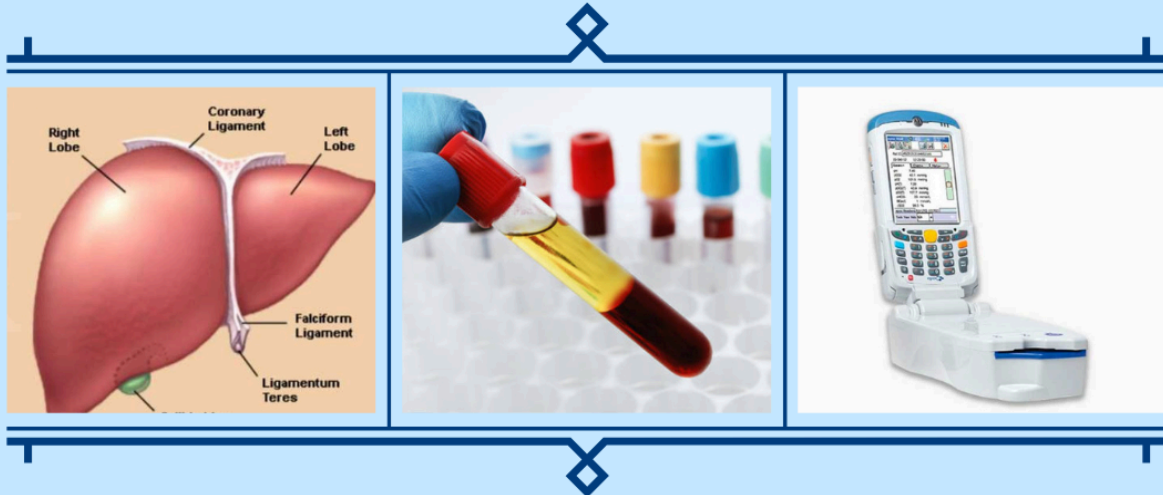


MODUL PRAKTIKUM KIMIA KLINIK II

Bagi Mahasiswa
Teknologi Laboratorium Medik



Disusun Oleh :

**Dr. Perdina Nursidika, M.Si.
Oktafirani Al Sas, S.Tr.A.K., M.Kes.
Marni Tangkelangi, SKM., M.Kes.
Emma Ismawatie, S.ST. M.Kes.
Nurhayati, S.Pd., SKM., M.Kes.
Nuril Sofiantin, S.Tr.A.K., M.Biomed
Endang Suriani, SKM., M.Kes.
Aziz Ansori Wahid, ST., M.T**

REVIEWER :

Dr. dr. Purwanto Adhipireno, Sp.PK(K).

**ASOSIASI INSTITUSI PENDIDIKAN TINGGI
TEKNOLOGI LABORATORIUM MEDIK
INDONESIA (AIPTLMI)**

2025



KATA PENGANTAR

Puji syukur kami panjatkan kehadiran Tuhan Yang Maha Esa atas rahmat dan karunia-Nya sehingga Modul Kimia Klinik 2 ini dapat terselesaikan. Modul ini disusun sebagai panduan bagi para mahasiswa (D3 dan D4) dan praktisi laboratorium (ATLM) dalam memahami dan menguasai berbagai pemeriksaan laboratorium di bidang kimia klinik, khususnya terkait deteksi dan pemantauan gangguan patologis.

Kimia klinik merupakan cabang ilmu yang krusial dalam dunia kesehatan, berperan penting dalam penegakan diagnosis, pemantauan terapi, hingga skrining penyakit. Modul Kimia Klinik 2 ini secara spesifik akan membahas pemeriksaan-pemeriksaan yang berkaitan dengan beberapa sistem organ vital dan kondisi metabolik yang sering dijumpai, meliputi:

Gangguan Hati dan Saluran Empedu, mempelajari berbagai parameter biokimia untuk menilai fungsi hati dan mendeteksi adanya kerusakan hati atau obstruksi saluran empedu. Gangguan Pankreas, seperti pemeriksaan enzim pankreas dan penanda lainnya untuk diagnosis pankreatitis akut maupun kronis, serta disfungsi eksokrin pankreas. Gangguan Jantung: Mengulas biomarker jantung yang esensial dalam diagnosis infark miokard akut, gagal jantung, dan kondisi kardiovaskular lainnya. Gangguan Endokrin, membahas pemeriksaan hormon dan metabolit terkait fungsi kelenjar endokrin seperti pemeriksaan tiroid, hormone adrenal, dan hormon endokrin, yang memengaruhi metabolisme tubuh secara luas. Gangguan Keseimbangan Cairan dan Elektrolit, memahami pentingnya natrium, kalium, klorida, dan elektrolit lainnya dalam menjaga homeostasis tubuh serta implikasi klinis dari ketidakseimbangannya. Gangguan Keseimbangan Asam Basa, mendalami konsep pH, bikarbonat, dan tekanan parsial gas darah dalam menilai asidosis atau alkalosis, serta interpretasi hasilnya.

Kami menyadari bahwa perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi di bidang laboratorium terus berlangsung. Oleh karena itu, modul ini akan selalu kami perbarui dan sempurnakan sesuai dengan kemajuan terkini. Kami berharap modul ini dapat menjadi sumber belajar yang komprehensif dan bermanfaat, tidak hanya untuk memperkaya pengetahuan teoritis tetapi juga untuk meningkatkan kompetensi praktis para pembaca dalam melakukan dan menginterpretasikan hasil pemeriksaan kimia klinik.

Terima kasih kami sampaikan kepada semua pihak yang telah berkontribusi dalam penyusunan modul ini. Kritik dan saran yang membangun senantiasa kami harapkan demi perbaikan di masa mendatang.

Wassalamualaikum Wr.Wb

Jakarta, Juli 2025



TIM PENYUSUN

TIM PENYUSUN MODUL PRAKTIKUM KIMIA KLINIK 2 :

Penulis :

1. Dr. Perdina Nursidika, M.Si.
2. Oktafirani Al Sas, S.Tr.A.K., M.Kes.
3. Marni Tangkelangi, SKM., M.Kes.
4. Emma Ismawatie, S.ST. M.Kes.
5. Nurhayati, S.Pd., SKM., M.Kes.
6. Nuril Sofiantin, S.Tr.A.K., M.Biomed
7. Endang Suriani, SKM., M.Kes.
8. Aziz Ansori Wahid, ST., M.T

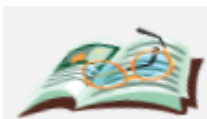
DAFTAR ISI



	Halaman
KATA PENGANTAR	i
TIM PENYUSUN	ii
DAFTAR ISI	iii
DAFTAR GAMBAR	Vi
DAFTAR TABEL	vii
MODUL 1	1
Pengantar Kimia Klinik 2	1
MODUL 2	4
Pemeriksaan Gangguan Hati dan Saluran Empedu	4
Kegiatan Belajar 1 AST	7
Kegiatan Belajar 2 ALT	13
Kegiatan Belajar 3 GGT	19
Kegiatan Belajar 4 ALP	25

Kegiatan Belajar 5 Bilirubin	.....	31
Evaluasi	.....	39
	
MODUL 3	.....	46
	.	
Pemeriksaan gangguan Pankreas	.....	46
	.	
Kegiatan Belajar 1 Amylase	.....	50
Kegiatan Belajar 2 Lipase	.	56
Evaluasi	.....	62
	
MODUL 4	.....	66
	.	
Pemeriksaan Gangguan Jantung	.....	66
	.	
Kegiatan Belajar 1 CK	.....	68
Kegiatan Belajar 2 CK-MB	.	74
Kegiatan Belajar 3 LDH	.....	80
Kegiatan Belajar 4 Troponin I	.....	86
Evaluasi	.....	92
	
MODUL 5	.....	98
	.	
Pemeriksaan Kelenjar Tiroid	.....	98
	.	
Kegiatan Belajar 1 T3	.....	102
Kegiatan Belajar 2 T4	.	108

Kegiatan Belajar 3 TSH	.....	114
Evaluasi	.....	120
	
MODUL 6	.....	125
	.	
Pemeriksaan Gangguan Keseimbangan Cairan dan Elektrolit	.....	125
	.	
Kegiatan Belajar 1 Natrium	.....	126
Kegiatan Belajar 2 Kalium	.	133
Kegiatan Belajar 3 Klorida	.....	140
Kegiatan Belajar 4 Kalsium	.....	147
Kegiatan Belajar 5 Magnesium	.....	153
Kegiatan Belajar 6 Phosphor	.....	159
Evaluasi	.....	165
	
MODUL 7	.....	170
	.	
Pemeriksaan Gangguan Keseimbangan Asam Basa	.....	170
	.	
Kegiatan Belajar 1 Analisa Gas Darah (pH, pCO ₂ , SO ₂ , Acid Base, Base Excess, HCO ₃)	.....	174
	.	
Evaluasi	.....	187
	
Glosarium	.....	192
	.	



DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1. Reaksi Skematis AST	8

Gambar 2. Reaksi Skematis ALT	.....	14
Gambar 3. Reaksi Skematis GGT	.....	20
Gambar 4. Reaksi Skematis ALP	.....	26
Gambar 5. Organ Pankreas	.....	46
Gambar 6. Bagian Pankreas dan fungsinya	.....	47
Gambar 7. Reaksi Skematis Amylase	.....	58
Gambar 8. Perhitungan	.....	52
Gambar 9. Reaksi Skema Lypase	.....	57
Gambar 10. Infark Miokard IM	.....	66
Gambar 11. Grafik Kenaikan Enzim	.....	67
Gambar 12. Kelenjar tiroid	.....	99
Gambar 13. Skema fase pemeriksaan parameter gas darah	.....	175
Gambar 14. Lokasi pengambilan sampel arteri radial	.....	177
Gambar 15 Tes Allen	.....	178
Gambar 16 POCT Gas Darah	.....	180



DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 1. Interpretasi Hasil Parameter AGD	182



MODUL 1

PENGANTAR KIMIA KLINIK 2

PENDAHULUAN

Pemeriksaan gangguan fungsi organ merupakan bagian integral dalam praktik medis modern, dengan fokus khusus pada hati, saluran empedu, pankreas, jantung, serta sistem endokrin. Modul ini bertujuan untuk memberikan pemahaman yang komprehensif mengenai pemeriksaan gangguan fungsi organ-organ tersebut dan implikasinya terhadap kesehatan pasien.

Gangguan fungsi hati dan saluran empedu sangat penting, karena hati berperan penting dalam metabolisme, detoksifikasi, dan produksi senyawa penting seperti protein dan enzim yang diperlukan untuk pencernaan (Campbell et al., 2016). Uji fungsi hati atau pengukuran enzim hepatic seperti alanin aminotransferase (ALT) dan aspartat aminotransferase (AST), merupakan langkah awal yang penting dalam diagnosis berbagai penyakit hati. Obstruksi saluran empedu dapat menyebabkan kondisi seperti jaundice, yang menuntut pemeriksaan lebih lanjut untuk menentukan penyebab yang mendasarinya (Campbell et al., 2016).

Pankreas menjalankan fungsi eksokrin dan endokrin yang mendukung regulasi glukosa darah (Bodegraven et al., 2023). Gangguan pada pankreas, seperti pankreatitis, dapat mengakibatkan kerusakan pada sel penghasil insulin, yang sering dihubungkan dengan perkembangan diabetes mellitus (Bodegraven et al., 2023). Penelitian menunjukkan bahwa Ekoendoskopi dapat membantu dalam memperkirakan fungsi endokrin pada pasien dengan pankreatitis kronis (Yamashita et al., 2020), meskipun akurasinya bervariasi.

