu lama pada suhu ruang, menyebabkan degradasi glukosa darah.
 - d. Penggunaan antikoagulan yang salah, misalnya EDTA untuk pemeriksaan kalsium, dapat menghasilkan hasil palsu rendah.

Dampaknya sangat serius, mulai dari hasil yang tidak akurat, kesalahan diagnosis, terapi yang tidak tepat, hingga membahayakan keselamatan pasien (Kemenkes RI, 2011).

C. Prinsip Analisis Kimia Klinik

Kimia klinik adalah cabang ilmu laboratorium medis yang mempelajari komposisi kimia cairan tubuh manusia dan hubungannya dengan kondisi fisiologis maupun patologis. (Bishop, Fody, & Schoeff, 2018).

1. Dasar Reaksi Kimia dalam Analisis Klinik

Prinsip utama kimia klinik adalah interaksi reaksi kimia yang menghasilkan produk terukur. Misalnya, reaksi enzimatik atau reaksi kolorimetrik yang menghasilkan perubahan warna sesuai konsentrasi analit dalam sampel.

2. Metode Spektrofotometri

Spektrofotometri adalah metode paling banyak digunakan di laboratorium klinik. Prinsipnya adalah pengukuran absorbansi cahaya oleh suatu larutan pada panjang gelombang tertentu (Burtis, Ashwood, & Bruns, 2017).

- a. Spektrofotometri UV-Vis digunakan untuk pemeriksaan kadar bilirubin, enzim, atau protein total.
- b. Keterkaitan hukum Lambert-Beer: intensitas cahaya yang diserap sebanding dengan konsentrasi zat. Metode ini penting karena cepat, relatif murah, dan cukup akurat.

3. Enzimologi Klinis

Enzim merupakan biomarker penting dalam menilai kerusakan jaringan atau organ. Aktivitas enzim tertentu dalam darah menunjukkan kondisi patologis tertentu:

- a. AST (*Aspartate aminotransferase*) dan ALT (*Alanine aminotransferase*) untuk menilai kerusakan hati.
- b. CK-MB (*Creatine kinase-MB*) untuk diagnosis infark miokard.
- c. Amilase dan lipase untuk diagnosis pankreatitis.

4. Pemeriksaan Elektrolit & Gas Darah

Analisis elektrolit dan gas darah penting dalam kondisi kritis:

- a. Elektrolit (Na^+ , K^+ , Cl^- , Ca^{2+}) untuk berhubungan dengan keseimbangan cairan, fungsi ginjal, dan fungsi jantung.
 - b. Gas darah (pH , pCO_2 , pO_2 , HCO_3^-) untuk menilai status asam-basa, oksigenasi, dan ventilasi pasien (misalnya pada pasien ICU).
 - c. Metode analisis modern menggunakan ion selective electrode (ISE) untuk elektrolit dan blood gas analyzer untuk parameter asam-basa.
5. Kualitas dan Validasi Hasil, (Westgard, 2019).
 Mutu hasil kimia klinik ditentukan oleh penerapan Quality Control (QC) dan Quality Assurance (QA).
 Validasi mencakup:
- a. Kontrol internal: menggunakan bahan kontrol dengan konsentrasi diketahui.
 - b. Kontrol eksternal/proficiency testing: membandingkan hasil antar laboratorium.
6. Kalibrasi instrumen: memastikan hasil sesuai standar internasional.

D. Prinsip Analisis Mikrobiologi

Mikrobiologi medis penting dalam identifikasi penyebab penyakit infeksi serta penentuan terapi yang sesuai. Prinsip analisis mikrobiologi mencakup metode konvensional hingga molekuler modern untuk memastikan diagnosis yang akurat.

1. Teknik Kultur dan Identifikasi Bakteri

- a. Kultur adalah standar emas dalam diagnosis infeksi bakteri. Prinsipnya adalah menumbuhkan mikroorganisme pada media tertentu agar dapat diidentifikasi.
- b. Media padat (agar) untuk digunakan untuk isolasi koloni murni.
- c. Media cair (broth) untuk mendukung pertumbuhan cepat.
- d. Media selektif dan diferensial untuk misalnya MacConkey agar untuk membedakan bakteri Gram negatif fermenter laktosa.

Identifikasi dilakukan berdasarkan morfologi koloni, karakteristik biokimia, hingga MALDI-TOF pada laboratorium modern (Mahon, Lehman, & Manuselis, 2019).

2. Pewarnaan (Gram, Ziehl-Neelsen, dsb.)

Pewarnaan adalah metode cepat untuk melihat morfologi dan sifat dasar bakteri:

- a. Gram stain untuk membedakan bakteri Gram positif (ungu) dan Gram negatif (merah muda).
- b. Ziehl-Neelsen stain untuk mendeteksi basil tahan asam, terutama *Mycobacterium tuberculosis*.

3. Uji Sensitivitas Antibiotik

Uji ini bertujuan menentukan efektivitas antibiotik terhadap bakteri penyebab infeksi (CLSI, 2019).

- a. *Disk diffusion* (Kirby-Bauer): mengukur zona hambatan pertumbuhan bakteri di sekitar cakram antibiotik.
 - b. MIC (*Minimum Inhibitory Concentration*): menentukan konsentrasi terendah antibiotik yang menghambat pertumbuhan.
 - c. E-test: kombinasi disk dan MIC berbentuk strip gradien antibiotik.
4. Teknik Diagnostik Molekuler (PCR, NAAT)

Metode molekuler menjadi semakin penting dalam mikrobiologi klinik. Mempunyai kelebihan : kecepatan, sensitivitas tinggi, dan kemampuan mendeteksi mikroba yang sulit dikultur.

 - a. PCR (Polymerase Chain Reaction): mendeteksi DNA atau RNA mikroba dengan sensitivitas tinggi.
 - b. NAAT (Nucleic Acid Amplification Test): digunakan untuk diagnosis cepat infeksi menular seksual seperti *Chlamydia trachomatis* dan *Neisseria gonorrhoeae*.
 - c. Real-time PCR: memungkinkan kuantifikasi beban infeksi (misalnya HIV viral load).
5. Biosafety dalam Mikrobiologi

Keselamatan kerja laboratorium sangat penting untuk mencegah penularan infeksi. Prinsip biosafety meliputi:

 - a. Level biosafety (BSL 1–4): ditentukan berdasarkan risiko agen infeksius.

- b. Alat pelindung diri (APD): sarung tangan, jas lab, masker, hingga biosafety cabinet.
- c. Sterilisasi dan dekontaminasi: autoklaf, desinfektan, dan pembuangan limbah biologis sesuai standar.

WHO menekankan bahwa tanpa penerapan biosafety, laboratorium berpotensi menjadi sumber penularan penyakit (WHO, 2018).

E. Prinsip Analisis Hematologi

1. Komponen Darah dan Pemeriksaan Dasar

Darah terdiri atas plasma dan elemen seluler yaitu eritrosit, leukosit, dan trombosit. Pemeriksaan dasar hematologi meliputi hemoglobin, hematokrit, jumlah sel darah merah, putih, dan trombosit, yang bertujuan menilai status hematologis serta mendeteksi penyakit atau kelainan seperti anemia, infeksi, atau kelainan hemostasis.

2. Hematologi Manual (Hitung Sel, Apusan Darah)

Metode manual dilakukan menggunakan mikroskop dan ruang hitung (*hemocytometer*) untuk menghitung jumlah sel darah, serta pembuatan dan pewarnaan apusan darah tepi untuk menilai morfologi sel.

3. Hematologi Otomatis (Prinsip *Flow Cytometry*)

Pemeriksaan otomatis menggunakan prinsip *flow cytometry*, di mana sel dilewatkan satu per satu

melalui sinar laser untuk mengukur ukuran, kompleksitas internal, dan kandungan hemoglobin.

4. Pemeriksaan Hemostasis

Analisis hemostasis mencakup evaluasi mekanisme pembekuan darah melalui pemeriksaan seperti *Prothrombin Time* (PT), *Activated Partial Thromboplastin Time* (aPTT), fibrinogen, dan D-dimer.

5. Kualitas Data Hematologi

Kualitas data hematologi dijaga melalui pengendalian mutu internal dan eksternal, kalibrasi alat, serta verifikasi hasil abnormal.

F. Prinsip Analisis Imunologi

1. Dasar Sistem Imun dan Antigen-Antibodi

Sistem imun berfungsi mempertahankan tubuh terhadap agen patogen melalui mekanisme imun bawaan dan adaptif. Interaksi spesifik antigen dan antibodi menjadi dasar utama analisis imunologi, yang memungkinkan identifikasi serta kuantifikasi komponen imun secara presisi.