Sebagai organ penting lainnya, jantung tidak hanya bertanggung jawab atas sirkulasi darah, tetapi juga berhubungan erat dengan sistem endokrin. Gangguan jantung, seperti gagal jantung, dapat dipicu oleh berbagai faktor termasuk kelebihan berat badan dan diabetes mellitus, yang dapat mempengaruhi keseimbangan hormonal (Che et al., 2024). Perubahan dalam pola tidur dan stres juga dapat memengaruhi kesehatan jantung dan sebaliknya, menyoroti pentingnya interaksi antara kondisi psikologis dan kesehatan fisik (Che et al., 2024).

Gangguan yang terjadi dalam system endokrin dapat berimplikasi luas terhadap kesehatan secara keseluruhan. Penyakit metabolik, seperti sindrom metabolik dan diabetes tipe 2, sering kali berhubungan dengan kondisi yang memengaruhi sistem hormonal, yang memerlukan penilaian menyeluruh terhadap fungsi kelenjar hormone (Erdöl & Sağlam, 2016)(Bodegraven et al., 2023). Pemeriksaan kadar hormon endokrin menjadi penting dalam menilai kondisi ini, terutama ketika terdapat keluhan terkait dengan pertumbuhan dan penurunan kadar hemoglobin pada pasien dengan penyakit kronis.

Keseimbangan cairan dan elektrolit, beserta keseimbangan asam-basa, juga tidak kalah penting dalam pemeriksaan klinis. Perubahan dalam kondisi ini dapat mempengaruhi fungsi organ vital, dan pengelolaannya memerlukan pemahaman yang mendalam mengenai metabolisme dan fisiologi tubuh. Ketidakseimbangan cairan atau elektrolit dapat memicu komplikasi serius yang mungkin berujung pada kegagalan organ apabila tidak dikelola dengan baik (Yamashita et al., 2020).

Dengan demikian, modul ini bertujuan untuk menyajikan pemahaman yang komprehensif mengenai pemeriksaan berbagai gangguan fungsi organ, serta pentingnya diagnostik yang tepat dalam rangka meningkatkan kualitas perawatan kesehatan dan hasil terapi bagi pasien. Kajian mendalam ini diharapkan dapat memberi kontribusi bagi peningkatan pengetahuan dan keterampilan praktis di bidang kimia klinik.



DAFTAR PUSTAKA

- Bodegraven, E. A. van, Lof, S., Jones, L., Aussilhou, B., Gao, Y., Jishu, W., Klotz, R., Rocha-Castellanos, D. M., Matsumoto, I., Ponthaud, C. de, Tanaka, K., Biesel, E., Kauffmann, E., Dumitraşcu, T., Nagakawa, Y., Martí-Cruchaga, P., Roeyen, G., Zerbi, A., Goetz, M., ... Dokmak, S. (2023). Tailoring the Use of Central Pancreatectomy Through Prediction Models for Major Morbidity and Postoperative Diabetes. In *Annals of Surgery Open*. <https://doi.org/10.1097/sla.00000000000006157>
- Campbell, S., Eley, S., McKechnie, A. G., & Stanfield, A. C. (2016). Endocrine Dysfunction in Female FMR1 Premutation Carriers: Characteristics and Association With Ill Health. In *Genes*. <https://doi.org/10.3390/genes7110101>
- Che, Y., Shimizu, Y., Hayashi, T., Suzuki, J., Pu, Z., Tsuzuki, K., Narita, S., Shibata, R., & Murohara, T. (2024). Chronic Circadian Rhythm Disorder Induces Heart Failure With Preserved Ejection Fraction-Like Phenotype Through the Clock-sGC-cGMP-Pkg1 Signaling Pathway. In *Scientific Reports*. <https://doi.org/10.1038/s41598-024-61710-2>
- Erdöl, Ş., & Sağlam, H. (2016). Endocrine Dysfunctions in Patients With Inherited Metabolic Diseases. In *Journal of Clinical Research in Pediatric Endocrinology*. <https://doi.org/10.4274/jcrpe.2288>
- Yamashita, Y., Tanioka, K., Kawaji, Y., Tamura, T., Nuta, J., Hatamaru, K., Itonaga, M., Yoshida, T., Ida, Y., Maekita, T., Iguchi, M., & Kitano, M. (2020). Utility of Elastography With Endoscopic Ultrasonography Shear-Wave Measurement for Diagnosing Chronic Pancreatitis. In *Gut and Liver*. <https://doi.org/10.5009/gnl19170>



MODUL 2

PEMERIKSAAN GANGGUAN HATI DAN SALURAN EMPEDU DAN SALURAN EMPEDU

PENDAHULUAN

Hati dan saluran empedu merupakan dua organ vital yang bekerja secara sinergis dalam menjaga homeostasis tubuh. Hati, sebagai organ terbesar kedua dalam tubuh manusia, memiliki beragam fungsi metabolisme yang kompleks, termasuk sintesis protein, produksi glukosa, detoksifikasi obat dan racun, serta metabolisme lemak (S Doley & SF Lok, 2019). Saluran empedu berperan penting dalam transportasi empedu yang diproduksi hati menuju usus halus untuk membantu pencernaan lemak dan penyerapan vitamin larut lemak. Oleh karena itu, gangguan pada salah satu atau kedua organ ini dapat berimplikasi serius terhadap kesehatan dan keseimbangan fisiologis tubuh.

Pemeriksaan laboratorium memegang peranan penting dalam diagnosis, penentuan etiologi, pemantauan progresivitas penyakit, dan evaluasi respons terapi pada berbagai kondisi gangguan hati dan saluran empedu. Kemajuan dalam bidang kimia klinik telah memungkinkan identifikasi berbagai biomarker yang spesifik dan sensitif, memberikan gambaran yang lebih akurat mengenai kondisi patologis yang terjadi. Pemeriksaan ini tidak hanya terbatas pada evaluasi kerusakan sel hati (hepatoseluler) atau gangguan aliran empedu (kolestasis), tetapi juga mencakup penilaian fungsi sintetik hati dan identifikasi agen penyebab (misalnya, virus hepatitis).

Pemahaman mengenai patofisiologi gangguan hati dan saluran empedu semakin berkembang, didukung oleh penelitian-penelitian mutakhir yang mengidentifikasi penanda biokimia baru dan meningkatkan akurasi interpretasi hasil pemeriksaan. Panduan klinis semakin menekankan pentingnya penggunaan panel pemeriksaan yang komprehensif untuk diagnosis yang tepat dan penatalaksanaan yang efektif (American Association for the Study of Liver Diseases (AASLD), 2021; European Association for the Study of the Liver (EASL), 2018). Misalnya, penggunaan penanda fibrotik non-invasif semakin populer untuk menilai tingkat keparahan penyakit hati kronis tanpa perlu biopsi hati (Castera, 2015).

Pemeriksaan laboratorium enzim merupakan salah satu metode penting dalam menegakkan diagnosis, memantau perjalanan penyakit, serta mengevaluasi keberhasilan terapi. Enzim seperti AST, ALT, ALP, dan lainnya berperan sebagai indikator kerusakan jaringan atau organ tertentu, sehingga hasil pemeriksaan yang akurat sangat bergantung pada ketepatan proses pemeriksaan di laboratorium. Dalam pelaksanaannya, pemeriksaan enzim tidak hanya dipengaruhi oleh kualitas alat dan reagen, tetapi juga oleh ketepatan pada setiap tahap pemeriksaan, yaitu pra-analitik, analitik, dan pasca-analitik.

Tahap Pra-analitik meliputi persiapan pasien, pengambilan sampel, penanganan, transportasi, dan penyimpanan spesimen. Kesalahan pada tahap ini, seperti hemolisis atau salah jenis tabung, dapat menyebabkan hasil pemeriksaan tidak valid.

Tahap Analitik merupakan inti pemeriksaan, yaitu proses reaksi enzimatik, penggunaan reagen, pengaturan suhu, serta pembacaan hasil menggunakan alat seperti spektrofotometer. Pada tahap ini diperlukan ketelitian, keterampilan teknis, dan kalibrasi alat yang baik.

Tahap Pasca-analitik meliputi pencatatan, validasi, interpretasi, serta pelaporan hasil. Kesalahan dalam tahap ini dapat menimbulkan salah tafsir klinis meskipun pemeriksaan teknis telah dilakukan dengan benar.

1. Pelaporan hasil

- a. Format yang Jelas dan Mudah Dibaca: Laporan harus ringkas, jelas, dan mudah dipahami. Cantumkan nama pasien, nomor identifikasi, tanggal dan waktu pengambilan sampel, serta tanggal dan waktu pelaporan hasil.
- b. Unit yang Konsisten: Gunakan unit standar internasional (misalnya, U/L atau IU/L) untuk melaporkan kadar AST, ALT, ALP, dan GGT serta Bilirubin dalam (mg/dL). Konsistensi unit penting untuk perbandingan data dan interpretasi yang benar.
- c. Rentang Rujukan: Selalu sertakan rentang rujukan (nilai normal) yang relevan dengan metode pemeriksaan dan populasi pasien (misalnya, berdasarkan usia dan jenis kelamin). Ini membantu dokter dalam menginterpretasi apakah hasil pasien normal, rendah, atau tinggi.
- d. Interpretasi Awal (jika diperlukan): Untuk hasil yang sangat abnormal (nilai kritis), sertakan catatan peringatan atau saran untuk tindakan segera. Misalnya, "Nilai kritis, segera hubungi dokter!"
- e. Pencatatan Nilai Kritis: Pastikan ada prosedur baku untuk melaporkan nilai kritis secara cepat dan langsung kepada dokter atau perawat yang bertanggung jawab. Ini sering melibatkan komunikasi verbal dan konfirmasi tertulis.

f. Kerahasiaan Pasien: Jaga kerahasiaan informasi pasien sesuai dengan standar etika dan peraturan privasi data kesehatan.

2. Sumber kesalahan pemeriksaan

- a. Kesalahan tahap pra-analitik : Kesalahan reagen (reagen kadaluarsa, konsentrasi campuran reagen tidak tepat), kesalahan prosedur teknis (memipet volume serum atau reagen tidak tepat, waktu inkubasi tidak sesuai, suhu inkubasi tidak terkontrol, dan tidak menggunakan blanko sehingga hasil tidak terkoreksi), Kesalahan alat (Fotometer tidak terkalibrasi, Inkubator/waterbath tidak stabil suhunya, pipet tidak terkalibrasi), dan kontaminasi silang melalui penggunaan alat gelas/pipet yang tidak bersih sehingga bercampur dengan sisa reagen atau sampel lain.
- b. Salah Identifikasi Pasien: Meskipun lebih sering terjadi di pra-analitik, kesalahan identifikasi pasien saat mencetak atau menyampaikan laporan juga bisa terjadi di tahap ini.
- c. Kesalahan pada tahap sampling: Jenis tabung yang tidak sesuai, hemolisis sampel, kontaminasi sampel, waku dan kondisi penyimpanan, volume darah tidak mencukupi
- d. Kesalahan Interpretasi Rentang Rujukan: Jika rentang rujukan yang salah diterapkan pada hasil pasien, interpretasi klinis bisa keliru.
- e. Kegagalan Pelaporan Nilai Kritis: Tidak melaporkan nilai kritis secara tepat waktu kepada klinisi yang berwenang dapat menunda intervensi medis yang vital.
- f. Format Laporan yang tidak jelas: Laporan yang tidak jelas atau sulit dibaca dapat menyebabkan salah interpretasi oleh dokter.

3. Jaminan mutu pemeriksaan

Jaminan mutu (Quality Assurance/QA) adalah sistem yang komprehensif untuk memastikan keandalan hasil pada setiap tahap.

- a. Validasi Hasil: Setiap hasil harus divalidasi oleh personel yang kompeten sebelum dilaporkan. Validasi melibatkan pengecekan konsistensi hasil dengan data klinis pasien, hasil pemeriksaan lain, dan kontrol kualitas internal.
- b. Kontrol Kualitas Internal (KQI) dan Eksternal (KQE): Hasil KQI yang baik menunjukkan bahwa data yang dilaporkan dapat dipercaya. Partisipasi dalam program KQE (pemantapan mutu eksternal) membantu membandingkan kinerja laboratorium dengan standar nasional atau internasional.
- c. Prosedur Operasional Standar (SOP): Ketersediaan dan kepatuhan terhadap SOP yang jelas untuk pelaporan hasil, penanganan nilai kritis, dan manajemen data adalah fundamental.
- d. Audit Internal: Melakukan audit secara berkala untuk meninjau proses pasca-analitik, mengidentifikasi potensi kesalahan, dan memastikan kepatuhan terhadap SOP dan regulasi.

- e. Pelatihan Staf: Pastikan semua staf yang terlibat dalam proses pasca-analitik terlatih dengan baik mengenai prosedur pelaporan, penanganan nilai kritis, penggunaan sistem informasi, dan pentingnya kerahasiaan pasien.
- f. Manajemen Dokumen: Dokumentasi yang lengkap dan terkendali untuk semua prosedur, catatan pelatihan dan laporan insiden.
- g. Sistem Komunikasi Efektif: Memastikan adanya sistem komunikasi yang efisien antara laboratorium dan unit klinis untuk pertanyaan, klarifikasi, atau pelaporan mendesak.

KEGIATAN BELAJAR 1

ASPARTAT AMINOTRANSFERASE (AST)

PENDAHULUAN

Aspartat aminotransferase (AST), yang juga dikenal sebagai serum glutamate-oxaloacetate transaminase (SGOT), adalah enzim yang terutama ada di hati, jantung, dan otot. Fungsi utama dari AST adalah untuk memfasilitasi reaksi transaminasi, yaitu pemindahan gugus amino antara asam amino dan asam keto. Secara spesifik, AST mengkatalisis reaksi pengalihan gugus amino antara asam aspartat dan α -ketoglutarat, membentuk asam glutamat dan oksaloasetat. Proses ini merupakan bagian penting dari metabolisme asam amino dan siklus Krebs yang terkait dengan produksi energi di dalam sel, terutama dalam sel-sel mitokondria hati (Prasetyawan et al., 2021).

Kenaikan kadar AST dalam serum dapat digunakan sebagai indikator adanya kerusakan hepatoselular atau gangguan hati. Misalnya, pada kondisi seperti hepatitis, sirosis, atau penyakit perlemakan hati non-alkoholik, peningkatan nilai AST dapat diamati dan digunakan untuk tujuan diagnostik. Dalam studi yang dilakukan oleh (Wanti et al., 2020) aktivitas AST dalam serum dapat meningkat akibat hemolisis, yang menunjukkan bahwa pemeriksaan kadar AST harus dilakukan dengan hati-hati untuk menghindari hasil yang tidak akurat akibat faktor-faktor pre-analitik.

AST dianggap sebagai biomarker penting dalam evaluasi penyakit hati serta dalam penelitian terkait hepatitis C. Penelitian terbaru menunjukkan bahwa nilai AST, bersama dengan ALP, dapat berkontribusi dalam prediksi dan deteksi infeksi hepatitis C. Dengan demikian, pengukuran kadar AST tidak hanya penting dalam konteks diagnosis klinis, tetapi juga memiliki aplikasi dalam penelitian epidemiologi dan patologi penyakit hati (Gunawan & Pratama, 2024).

PEMERIKSAAN

A. Pra analitik

1. Tujuan Pemeriksaan

- Mendeteksi dan mengevaluasi adanya kerusakan atau penyakit hati (liver)
- Memantau perkembangan penyakit hati
- Membantu membedakan jenis kerusakan hati

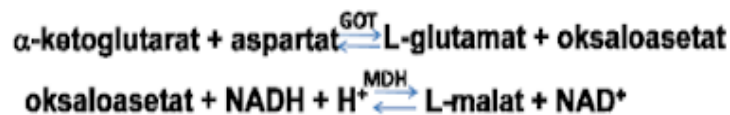
2. Metode

Kinetik

3. Prinsip

Glutamat oxaloasetat transaminase (GOT) atau aspartat transaminase mengkatalis transfer gugus amino dari L-aspartat ke 2-oxoglutarat untuk membentuk oxaloasetat dan L-glutamat. Kemudian Laktat dehidrogenase (LDH) mengkonversi oxaloasetat menjadi L-malat dengan mengoksidasi NADH menjadi NAD⁺.

Gambar 1. Reaksi Skematis AST



4. Jenis dan kriteria specimen/syarat sampel

- Jenis sampel berupa serum dan plasma heparin.
- Syarat sampel : darah vena dengan volume yang cukup, tidak hemolisis (pecahnya sel darah merah), tidak ikterik (kuning pekat), tidak lipemik (keruh/berlemak pekat), serta hindari obat-obatan interfensi.
- Suhu penyimpanan : AST stabil dalam bentuk serum/plasma. Umumnya sampel stabil selama 4 hari pada suhu 20–25°C , 7 hari pada suhu 4-8°C (kulkas), dan 3 bulan pada suhu -20°C.
- Penanganan sampel : hindari pembekuan dan pencairan berulang (Freeze-Thaw Cycles), lindungi dari kontaminasi dengan cara menutup rapat untuk mencegah penguapan dan kontaminasi, serta hindari paparan sinar matahari langsung.

5. Alat dan bahan

- a. Alat
 - Mikropipet 1000 μ l
 - Yellow tip
 - Blue tip
 - Tabung reaksi
 - Rak tabung
 - Fotometer
 - Sentrifuge
 - Vortex mixer
 - Set alat Flebotomi (torniquet, spuit, tabung koleksi darah, alcohol swab, bola kapas steril)
- b. Bahan
 - Monoreagent : Reagen ASAT (GOT). Reagen dibuat menjadi monoreagen (dibuat dengan mencampurkan 4 bagian R1 dengan 1 bagian R2, kemudian ditunggu 30 menit)
 - Sampel serum/plasma
 - Kontrol serum

B. Analitik (Dyasis Diagnostics System GmbH, 2019c)

1. Prosedur kerja
 - a. Menyiapkan semua alat dan bahan yang akan diperlukan
 - b. Menyalakan alat Fotometer dengan settingan Metode Pembacaan Kinetik
 - c. Memipet sebanyak 1000 μ l monoreagen AST (GOT) dimasukkan ke dalam tabung reaksi
 - d. Menambahkan 100 μ l sampel serum dimasukkan ke dalam tabung reaksi yang telah berisi reagen.
 - e. Membaca pada alat fotometer dengan panjang gelombang 340 nm.
 - f. Mencatat hasil pada buku register
 - g. Perlu diingat prosedur kerja sesuai kit yang digunakan.
2. Nilai Normal
 - a. Laki-laki : < 35 U/L
 - b. Perempuan : < 31 U/L
3. Nilai Kritis

Peningkatan Kadar AST yang sangat tinggi, seringkali lebih dari 10 kali lipat dari batas atas nilai normal, atau bahkan mencapai ribuan U/L, dapat dianggap sebagai

nilai kritis. Nilai AST di atas 1.000 U/L dapat menunjukkan cedera hati yang sangat parah atau kondisi yang mengancam jiwa, seperti: Overdosis asetaminofen (parasetamol) berat, hepatitis akut berat (radang hati parah), dan syok hati (shock liver) atau cedera hati iskemik (kerusakan hati karena kurangnya aliran darah atau oksigen yang sangat parah).

4. Perhitungan

Aktivitas AST (U/L) = $\Delta A / \text{min} \times \text{Faktor Konversi}$

Di mana:

- a. $\Delta A / \text{min}$ = Perubahan absorbansi antara waktu awal dan waktu akhir.
- b. Nilai "Faktor Konversi" ini bervariasi tergantung pada proporsi volume reagen dan sampel yang digunakan oleh masing-masing kit atau metode. Beberapa contoh faktor konversi yang umum ditemukan pada suhu 37°C adalah sekitar **1746, 1750, atau 1768**.
- c. Contoh perhitungan :
 - $\Delta A / \text{Min} = 0,013 \text{ A}$
 - Faktor konversi = 1746
 - Aktivitas enzim AST (U/L) = $0,013 \times 1746 = 22,6 \text{ U/L}$

C. Jurnal Praktikum/laporan sementara

Judul	:
Tujuan	:
Prinsip	:

Spesimen : Pemeriksaan
Alat dan Bahan :
Langkah Kerja :

Hasil	: Data pasien
Kesimpulan	:

Jakarta,

20...

Pembimbing

Praktikan

() ()

KEGIATAN BELAJAR 2

ALANINE AMINOTRANSFERASE (ALT)

PENDAHULUAN

Alanin Aminotransferase (ALT), juga dikenal sebagai serum glutamat piruvat transaminase (SGPT), adalah enzim yang terlibat dalam metabolisme amino acid dan berfungsi sebagai indikator kesehatan hepatic. ALT tercatat dalam sitoplasma sel-sel hepar, yang berarti bahwa pengukurannya dapat menggambarkan kerusakan atau disfungsi hati. Peningkatan kadar ALT dalam darah sering diasosiasikan dengan berbagai kondisi patologis, seperti hepatitis, sirosis, atau keracunan obat, sehingga pengujian ALT dapat menjadi alat diagnostik yang penting dalam praktik medis (Utami & Rahmandani, 2023).

Fungsi utama dari ALT adalah untuk memfasilitasi proses transaminasi, di mana gugus amino dari asam amino alanin ditransfer ke asam alfa-ketoglutarat, menghasilkan asam piruvat dan glutamat (Utami & Rahmandani, 2023). Proses ini esensial dalam sintesis protein dan pengaturan metabolisme energi. Selain itu, ALT juga berperan dalam detoxifikasi amonia menjadi urea di dalam hati, sehingga mendukung homeostasis nitrogen dalam tubuh (Jaya & Fanrezha, 2023). Menurut penelitian, kadar normal enzim ini bervariasi tergantung pada usia, jenis kelamin, dan metode pengujian yang digunakan. Sebagai tambahan, perubahan kadar ALT yang signifikan dalam darah sering kali mencerminkan kerusakan hati yang lebih serius, mengharuskan evaluasi lebih lanjut untuk diagnosis yang tepat (Meriko & Hadiwirawan, 2019).