2. Metode Serologi (ELISA, Western Blot)

Metode serologi mendeteksi keberadaan antigen atau antibodi dalam serum. *Enzyme-Linked Immunosorbent Assay* (ELISA) mengukur interaksi antigen-antibodi secara kuantitatif melalui reaksi enzimatik, sedangkan Western Blot digunakan untuk

konfirmasi spesifik antigen dengan pemisahan protein berdasarkan berat molekul.

3. *Immunofluorescence* dan *Flow Cytometry*

Immunofluorescence menggunakan antibodi berlabel fluoresen untuk mendeteksi antigen pada jaringan atau sel secara mikroskopis, sedangkan *flow cytometry* menganalisis karakteristik sel, termasuk ekspresi antigen permukaan, dengan bantuan sinar laser. Kedua teknik ini memungkinkan analisis imunologis dengan sensitivitas dan spesifisitas tinggi.

4. Pemanfaatan dalam Penyakit Infeksi, Autoimun, dan Alergi

Analisis imunologi digunakan untuk diagnosis dan pemantauan penyakit infeksi melalui deteksi antibodi atau antigen patogen, identifikasi autoantibodi pada penyakit autoimun, serta penentuan kadar imunoglobulin dan mediator imun pada reaksi alergi.

G. Prinsip Analisis Urinalisis

1. Pemeriksaan Makroskopis (warna, volume, kejernihan)

Pemeriksaan makroskopis urin mencakup penilaian visual terhadap warna, volume, dan kejernihan sampel. Warna urin dapat mencerminkan status hidrasi atau adanya pigmen patologis, sementara volume menunjukkan fungsi ginjal dan keseimbangan cairan. Kekeruhan urin dapat mengindikasikan adanya sel, bakteri, atau kristal.

2. Pemeriksaan Kimia (strip test, analisa pH, protein, glukosa)
Analisis kimia urin dilakukan menggunakan strip test untuk mendeteksi parameter seperti pH, protein, glukosa, keton, bilirubin, dan darah.
3. Pemeriksaan Mikroskopis Sedimen Urin
Pemeriksaan ini melibatkan observasi endapan urin setelah sentrifugasi, guna mengidentifikasi sel darah, epitel, silinder, bakteri, dan kristal.
4. Korelasi Hasil Urinalisis dengan Kondisi Klinis
Interpretasi hasil urinalisis harus dikaitkan dengan data klinis pasien untuk menentukan relevansi diagnostik.

H. Pentingnya Pemahaman Jenis Pemeriksaan untuk Kebutuhan Klinis

1. Pemilihan Tes yang Tepat Berdasarkan Gejala
Pemilihan jenis pemeriksaan laboratorium harus disesuaikan dengan gejala klinis dan dugaan diagnosis. Supaya lebih relevan, efisien, dan mendukung penegakan diagnosis secara akurat tanpa pemborosan sumber daya atau waktu.
2. Interpretasi Hasil oleh Klinisi dan Laboratorium
Hasil pemeriksaan laboratorium memerlukan interpretasi terpadu antara data numerik dan konteks klinis pasien.

3. Kolaborasi Dokter–Analisis Laboratorium

Untuk menjamin mutu hasil serta ketepatan diagnosis. Komunikasi dua arah mengenai indikasi pemeriksaan, hasil abnormal, dan tindak lanjut diagnostik meningkatkan efektivitas pelayanan laboratorium klinik.

4. Dampak Kesalahan Pemilihan Tes terhadap Diagnosis

Kesalahan dalam pemilihan jenis pemeriksaan dapat menyebabkan hasil yang tidak relevan, keterlambatan diagnosis, atau terapi yang tidak tepat.

I. Penutup

1. Ringkasan Prinsip-Prinsip Dasar Analisis Laboratorium : Analisis laboratorium didasarkan pada prinsip ilmiah yang mencakup ketepatan pengambilan sampel, validitas metode analisis, serta pengendalian mutu hasil. Pemahaman terhadap tahapan pra-analitik, analitik, dan pasca-analitik menjadi kunci dalam menjamin keakuratan serta keandalan data laboratorium untuk mendukung diagnosis dan pemantauan terapi.
2. Tantangan dan Perkembangan Teknologi Analisis Medis : Kemajuan teknologi, seperti otomasi, POCT dan kecerdasan buatan, membawa peningkatan efisiensi dan akurasi dalam analisis medis.
3. Etika dan Profesionalisme dalam Laboratorium

Merupakan landasan utama dalam praktik laboratorium. Mencakup kejujuran ilmiah, kerahasiaan data pasien, akurasi pelaporan, serta kepatuhan terhadap standar keselamatan dan regulasi.