PEMERIKSAAN

A. Pra analitik

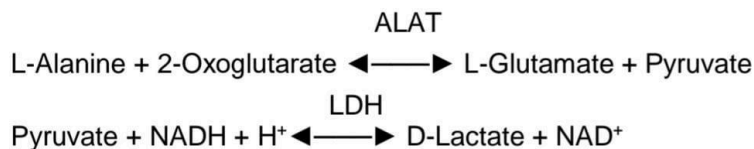
1. Tujuan Pemeriksaan
 - a. Mengidentifikasi individu yang memiliki masalah hati
 - b. Mendiagnosis penyakit hati
 - c. Memantau perkembangan penyakit hati

- d. Mengidentifikasi kerusakan sel pada organ lain
2. Metode
Kinetik

3. Prinsip

Enzim ALT yang ada dalam sampel darah pasien akan mengkatalisis transfer gugus amino dari **L-alanin** ke **α -ketoglutarat**. Reaksi ini menghasilkan dua produk: **piruvat** dan **L-glutamat**. Piruvat yang dihasilkan dari reaksi pertama kemudian dengan cepat diubah menjadi **L-laktat** oleh enzim **laktat dehidrogenase (LDH)** yang ditambahkan sebagai reagen. Dalam proses ini, **NADH (Nicotinamide Adenine Dinucleotide, tereduksi)** yang juga merupakan bagian dari reagen, akan dioksidasi menjadi **NAD⁺ (bentuk teroksidasi)**.

Gambar 2. Reaksi Skematis ALT



4. Jenis dan kriteria spesifikasi syarat sampel

- Jenis sampel berupa serum dan plasma heparin.
- Syarat sampel : darah vena dengan volume yang cukup, tidak hemolisis (pecahnya sel darah merah), tidak ikterik (kuning pekat), tidak lipemik (keruh/berlemak pekat), serta hindari obat-obatan interfensi.
- Suhu penyimpanan : ALT stabil dalam bentuk serum/plasma. Umumnya sampel stabil selama 4 hari pada suhu 20 – 25°C , 7 hari pada suhu 4 - 8°C (kulkas), dan 3 bulan pada suhu -20°C.
- Penanganan sampel : hindari pembekuan dan pencairan berulang (Freeze-Thaw Cycles), lindungi dari kontaminasi dengan cara menutup rapat untuk mencegah penguapan dan kontaminasi, serta hindari paparan sinar matahari langsung.

5. Alat dan bahan

a. Alat

- Mikropipet 1000 μ l
- Yellow tip
- Blue tip
- Tabung reaksi
- Rak tabung
- Fotometer
- Sentrifuge
- Vortex mixer

- Set alat Flebotomi (torniquet, spuit, tabung koleksi darah tutup merah (serum) atau tutup hijau (plasma heparin), alcohol swab, bola kapas steril)

b. Bahan

- Mono Reagen ALT (GPT). Reagen dibuat menjadi monoreagen (dibuat dengan mencampurkan 4 bagian R1 dengan 1 bagian R2, kemudian ditunggu 30 menit)
- Sampel serum/plasma
- Kontrol serum

B. Analitik (Dyasis Diagnostics System GmbH, 2019a)

1. Prosedur kerja

- Menyiapkan semua alat dan bahan yang akan diperlukan
- Memipet sebanyak 1000 µl monoreagen ALT (GPT) dimasukkan ke dalam tabung reaksi
- Menambahkan 100 µl sampel serum dimasukkan ke dalam tabung reaksi yang telah berisi reagen.
- Membaca absorbansi pada alat fotometer dengan panjang gelombang 340 nm.
- Mencatat hasil pada buku register
- Perlu diingat prosedur kerja sesuai kit yang digunakan.

2. Nilai Normal

- Laki-laki : < 45 U/L
- Perempuan : < 34 U/L

3. Nilai Kritis

Peningkatan ALT yang **ekstrem**, seringkali **lebih dari 10 kali lipat batas atas nilai normal**, atau mencapai **ratusan hingga ribuan unit per liter**, dapat dianggap sebagai nilai kritis. Misalnya, beberapa literatur mengindikasikan nilai **ALT di atas 1.000 U/L** sebagai nilai yang sangat mencurigakan untuk cedera hati berat dan memerlukan perhatian segera. Penyebab ALT tinggi : Overdosis asetaminofen (parasetamol) berat, hepatitis akut berat (radang hati parah), dan syok hati (shock liver) atau cedera hati iskemik (kerusakan hati karena kurangnya aliran darah atau oksigen yang sangat parah), dan paparan racun atau obat-obatan hepatotoksik..

4. Perhitungan

$$\text{Aktivitas ALT (U/L)} = \Delta A/\text{min} \times \text{Faktor Konversi}$$

Di mana:

- a. $\Delta A/\text{min}$ = Perubahan absorbansi antara waktu awal dan waktu akhir.
- b. Nilai "Faktor Konversi" ini bervariasi tergantung pada proporsi volume reagen dan sampel yang digunakan oleh masing-masing kit atau metode. Beberapa contoh faktor konversi yang umum ditemukan pada suhu 37°C adalah sekitar **1746, 1750, atau 1768**.
- c. Contoh perhitungan :
 - $\Delta A / \text{Min} = 0,032 \text{ A}$
 - Faktor konversi = 1746
 - Aktivitas enzim ALT (U/L) = $0,032 \times 1746 = 55,8 \text{ U/L}$

C. Jurnal Praktikum/laporan sementara

Judul	:
Tujuan	:
Prinsip	:
Spesimen	:
Pemeriksaan	
Alat dan Bahan	:

--

Langkah Kerja :

--

Hasil : Data pasien

--

Kesimpulan

:

Jakarta,

20...

Pembimbing

Praktikan

KEGIATAN BELAJAR 3

GAMMA GLUTAMYL TRANSFERASE (GGT)

PENDAHULUAN

Gamma-glutamyl transferase (GGT) adalah enzim yang terlibat dalam metabolisme glutathione, berfungsi dalam proses detoksifikasi dan pengendalian stres oksidatif di dalam tubuh. GGT umumnya terkonsentrasi di hati, tetapi juga ditemui di jaringan lain seperti ginjal, pankreas, dan limpa (Ghosh et al., 2016; Tade et al., 2022). Enzim ini memiliki peran penting dalam transpeptidasi, yang melibatkan pemindahan moiety gamma-glutamyl dari satu peptida atau amida ke peptida lain atau air, suatu proses yang berkontribusi pada metabolisme glutathione (Balakrishna & Prabhune, 2014; Whitfield, 2001).

Kadar GGT dalam serum sering digunakan sebagai penanda untuk berbagai kondisi kesehatan, terutama yang terkait dengan kerusakan hati dan konsumsi alkohol. Peningkatan kadar GGT dapat mengindikasikan adanya penyakit hati, sindrom metabolik, atau ketergantungan alkohol (M. P. Putri, 2023).

Penelitian menunjukkan bahwa GGT tidak hanya berfungsi sebagai indikator kerusakan hati tetapi juga sebagai refleksi dari stres oksidatif yang dialami oleh jaringan, yang dapat berkontribusi pada perkembangan penyakit kardiovaskular dan komplikasi diabetes (Ihim et al., 2023). Dengan demikian, pengukuran kadar GGT dalam darah dapat memberikan informasi yang berguna bagi dokter dalam menilai dan memantau status kesehatan pasien (Alonso et al., 2014).

Secara keseluruhan, GGT adalah enzim kunci dalam pengaturan metabolisme glutathione dan berfungsi sebagai indikator penting untuk mendiagnosis dan memantau kondisi medis yang berkaitan dengan kerusakan hati dan stres oksidatif, memberikan nilai prognostik yang signifikan dalam berbagai konteks klinis (Ihim et al., 2023; Singh Gill, 2013).

PEMERIKSAAN

A. Pra analitik

1. Tujuan Pemeriksaan

- a. Mendeteksi penyakit hati dan saluran empedu
- b. Mengevaluasi konsumsi alkohol berlebihan
- c. Membedakan sumber peningkatan ALP
- d. Mengevaluasi pengobatan dan terapi

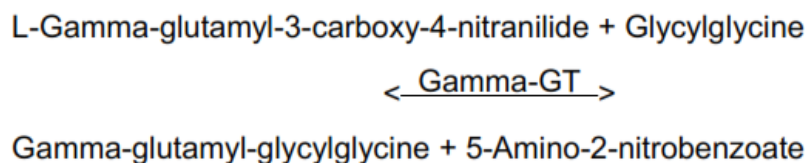
2. Metode

Kinetik

3. Prinsip

Enzim Gamma-Glutamyl Transferase (GGT) mengkatalisis transfer gugus gamma-glutamyl dari substrat L- γ -glutamyl-p-nitroanilide (tak berwarna) ke akseptor (biasanya glycylglycine atau pekatan-glutamyl). Selama reaksi ini, p-nitroaniline (berwarna kuning) dilepaskan. Laju pembentukan p-nitroaniline (yang ditunjukkan oleh peningkatan absorbansi pada panjang gelombang 405-410 nm) berbanding lurus dengan aktivitas enzim GGT dalam sampel.

Gambar 3. Reaksi Skematis GGT



4. Jenis dan kriteria spesimen/syarat sampel

- a. Jenis sampel berupa serum dan plasma heparin.
- b. Kriteria sampel : darah vena dengan volume yang cukup, tidak hemolisis (pecahnya sel darah merah), tidak ikterik (kuning pekat), dan tidak lipemik (keruh/berlemak pekat).
- c. Syarat sampel : Puasa, hindari konsumsi alkohol, informasi riwayat penggunaan obat-obatan, dan penanganan sampel segera.
- d. Suhu penyimpanan : GGT stabil dalam bentuk serum/plasma selama 7 hari pada suhu -20°C dan Suhu 25°C (kulkas),
- e. Penanganan sampel : hindari pembekuan dan pencairan berulang (Freeze-Thaw Cycles), lindungi dari kontaminasi dengan cara menutup rapat untuk mencegah penguapan dan kontaminasi, serta hindari paparan sinar matahari langsung.

5. Alat dan bahan

- a. Alat
 - Mikropipet 1000 μl
 - Yellow tip
 - Blue tip

- Tabung reaksi
- Rak tabung
- Fotometer
- Sentrifuge
- Vortex mixer
- Set alat Flebotomi (torniquet, spuit, tabung koleksi darah tutup merah (serum) atau tutup hijau (plasma heparin), alcohol swab, bola kapas steril)

b. Bahan

- Mono Reagen GGT. Reagen dibuat menjadi monoreagen (dibuat dengan mencampurkan 4 bagian R1 dengan 1 bagian R2, kemudian ditunggu 30 menit)
- Sampel serum/plasma
- Kontrol serum

B. Analitik (Dyasis Diagnostics System GmbH, 2016)

1. Prosedur kerja

- a. Menyiapkan semua alat dan bahan yang akan diperlukan
- b. Memipet sebanyak 1000 µl monoreagen GGT dimasukkan ke dalam tabung reaksi
- c. Menambahkan 100 µl sampel serum dimasukkan ke dalam tabung reaksi yang telah berisi reagen.
- d. Membaca pada alat fotometer dengan panjang gelombang 405 nm.
- e. Mencatat hasil pada buku register
- f. Perlu diingat prosedur kerja sesuai kit yang digunakan.

2. Nilai Normal

- a. Dewasa Laki-laki : < 55 U/L
- b. Dewasa Perempuan : < 38 U/L
- c. Anak-anak : 2 - 42 U/L

3. Nilai Kritis

Untuk GGT, tidak ada nilai kritis tunggal yang ditetapkan secara universal seperti pada beberapa analit lain (misalnya kalium, glukosa). Peningkatan GGT seringkali merupakan indikator kondisi kronis (misalnya penyakit hati kronis, konsumsi alkohol berat) atau obstruksi saluran empedu yang mungkin tidak memerlukan intervensi segera darurat, meskipun tetap memerlukan perhatian medis.