J. Latihan Soal

1. Tahapan pra-analitik dalam pemeriksaan laboratorium bertujuan untuk memastikan bahwa....
 - A. Sampel diperoleh dan ditangani dengan benar sebelum analisis dilakukan.
 - B. Hasil pemeriksaan dapat segera dilaporkan ke dokter
 - C. Kalibrasi alat dilakukan secara berkala
 - D. Interpretasi hasil dilakukan dengan cepat
 - E. Reagen disiapkan dalam jumlah besar
2. Akurasi hasil pemeriksaan laboratorium sangat bergantung pada ...
 - A. Waktu pengambilan hasil
 - B. Kualitas dan stabilitas sampel
 - C. Jumlah pasien yang diperiksa
 - D. Jenis laporan hasil
 - E. Tingkat pendidikan pasien
3. Tahapan analitik dalam proses pemeriksaan laboratorium mencakup kegiatan ...
 - A. Pengumpulan dan transportasi sampel
 - B. Pemeriksaan dan pengukuran parameter biologis
 - C. Interpretasi hasil oleh klinisi

- D. Penyimpanan sampel pasca analisis
 - E. Penentuan diagnosis akhir
4. Fungsi utama pengendalian mutu internal adalah....
- A. Memastikan hasil pemeriksaan tetap akurat dan presisi
 - B. Mengatur jadwal kerja analis laboratorium
 - C. Menentukan diagnosis penyakit pasien
 - D. Mengurangi beban kerja laboratorium
 - E. Menghemat penggunaan reagen
5. Kesalahan dalam proses pra-analitik dapat diminimalkan dengan ...
- A. Melakukan pelatihan petugas pengambil sampel secara rutin
 - B. Mempercepat proses analisis
 - C. Mengurangi jumlah pemeriksaan
 - D. Mengganti semua alat setiap tahun
 - E. Menyimpan hasil tanpa verifikasi
6. Tahapan pasca-analitik berperan penting dalam ...
- A. Validasi, pelaporan, dan interpretasi hasil pemeriksaan
 - B. Penentuan volume sampel yang digunakan
 - C. Pemilihan jenis tabung untuk pengambilan darah
 - D. Proses sentrifugasi sampel urin
 - E. Pemisahan serum dan plasma
7. Prinsip dasar dalam analisis laboratorium yang baik adalah ...
- A. Ketelitian, akurasi, dan presisi hasil pemeriksaan
 - B. Penggunaan alat canggih dan modern

- C. Kecepatan dalam pelaporan hasil
 - D. Banyaknya parameter yang diuji
 - E. Penekanan biaya operasional
8. Standar Operasional Prosedur (SOP) diperlukan di laboratorium agar ...
- A. Setiap proses pemeriksaan berjalan konsisten dan terstandar
 - B. Waktu kerja laboratorium menjadi lebih singkat
 - C. Pemeriksaan dapat dilakukan oleh siapa saja
 - D. Pemeriksaan tidak perlu dikontrol secara berkala
 - E. Biaya pemeriksaan dapat ditekan seminimal mungkin
9. Dalam pengendalian mutu eksternal, laboratorium berpartisipasi dengan ...
- A. Membandingkan hasil uji dengan laboratorium lain untuk menilai konsistensi
 - B. Melakukan pengujian sampel dengan alat berbeda
 - C. Mengulang semua pemeriksaan setiap hari
 - D. Mengubah metode analisis setiap bulan
 - E. Menggunakan sampel dari pasien yang sama
10. Dokumentasi hasil pemeriksaan laboratorium penting dilakukan karena ...
- A. Menjamin keterlacakan dan keandalan data hasil analisis
 - B. Diperlukan hanya untuk kepentingan administrative
 - C. Digunakan sebagai arsip tanpa nilai klinis

- D. Menentukan harga pemeriksaan
- E. Mempercepat proses pengambilan sampel berikutnya