Namun, **peningkatan GGT yang sangat tinggi (misalnya > 500 U/L atau lebih dari 10 kali batas atas normal)**, terutama jika disertai gejala klinis akut (misalnya nyeri perut parah, ikterus mendadak), dapat menunjukkan kondisi serius seperti:

- Obstruksi saluran empedu akut yang parah (misalnya karena batu empedu).
- Kerusakan hati berat (meskipun GGT sendiri bukan penanda utama untuk nekrosis hepatosit akut, ia akan meningkat bersama enzim lain).

4. Perhitungan

$$\text{Aktivitas ALP (U/L)} = \Delta A / \text{min} \times \text{Faktor Konversi}$$

Di mana:

- a. $\Delta A / \text{min}$ = Perubahan absorbansi antara waktu awal dan waktu akhir.
- b. Nilai "Faktor Konversi" ini bervariasi tergantung pada proporsi volume reagen dan sampel yang digunakan oleh masing-masing kit atau metode. Beberapa contoh faktor konversi yang umum ditemukan pada suhu 37°C adalah sekitar **1421 dan 1158**.
- c. Contoh perhitungan :
 - $\Delta A / \text{Min} = 0,023 \text{ A}$
 - Faktor konversi = 1421
 - Aktivitas enzim GGT (U/L) = $0,023 \times 1421 = 33 \text{ U/L}$

C. Jurnal Praktikum/laporan sementara

Judul :
Tujuan :
Prinsip :

Spesimen	:
Pemeriksaan	
Alat dan Bahan	:
Langkah Kerja	:

Hasil : Data pasien

Kesimpulan :

Jakarta, 20...

Pembimbing

Praktikan

() ()

KEGIATAN BELAJAR 4

ALKALI FOSFATASE (ALP)

PENDAHULUAN

Alkali Fosfatase (ALP) adalah enzim yang terdapat dalam berbagai jaringan tubuh, terutama di hati, tulang, ginjal, dan saluran pencernaan. Enzim ini berfungsi untuk menghilangkan gugus fosfat dari molekul organik, dan berperan penting dalam proses dephosphorylation, yang merupakan bagian krusial dari metabolisme fosfor dalam tubuh (Amin et al., 2019; Bahar & Manik, 2023). Aktivitas ALP akan dievaluasi dalam tes fungsi hati dan dapat memberikan petunjuk mengenai berbagai kondisi patologis.

Salah satu fungsi utama ALP terkait dengan metabolisme tulang, di mana ALP berperan dalam pembentukan tulang dan mineralisasi. Aktivitas ALP akan meningkat selama proses pertumbuhan tulang, terutama di masa kanak-kanak dan remaja, atau pada kondisi di mana terjadi pembentukan tulang baru (Yazid et al., 2019). Dalam konteks kesehatan hati, peningkatan kadar ALP dalam serum dapat menandakan adanya kondisi seperti penyakit hati cholestatic, hepatitis, dan kerusakan jaringan hati lainnya (Mahayasa & Lesmana, 2018). Kadar tinggi ALP juga dapat terkait dengan penyakit tulang seperti Paget's disease dan metastasis tulang (Merung et al., 2023).

Penelitian menunjukkan bahwa peningkatan kadar ALP dapat digunakan sebagai indikator prognostik untuk beberapa jenis kanker, termasuk kanker prostat, di mana kadar ALP yang tinggi dapat mengindikasikan metastasis tulang (Merung et al., 2023). Hal ini menunjukkan bahwa analisis kadar ALP tidak hanya bermanfaat untuk mendiagnosis penyakit yang memengaruhi hati tetapi juga memberikan informasi penting dalam konteks onkologi.

ALP juga terlibat dalam berbagai proses biokimia lainnya. Misalnya, dalam riset yang menganalisis efek bahan tertentu terhadap aktivitas ALP, ditemukan bahwa ekstrak tanaman tertentu dapat mempengaruhi kadar ALP, yang menunjukkan potensi terapeutik (Hanifa & Widyaningsih, 2020). Selain itu, aktivitas ALP dalam tubuh dipengaruhi oleh faktor nutrisi, seperti keberadaan

inulin dan probiotik yang dapat meningkatkan ketersediaan energi dan mendukung aktivitas enzim ini (Yunus et al., 2019).

Alkali Fosfatase adalah enzim multifungsi yang penting untuk berbagai proses metabolik dalam tubuh. Evaluasi kadar ALP memegang peranan vital dalam diagnosis dan pemantauan berbagai kondisi kesehatan, terutama yang berkaitan dengan hati dan tulang (Mahayasa & Lesmana, 2018; Merung et al., 2023; Yunus et al., 2019).

PEMERIKSAAN

A. Pra analitik

1. Tujuan Pemeriksaan

- a. Mendeteksi gangguan hati dan saluran empedu
- b. Mendeteksi gangguan tulang
- c. Memantau kondisi kesehatan dan respons pengobatan

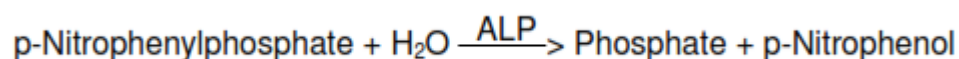
2. Metode

Kinetik Fotometri German Society of Clinical Chemistry (DCKC)

3. Prinsip

Enzim Alkali Fosfatase (ALP) menghidrolisis substrat **para-nitrofenil fosfat (pNPP)** menjadi **para-nitrofenol (pNP)** dan fosfat anorganik. Para-nitrofenol (pNP) adalah senyawa berwarna kuning yang absorbansinya dapat diukur pada panjang gelombang tertentu (misalnya 405 nm). Laju peningkatan absorbansi sebanding dengan aktivitas enzim ALP dalam sampel.

Gambar 4. Reaksi Skematis ALP



4. Jenis dan kriteria specimen/syarat sampel

- a. Jenis sampel berupa serum dan plasma heparin.
- b. Kriteria sampel : darah vena dengan volume yang cukup, tidak hemolisis (pecahnya sel darah merah), tidak ikterik (kuning pekat), dan tidak lipemik (keruh/berlemak pekat).
- c. Syarat sampel : Puasa, hindari aktivitas fisik berat, hindari penggunaan obat-obatan tertentu, dan pemisahan serum segera.
- d. Suhu penyimpanan : ALP stabil dalam bentuk serum/plasma. Umumnya sampel stabil selama 20-30 menit pada suhu kamar, 3 hari pada suhu 20 – 25, 7 hari pada suhu 4 - 8°C (kulkas), jika lebih dari satu minggu hingga sebulan di bekukan pada suhu -20°C,

dan suhu rendah -70° stabilitas sampel mencapai beberapa bulan hingga 1 tahun.

- e. Penanganan sampel : hindari pembekuan dan pencairan berulang (Freeze-Thaw Cycles), lindungi dari kontaminasi dengan cara menutup rapat untuk mencegah penguapan dan kontaminasi, serta hindari paparan sinar matahari langsung.

5. Alat dan bahan

a. Alat

- Mikropipet 1000 μ l
- Yellow tip
- Blue tip
- Tabung reaksi
- Rak tabung
- Fotometer
- Sentrifuge
- Vortex mixer
- Set alat Flebotomi (torniquet, spuit, tabung koleksi darah tutup merah (serum) atau tutup hijau (plasma heparin), alcohol swab, bola kapas steril)

b. Bahan

- Mono Reagen ALP. Reagen dibuat menjadi monoreagen (dibuat dengan mencampurkan 4 bagian R1 dengan 1 bagian R2, kemudian ditunggu 30 menit)
- Sampel serum/plasma
- Kontrol serum

B. Analitik (Dyasis Diagnostics System GmbH, 2019b)

1. Prosedur kerja

- a. Menyiapkan semua alat dan bahan yang akan diperlukan
- b. Memipet sebanyak 1000 μ l monoreagen ALP dimasukkan ke dalam tabung reaksi
- c. Menambahkan 20 μ l sampel serum dimasukkan ke dalam tabung reaksi yang telah berisi reagen.
- d. Membaca pada alat fotometer dengan panjang gelombang 405 nm.
- e. Mencatat hasil pada buku register
- f. Perlu diingat prosedur kerja sesuai kit yang digunakan.

2. Nilai Normal

- a. Dewasa Laki-laki : 40 - 129 U/L
- b. Dewasa Perempuan : 35 - 104 U/L

c. Anak-anak : 100 – 400 U/L

3. Nilai Kritis

ALP tidak ada nilai kritis tunggal yang ditetapkan secara universal karena kenaikan ALP seringkali merupakan indikator penyakit kronis atau kondisi yang tidak mengancam jiwa secara langsung (misalnya pada patah tulang atau kehamilan). Namun, kenaikan **ekstrem** (misalnya > 1000 U/L atau beberapa kali lipat dari batas atas normal, terutama jika disertai gejala klinis parah) dapat menjadi perhatian serius, terutama jika mengindikasikan:

- **Obstruksi saluran empedu yang parah:** Dapat menyebabkan gagal hati akut jika tidak diatasi.
- **Penyakit tulang yang sangat aktif dan merusak:** Meskipun jarang mengancam jiwa secara langsung, dapat menunjukkan kondisi serius.

4. Perhitungan

Aktivitas ALP (U/L) = $\Delta A/\text{min} \times \text{Faktor Konversi}$

Di mana:

- $\Delta A/\text{min}$ = Perubahan absorbansi antara waktu awal dan waktu akhir.
- Nilai "Faktor Konversi" ini bervariasi tergantung pada proporsi volume reagen dan sampel yang digunakan oleh masing-masing kit atau metode. Beberapa contoh faktor konversi yang umum ditemukan pada suhu 37°C adalah sekitar **3433 dan 2757**.
- Contoh perhitungan :

- $\Delta A / \text{Min}$ = 0,011 A
- Faktor konversi = 3433
- Aktivitas enzim ALP (U/L) = $0,011 \times 3433 = 38 \text{ U/L}$

C. Jurnal Praktikum/laporan sementara

Judul	:
Tujuan	:
Prinsip	:

--

Spesimen :
Pemeriksaan

Alat dan Bahan :

Langkah Kerja :

Hasil	: Data pasien
Kesimpulan	:

Jakarta,

20...

Pembimbing

Praktikan

() ()

KEGIATAN BELAJAR 5

BILIRUBIN

PENDAHULUAN

Pemeriksaan bilirubin adalah salah satu pemeriksaan penting untuk menilai gangguan pada hati dan saluran empedu. Bilirubin, produk akhir dari proses pemecahan hemoglobin, berkaitan erat dengan fungsi hati dan gangguan saluran empedu, memberikan informasi diagnostik yang signifikan mengenai kesehatan seseorang.

Dalam konteks gangguan hati, bilirubin total dapat dibagi menjadi dua fraksi yaitu bilirubin langsung (konjugasi) dan bilirubin tidak langsung (non-konjugasi). Kadar bilirubin direct yang tinggi biasanya menunjukkan adanya sumbatan atau kerusakan pada saluran empedu dan dapat diindikasikan dengan kondisi seperti cholestasis yang dapat disebabkan oleh penyumbatan batu empedu (Fajrian, 2020). Dalam hal ini, peningkatan bilirubin total sering kali disertai dengan peningkatan enzim hati seperti alanine aminotransferase (ALT) dan aspartate aminotransferase (AST), yang juga memberikan petunjuk terhadap adanya kerusakan hepatosit atau sel-sel hati (Sunaidi et al., 2023).

Pemeriksaan bilirubin juga relevan dalam kasus penyakit infeksi, seperti yang terjadi pada pasien HIV. Sebagian besar pasien HIV dengan gangguan hati tidak menunjukkan gejala awal, sehingga pengukuran bilirubin dapat membantu dalam deteksi dini kerusakan hati yang terkait dengan infeksi (Siska et al., 2018).

Penelitian menunjukkan bahwa terdapat hubungan antara gangguan fungsi hati dan meningkatnya kadar bilirubin; pada pasien dengan hepatitis virus, sering kali ditemukan peningkatan kadar bilirubin sejalan dengan fungsi hati yang menurun (W. R. Putri et al., 2021)

Bilirubin juga berperan dalam pengobatan penyakit tertentu. Dalam kasus tuberkulosis, misalnya, pasien yang mendapatkan obat antituberkulosis (OAT) dapat mengalami peningkatan bilirubin akibat kerusakan hati, sehingga pemeriksaan bilirubin diperlukan untuk memantau efek samping pengobatan tersebut (W. R. Putri et al., 2021). Ruang lingkup pemeriksaan bilirubin tidak terbatas hanya pada diagnosis saja, tetapi juga menyangkut evaluasi prognosis dan pemantauan perkembangan penyakit.

Pemeriksaan bilirubin adalah komponen penting dalam evaluasi gangguan hati dan saluran empedu. Kadar bilirubin yang meningkat dapat mengindikasikan adanya kerusakan hati, penyumbatan saluran empedu, atau efek samping dari pengobatan, sehingga pemeriksaan ini harus diintegrasikan dengan analisis enzim hati lainnya untuk memberikan gambaran yang lebih komprehensif mengenai kondisi hepatobiliari pasien (Fajrian, 2020; Sunaidi et al., 2023).

PEMERIKSAAN

A. Pra analitik

1. Tujuan Pemeriksaan
 - a. Mendeteksi dan mendiagnosis ikterus (Kuning)
 - b. Mengevaluasi fungsi hati
 - c. Mendeteksi gangguan saluran empedu
 - d. Mendiagnosis anemia hemolitik
 - e. Memantau penyakit kuning pada neonatus

2. Metode

Jendrassik-Grof

3. Prinsip

Bilirubin bereaksi dengan Sulfanilic Acid yang terdiazotasi (reagen diazo) dalam suasana asam membentuk azobilirubin yang berwarna merah muda hingga ungu kemerahan. Intensitas warna yang terbentuk sebanding dengan konsentrasi bilirubin dalam sampel.

Bilirubin Direk (Terkonjugasi): Bereaksi langsung dengan reagen diazo dalam suasana asam karena sifatnya yang larut air.

Bilirubin Total: Untuk mengukur bilirubin total (direk + indirek), diperlukan akselerator (misalnya kafein, metanol, atau deterjen) untuk melarutkan bilirubin tidak terkonjugasi (indirek) sehingga dapat bereaksi dengan reagen diazo. Bilirubin indirek tidak larut air dan terikat pada albumin, sehingga membutuhkan akselerator agar dapat bereaksi.

4. Jenis dan kriteria specimen/syarat sampel

- a. Jenis sampel berupa serum dan plasma heparin.

- b. Kriteria sampel : darah vena dengan volume yang cukup, tidak hemolisis (pecahnya sel darah merah), tidak lipemik (keruh/berlemak pekat), dan tidak terpapar cahaya terutama sinar UV.
- c. Syarat sampel : Tidak diwajibkan berpuasa
- d. Suhu penyimpanan : Bilirubin stabil dalam bentuk serum/plasma. Umumnya sampel stabil selama 1 hari pada suhu 20 - 25°C, 7 hari pada suhu 4 - 8°C, dan penyimpanan jangka panjang hingga 6 bulan di bekukan pada suhu -20°C.
- e. Penanganan sampel :
 - Setelah pengambilan, darah harus dibiarkan membeku (jika serum) selama 15-30 menit pada suhu kamar. Kemudian, segera sentrifugasi (biasanya 10-15 menit pada 2000-3000 rpm) untuk memisahkan serum/plasma dari sel darah. Penundaan dapat memengaruhi stabilitas analit.
 - Hindari pembekuan dan pencairan berulang (Freeze-Thaw Cycles), lindungi dari kontaminasi dengan cara menutup rapat untuk mencegah penguapan dan kontaminasi, serta hindari paparan sinar matahari langsung.

5. Alat dan bahan

a. Alat

- Mikropipet 1000 µl
- Yellow tip
- Blue tip
- Tabung reaksi
- Rak tabung
- Fotometer
- Sentrifuge
- Vortex mixer
- Set alat Flebotomi (torniquet, spuit, tabung koleksi darah tutup merah (serum) atau tutup hijau (plasma heparin), alcohol swab, bola kapas steril). Disarankan menggunakan tabung berwarna gelap/amber jika tersedia, atau segera bungkus dengan aluminium foil.

b. Bahan

- Reagen Bilirubin Diazo Kit.
 1. RT (Sulfanilic Acid 29 mmol/L, Hydrochloric acid 0,24 mol/L, Duposol 3%)
 2. RD (Sulfanilic Acid 29 mmol/L, Hydrochloric acid 0,24 mol/L)
- Sampel serum/plasma
- Kontrol serum

- Standart Kalibrator Bilirubin
- Aquadest

B. Analitik (Glory Diagnostics, 2023)

1. Prosedur kerja

a. Persiapan Reagen dan Alat:

- Pastikan reagen bilirubin berada pada suhu ruangan.
- Siapkan Reagen Kerja: Campurkan Reagen RD (4 bagian) dan Reagen RN (1 bagian) sesaat sebelum digunakan sesuai proporsi yang ditentukan oleh produsen kit (misalnya, Reagen RD 800 μL ditambah Reagen RN 200 μL sehingga total Reagen kerja siap pakai adalah 1000 μL). Campuran ini tidak stabil dan harus segera digunakan.
- Siapkan kontrol kualitas (QC) dan kalibrator bilirubin.
- Nyalakan alat fotometer dan pastikan siap beroperasi (pre-heating, kalibrasi harian/QC sesuai jadwal).
- Pipet sampel pasien, kontrol, dan kalibrator ke dalam cup sampel atau tabung primer yang sesuai. Pastikan sampel terlindung dari cahaya.

b. Langkah Pemeriksaan - Metode End Point : (Sumber Insert Kit Glory)

Bilirubin Total :

- Membuat Blanko Reagen: Memipet aquadest sebanyak 100 μl dan menambahkannya dengan reagen kerja sebanyak 1000 μl .
- Membuat Sampel Blanko: Memipet sampel sebanyak 100 μl dan menambahkannya dengan reagen RT sebanyak 1000 μl .
- Membuat Sampel : Memipet sampel sebanyak 100 μl dan menambahkannya dengan reagen kerja diazo sebanyak 1000 μl .
- Melakukan homogenisasi pada setiap campuran
- Melakukan inkubasi pada suhu 37°C selama 2 menit.
- Melakukan pengukuran sampel pada fotometer dengan panjang gelombang 545 nm. Intensitas warna yang terbentuk sebanding dengan konsentrasi bilirubin total.

Bilirubin Direct (Terkonjugasi):

- Membuat Blanko Reagen: Memipet aquadest sebanyak 100 μl dan menambahkannya dengan reagen kerja sebanyak 1000 μl .
- Membuat Sampel Blanko: Memipet sampel sebanyak 100 μl dan menambahkannya dengan reagen RD sebanyak 1000 μl .

- Ini adalah nilai yang sangat berbahaya dan dapat menyebabkan **kernikterus** (kerusakan otak permanen akibat penumpukan bilirubin di otak). Intervensi seperti fototerapi atau transfusi tukar mungkin diperlukan segera.
- Nilai kritis pada bayi prematur atau bayi dengan kondisi medis tertentu mungkin lebih rendah.

4. Perhitungan

$$\text{Kadar Bilirubin total (mg/dL)} = \frac{\text{Absorban Sampel} - \text{Absorban Blanko}}{\text{Absorban Standar}} \times C \text{ Standar}$$

Di mana:

a. Konsentrasi kalibrator umumnya 2 mg/dL dan 4 mg/dL

b. Contoh perhitungan Bilirubin Total

- Absorban sampel = 0.150 A
- Absorban Blanko = 0,080 A
- Absorban kalibrator = 0.152 A

$$\text{Kadar Bilirubin total (mg/dL)} = \frac{0,150 - 0,080}{0,152} \times 2 = 0,92 \text{ mg/dL}$$

c. Contoh perhitungan Bilirubin Direk

- Absorban sampel = 0.008 A
- Absorban Blanko = 0,007 A
- Absorban kalibrator = 0.008 A

$$\text{Kadar Bilirubin Direk (mg/dL)} = \frac{0,008 - 0,007}{0,008} \times 2 = 0,25 \text{ mg/dL}$$

d. Contoh perhitungan Bilirubin Indirek

- Bilirubin Total = 0,92 mg/dL
- Bilirubin Direct = 0,25 mg/dL

$$\text{Kadar Bilirubin Indirek (mg/dL)} = 0,92 - 0,25 = 0,67 \text{ mg/dL}$$

C. Post Analitik

1. Pelaporan hasil

- Format yang Jelas dan Mudah Dibaca: Laporan harus ringkas, jelas, dan mudah dipahami. Cantumkan nama pasien, nomor identifikasi, tanggal dan waktu pengambilan sampel, serta tanggal dan waktu pelaporan hasil.
- Hasil Numerik: Tampilkan nilai konsentrasi bilirubin dalam satuan yang relevan, umumnya miligram per desiliter (mg/dL) atau mikromol per liter (μmol/L). Contoh:
 - Bilirubin Total: 7.0 mg/dL
 - Bilirubin Direk: 1.6 mg/dL

- Bilirubin Indirek: 5.4 mg/dL
- c. Nilai Rujukan (Nilai Normal): Sajikan rentang nilai normal yang berlaku di laboratorium Anda, disesuaikan dengan usia dan jenis kelamin pasien. Untuk neonatus, nilai rujukan harus sangat spesifik berdasarkan jam atau hari kehidupan. Contoh:
- Nilai Rujukan Bilirubin Total Dewasa: 0.2 - 1.2 mg/dL
 - Nilai Rujukan Bilirubin Direk Dewasa: 0.0 - 0.3 mg/dL
- d. Interpretasi Awal (Opsional): Beberapa laboratorium mungkin menyertakan penanda (*flag*) jika hasil abnormal (misalnya, "Tinggi" atau "Rendah"). Untuk bilirubin, terutama pada neonatus, seringkali ada catatan tambahan mengenai risiko atau rekomendasi klinis awal.
- e. Catatan/Keterangan: Jika ada kondisi yang mungkin memengaruhi hasil (misalnya, sampel hemolisis, lipemik, atau riwayat paparan cahaya), cantumkan di sini.
- f. Identifikasi Petugas: Sertakan inisial atau tanda tangan petugas yang melakukan dan/atau memvalidasi hasil.

D. Jurnal Praktikum/laporan sementara

Judul	:
Tujuan	:
Prinsip	:

Spesimen	:	
Pemeriksaan	:	
Alat dan Bahan	:	
Langkah Kerja	:	
Hasil	:	Data pasien
Kesimpulan	:	

Jakarta,

20...

() ()



EVALUASI

A. Tugas

Mahasiswa membuat ringkasan sebagai berikut :

1. Menjabarkan tentang pemeriksaan gangguan hati dan saluran empedu
2. Menjelaskan tentang jenis-jenis gangguan hati dan saluran empedu
3. Metode pemeriksaan dan arti klinis pemeriksaan gangguan hati dan saluran empedu

B. Tes

Soal

4. Seorang wanita 45 tahun datang ke UGD dengan keluhan nyeri perut kanan atas, demam, dan kulit serta mata tampak kuning sejak 3 hari yang lalu. Hasil pemeriksaan fisik menunjukkan sklera ikterik dan nyeri tekan di kuadran kanan atas. Dari tanda dan gejala tersebut, dokter menduga adanya kolestasis atau obstruksi saluran empedu. Pola hasil pemeriksaan laboratorium fungsi hati manakah yang paling mendukung diagnosis kolestasis?
 - a. Amilase dan lipase meningkat, GGT normal.
 - b. ALP dan GGT keduanya meningkat, AST dan ALT normal.
 - c. AST dan ALT sangat tinggi, ALP dan GGT normal.
 - d. Albumin rendah, PT/INR memanjang, AST dan ALT normal.
 - e. Bilirubin total sangat tinggi, bilirubin direk normal

5. Seorang bayi baru lahir berusia 36 jam menunjukkan kulit kuning yang meluas ke bagian tubuh bawah. Hasil laboratorium menunjukkan Bilirubin Total 18.0 mg/dL dan Bilirubin Direk 0.5 mg/dL. Apakah interpretasi yang paling mungkin dari hasil ini?
 - a. Peningkatan bilirubin indirek yang dominan, disebabkan oleh hemolisis.
 - b. Peningkatan AST dan ALT yang sangat tinggi, disebabkan oleh sirosis.
 - c. Peningkatan ALP dan GGT yang signifikan, disebabkan oleh kolestasis.
 - d. Peningkatan bilirubin direk yang dominan, disebabkan oleh hepatitis.
 - e. Penurunan albumin dan perpanjangan PT/INR, disebabkan oleh gagal hati.
6. Seorang pasien dengan riwayat epilepsi rutin mengonsumsi fenitoin sebagai terapi. Saat pemeriksaan rutin, dokter meminta pemeriksaan fungsi hati. Pasien tidak memiliki gejala gangguan hati atau empedu. Bagaimana pola hasil pemeriksaan laboratorium yang paling mungkin ditemukan pada pasien ini akibat penggunaan obat fenitoin?
 - a. Semua parameter fungsi hati akan tetap dalam batas normal.
 - b. Kadar AST dan ALT akan meningkat tajam, menunjukkan hepatitis akibat obat.
 - c. Kadar bilirubin total dan direk akan meningkat tajam, menunjukkan kolestasis.
 - d. Kadar GGT akan meningkat signifikan, sedangkan ALP mungkin normal atau sedikit meningkat.
 - e. Kadar albumin akan menurun dan PT/INR memanjang, menunjukkan disfungsi sintesis hati.
7. Seorang pasien 50 tahun yang menderita epilepsi telah mengonsumsi obat antikonvulsan (misalnya fenitoin) secara rutin selama bertahun-tahun. Dalam pemeriksaan rutin, semua parameter fungsi hati lainnya (AST, ALT, ALP, Bilirubin Total, Bilirubin Direk, Albumin) berada dalam batas normal, dan pasien tidak menunjukkan gejala gangguan hati. Namun, ada satu parameter enzim hati yang ditemukan meningkat secara konsisten. Enzim apakah itu?
 - a. AST
 - b. ALT
 - c. ALP
 - d. Bilirubin Direk
 - e. GGT
8. Seorang laki-laki berusia 50 tahun datang ke Unit Gawat Darurat (UGD) dengan keluhan nyeri hebat pada perut kanan atas yang menjalar ke punggung, disertai mual, muntah, dan demam tinggi sejak 24 jam terakhir. Istrinya juga memperhatikan kulit dan mata pasien menguning. Pasien memiliki riwayat batu empedu yang terdiagnosis 5 tahun lalu tetapi

belum pernah dioperasi. Enzim atau parameter laboratorium manakah yang paling spesifik menunjukkan adanya obstruksi saluran empedu pada kasus ini?

- a. Leukosit
- b. AST dan ALT
- c. Bilirubin Indirek
- d. ALP dan GGT
- e. Amilase dan Lipase

Kunci Jawaban :

1. B
2. A
3. D
4. E
5. D

C. Penilaian (Kognitif, Psikomotor, Afektif)

1. Kognitif 25 %
2. Psikomotor 60 %
3. Afektif 15 %



DAFTAR PUSTAKA

- Alonso, Á., Misialek, J. R., Amiin, M. A., Hoogeveen, R. C., Chen, L. Y., Agarwal, S., Loehr, L. R., Soliman, E. Z., & Selvin, E. (2014). Circulating Levels of Liver Enzymes and Incidence of Atrial Fibrillation: The Atherosclerosis Risk in Communities Cohort. *Heart*. <https://doi.org/10.1136/heartjnl-2014-305756>
- American Association for the Study of Liver Diseases (AASLD). (2021). *Practice Guidelines*. <https://www.aasld.org/practice-guideline>.
- Amin, F., Yanti, N. I., Sartini, S., & Sumarheni, S. (2019). Efek Pemberian Ekstrak Etanol Rimpang Temu Putih (*Curcuma Zedoaria* (Berg.) Roscoe) Terhadap Perubahan Kadar Protein Total Dan Alkali Fosfatase Pada Tikus (*Rattus Norvegicus*) Yang Dipaparkan Asap Rokok. *Majalah Farmasi Dan Farmakologi*. <https://doi.org/10.20956/mff.v22i3.5861>
- Bahar, M., & Manik, M. (2023). Gambaran Aktivitas Enzim Alkalin Phosphatase Pada Penderita Hepatitis B. *Mitra Raflesia (Journal of Health Science)*. <https://doi.org/10.51712/mitraraflesia.v15i1.143>
- Balakrishna, S., & Prabhune, A. (2014). Effect of pH on the Hydrolytic Kinetics of Gamma-Glutamyl Transferase From *Bacillus Subtilis*. *The Scientific World Journal*. <https://doi.org/10.1155/2014/216270>
- Castera, L. (2015). Noninvasive Assessment of Liver Fibrosis. *Digestive Diseases (Basel, Switzerland)*, 33(4), 498–503. <https://doi.org/10.1159/000374097>

- Dyasis Diagnostics System GmbH. (2016). *Insert Kit Gamma-GT FS**.
- Dyasis Diagnostics System GmbH. (2019a). *Insert Kit Alat (gpt) fs** (Issue November).
- Dyasis Diagnostics System GmbH. (2019b). *Insert Kit Alkaline phosphatase*. (Vol. 13, Issue 11).
<https://doi.org/10.1136/gut.13.11.926>
- Dyasis Diagnostics System GmbH. (2019c). *Insert Kit Asat (got) fs** (Issue November).
- European Association for the Study of the Liver (EASL). (2018). *Clinical Practice Guidelines*.
<https://easl.eu/publications/clinical-practice-guidelines/>
- Fajrian, F. M. (2020). Enzim Transferase Dengan Bilirubin Total Penderita Ikterus Obstruktif. *Jurnal Ilmiah Kesehatan Sandi Husada*. <https://doi.org/10.35816/jiskh.v11i1.240>
- Ghosh, M. D., Paul, D., Islam, M. S., Ghosh, G. C., Alam Bhuiyan, M. M., Akter, S., Sultana, T., Rahman, M. Q., & Ahmed, A. N. N. (2016). Gamma-Glutamyl Transferase Is an Indicator of Gestational Diabetes Mellitus. *Bangladesh Medical Journal*.
<https://doi.org/10.3329/bmj.v44i3.27375>
- Glory Diagnostics. (2023). *Insert Kit Glory Diagnostics*.
- Gunawan, R. G., & Pratama, M. I. (2024). Analisa Kinerja Algoritma Machine Learning Untuk Prediksi Virus Hepatitis C. In *Jurnal Coscitech (Computer Science and Information Technology)*. <https://doi.org/10.37859/coscitech.v4i3.6513>
- Hanifa, N. I., & Widyaningsih, W. (2020). No Title. *Acta Pharmaciae Indonesia Acta Pharm Indo*.
<https://doi.org/10.20884/1.api.2020.8.2.2929>
- Ihim, A. C., Habeeb, Y., Manafa, P. O., Nwobodo, E. I., Edward, U., & Chinedu, P. (2023). Effect of Exposure to Soot on Activities of Alanine Transaminase, Gamma Glutamyl Transferase and Lipase Among Cooks in Nnewi. *Journal of Drug Delivery and Therapeutics*.
<https://doi.org/10.22270/jddt.v13i4.5793>
- Jaya, M., & Fanrezha, A. (2023). Keterlibatan Masyarakat Sebagai Mitra Polisi Dalam Penanganan Narkoba Dusun Pelayang Kecamatan Bathin II Pelayang Kabupaten Bungo. In *Jurnal Politik Dan Pemerintahan Daerah*. <https://doi.org/10.36355/jppd.v5i1.111>
- Mahayasa, M., & Lesmana, T. (2018). Hepatolitis: Kasus Serial Di RSUD Dr. Soetomo. *JBN (Jurnal Bedah Nasional)*. <https://doi.org/10.24843/jbn.2018.v02.i01.p02>
- Meriko, C., & Hadiwirawan, O. (2019). Kesejahteraan Psikologis Perempuan Yang Berperan Ganda. In *Seurune Jurnal Psikologi Unsyiah*. <https://doi.org/10.24815/s-jpu.v2i1.13273>

- Merung, M., Toreh, C., Astram, A., & Langi, F. G. (2023). Penentuan Model Prediktif Metastasis Tulang Dan Prognosis Kanker Prostat Menggunakan Alkalin Fosfatase Dan Skor Gleason. *Medical Scope Journal*. <https://doi.org/10.35790/msj.v6i1.48491>
- Prasetyawan, P. A., Suarsana, I. N., & Kendran, A. S. (2021). Kadar Alanin Aminotransferase, Aspartat Aminotransferase Dan Gambaran Histologi Hati Tikus Putih Yang Diberikan Ekstrak Kulit Pisang Kepok Dan Latihan Intensif. In *Buletin Veteriner Udayana*. <https://doi.org/10.24843/bulvet.2021.v13.i01.p14>
- Putri, M. P. (2023). Kadar Gamma Glutamyl Transferase (Ggt) Pada Nelayan Peminum Tuak Dan Arak. *Jurnal Sintesis Penelitian Sains Terapan Dan Analisisnya*. <https://doi.org/10.56399/jst.v3i1.34>
- Putri, W. R., Widada, S. T., & Setiawan, B. (2021). Penurunan Kadar Bilirubin Total Serum Yang Diencerkan Pada Penderita Tuberkulosis. *Jurnal Analis Laboratorium Medik*. <https://doi.org/10.51544/jalm.v6i1.1725>
- S Doley, J., & SF Lok, A. (2019). Sherlock diseases of the liver and biliary system. *Sustainability (Switzerland)*, *11*(1), 1–14. http://scioteca.caf.com/bitstream/handle/123456789/1091/RED2017-Eng-8ene.pdf?sequence=12&isAllowed=y%0Ahttp://dx.doi.org/10.1016/j.regsciurbeco.2008.06.005%0Ahttps://www.researchgate.net/publication/305320484_Sistem_Pembetungan_Terpusat_Strategi_Melestari
- Singh Gill, M. P. (2013). Comparative Study of Serum Gamma Glutamyltransferase, 5' Nucleotidase and Alkaline Phosphatase in Icteric and an-Icteric Biliary Disease Patients. *Iium Medical Journal Malaysia*. <https://doi.org/10.31436/imjm.v12i1.2004>
- Siska, L., Suardi, A. U., & Alam, A. (2018). Hepatotoksisitas Pada Anak Penderita Human Immunodeficiency Virus Di Rumah Sakit Hasan Sadikin Bandung. *Sari Pediatri*. <https://doi.org/10.14238/sp19.4.2017.214-19>
- Sunaidi, Y., Thaslifa, Fitriana, F., & B, S. A. (2023). Gambaran Serum Glutamic Pyruvic Transaminase Dan Serum Glutamic Oxaloacetic Transaminase Pada Penderita Covid-19. *Jurnal Kedokteran Universitas Palangka Raya*. <https://doi.org/10.37304/jkupr.v11i1.8661>
- Tade, G., Hsu, H., Woodiwiss, A. J., Peters, F., Robinson, C., Dlongolo, N., Teckie, G., Solomon, A., Norton, G. R., & Desein, P. H. (2022). Uric Acid, Ferritin, Albumin, Parathyroid Hormone and Gamma-Glutamyl Transferase Concentrations Are Associated With Uremic Cardiomyopathy Characteristics in Non-Dialysis and Dialysis Chronic Kidney Disease Patients. *International Journal of Nephrology and Renovascular Disease*.

<https://doi.org/10.2147/ijnrd.s389539>

- Utami, A. D., & Rahmandani, A. (2023). Pengalaman Bekerja Sebagai Caregiver Di Wisma Tuna Ganda Pada Ibu Dengan Anak Balita. In *Jurnal Empati*.
<https://doi.org/10.14710/empati.2023.28679>
- Wanti, H. D., Fadhilah, F. R., & Taufiqurrohman, O. (2020). Pengaruh Hemolisis Dalam Serum Terhadap Aktivitas Enzim Aspartat Aminotransferase Dengan Metode Kinetik-Ifcc. In *Journal of Indonesian Medical Laboratory and Science (Joimedlabs)*.
<https://doi.org/10.53699/joimedlabs.v1i1.6>
- Whitfield, J. B. (2001). Gamma Glutamyl Transferase. *Critical Reviews in Clinical Laboratory Sciences*. <https://doi.org/10.1080/20014091084227>
- Yazid, F., Luchman, N. A., Abdul Wahab, R. M., & Ariffin, Z. Z. (2019). Pencirian Dan Pembezaan Osteogenik Sel Stem Pulpa Gigi Kekal Dan Gigi Desiduos Manusia. *Sains Malaysiana*.
<https://doi.org/10.17576/jsm-2019-4807-17>
- Yunus, M., Suthama, N., & Wahyuni, H. I. (2019). Kombinasi Penambahan Sumber Inulin Dan Lactobacillus Sp. Terhadap Aktivitas Fosfatase Alkalis Dan Ketersediaan Energi Pada Ayam Kampung Persilangan. *Jurnal Pengembangan Penyuluhan Pertanian*.
<https://doi.org/10.36626/jppp.v13i23.112>

MODUL 3

PEMERIKSAAN GANGGUAN PANKREAS



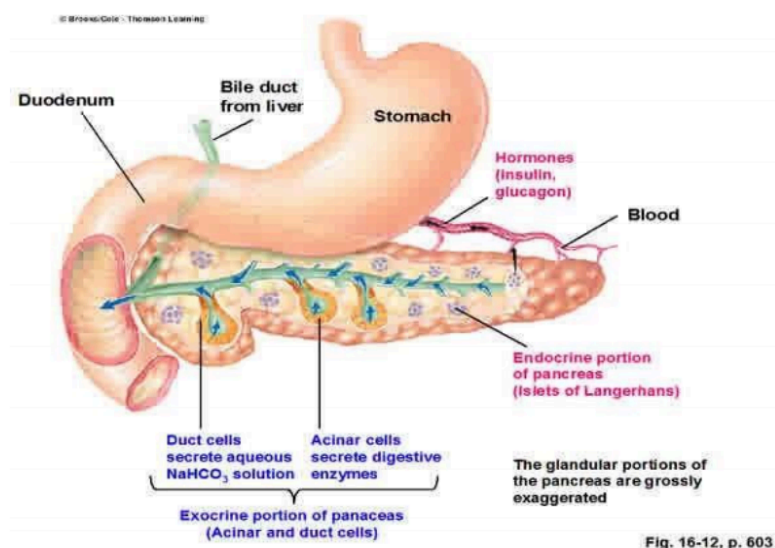
Pankreas merupakan organ berupa kelenjar dengan panjang dan lebar sekitar 12,5 cm dan tebal + 2,5 cm (pada manusia). Pankreas terbentang dari atas sampai ke lengkungan besar dari perut dan biasanya dihubungkan oleh dua saluran ke duodenum (usus 12 jari), terletak pada dinding posterior abdomen di belakang peritoneum sehingga termasuk organ retroperitoneal kecuali bagian kecil keduanya yang terletak dalam ligamentum lienorenalis. Strukturnya lunak dan berlobulus. Pankreas dapat dibagi ke dalam (Ciara, 2023).

Caput Pancreatis, berbentuk seperti cakram dan terletak di dalam bagian cekung duodenum. Sebagian caput meluas di kiri di belakang arteri dan vena mesenterica superior serta dinamakan Processus Uncinatus. Collum Pancreatis merupakan bagian pancreas yang mengecil dan menghubungkan caput dan corpus pancreatis. Collum pancreatis menghubungkan caput dan corpus pancreatis. Collum pancreatis terletak di depan pangkal vena portae hepatis dan tempat percabangkannya arteria mesenterica superior dari aorta. Corpus Pancreatis berjalan ke atas dan kiri, menyilang garis tengah. Pada potongan melintang sedikit berbentuk segitiga. Cauda Pancreatis berjalan ke depan menuju ligamentum lienorenalis dan mengadakan hubungan dengan bilum lienale, yang ditunjukkan pada Gambar 5.



Gambar 5. Organ Pankreas (sumber : <https://news.bioscholar.com>)

Pankreas terdiri dari dua jaringan utama yaitu : Asinus, yang mengekskresikan pencernaan ke dalam duodenum. Pulau Langerhans, yang tidak mempunyai alat untuk mengeluarkan getahnya namun sebaliknya mensekresi insulin dan glukagon langsung ke dalam darah. Pankreas terdiri dari tiga tipe sel yaitu: *duct* cells (sel duktulus): 10% pankreas dan mensekresi larutan yang kaya bikarbonat (unit eksokrin) *acinar* cells (sel asinus): 80% pankreas, mensintesa dan mensekresi enzim pankreas (unit eksokrin) *islet* cells (sel islet): 10% pankreas, bagian endokrin pankreas, mensekresi hormon insulin, glukagon, somatostatin, dan pancreatic polypeptida (unit endokrin) yang ditunjukkan pada Gambar 6 (Hall & Guyton, 2019).



Gambar 6. Bagian Pankreas dan Fungsinya

Pankreas memiliki unsur eksokrin maupun endokrin yang menempati sebagian besar kelenjar. Pankreas eksokrin yang merupakan bagian terbesar terdiri atas asini serosa yang berhimpitan, tersusun dalam lobulus kecil. Lobuli dikelilingi septa intra- dan interlobular, dengan pembuluh darah, duktus, saraf, dan kadangkala badan Pacini. Di dalam massa asini serosa, terdapat pulau Langerhans yang terisolasi. Pulau ini adalah bagian endokrin pankreas dan merupakan ciri khas pankreas. Pulau langerhans adalah massa sel endokrin berbentuk bulat dengan berbagai ukuran, yang dipisahkan dari jaringan asini eksokrin disekelilingnya oleh selapis serat retikular halus. Pulau Langerhans biasanya lebih besar dari sel asini dan tampak sebagai kelompok padat sel-sel epitelial yang ditembus oleh banyak kapiler darah. Pankreas manusia mempunyai 1 s/d 2 juta pulau langerhans, setiap pulau langerhans hanya berdiameter 0,3 mm dan tersusun mengelilingi pembuluh darah kapiler. Pulau langerhans mengandung tiga jenis sel utama, yakni sel-alfa, beta dan delta.

Fisiologi Pankreas

Fungsi pankreas dilaksanakan oleh sekelompok sel khusus. Karena pankreas adalah organ endokrin dan eksokrin, maka pankreas menghasilkan jenis-jenis enzim pencernaan dan hormon. Sekresi pankreas diatur oleh rangsangan hormonal maupun vagal. Dua hormon intestinal, yaitu sekretin dan kolesistokinin yang disekresi sel enteroendokrin dari mukosa duodenum ke aliran darah, mengatur sekresi pankreas. Pankreas menghasilkan cairan alkalis dan banyak enzim pencernaan yang merombak protein, lemak, dan karbohidrat menjadi molekul- molekul lebih kecil agar diabsorpsi di usus halus. Sebagai respon atas adanya chymus asam di usus halus (duodenum), sekretin merangsang sel pankreas mensekresi banyak cairan berair yang kaya ion Na- bikarbonat. Cairan ini yang tidak atau sedikit mempunyai aktivitas enzimatik, dihasilkan terutama oleh sel-sel sentroasinar dan sel-sel yang melapisi duktus interkalaris yang lebih halus. Fungsi cairan ini adalah untuk menetralkan chymus asam dan menciptakan lingkungan optimal bagi aktivitas enzim pancreas (Ateia HME, Ahmed SMA, 2025).

Sebagai respon atas lemak dan protein di dalam usus halus, kolesistokinin merangsang sel-sel asinar di pankreas untuk menyekresi sejumlah besar enzim pencernaan. Enzim pankreas yang diproduksi sel-sel acinar memasuki duodenum dalam bentuk tidak aktif dan kemudian diaktifkan oleh sebuah hormon yang disekresi mukosa usus. Ada dua mekanisme utama yang melindungi pankreas dari aksi degradative enzim pencernaannya sendiri.

Enzim pankreas disintesa sebagai zymogen (inaktif) yang membutuhkan enzim pemacu extrapancreatic untuk mengaktifasi. Getah pankreas mengandung inhibitor trypsin dalam konsentrasi rendah sebagai kelenjar endokrin, pankreas menghasilkan dua hormon utama yang

terutama mempengaruhi kadar gula darah serta memetabolismenya (National Institute of Diabetes and Digestive and Kidney Diseases., 2025).

Sel alfa yang mencakup kira-kira 25 % dari seluruh sel mensekresikan glukagon pulau Langerhans menghasilkan hormon glukagon yang dibebaskan sebagai respon atas kadar glukosa darah yang rendah. Sel beta menghasilkan hormon insulin yang pembebasannya dirangsang oleh meningkatnya kadar glukosa darah setelah makan. Fungsi fisiologis utama insulin adalah menurunkan kadar glukosa darah dengan meningkatkan transpor ke dalam sel-sel hati, otot, dan lemak. Insulin disintesis di dalam retikulum endoplasma sel B, kemudian diangkut ke aparatus golgi, tempat ia dibungkus didalam granula yang diikat membran. Granula ini bergerak ke dinding sel oleh suatu proses yang tampaknya sel ini yang mengeluarkan insulin ke daerah luar dengan eksositosis. Kemudian insulin melintasi membran basalis sel B serta kapiler berdekatan dan endotelfenestrata kapiler untuk mencapai aliran darah. Sel delta yang merupakan 10 % dari seluruh sel mensekresikan somatostatin. Sel ini menurunkan dan menghambat aktivitas sekresi sel alfa maupun sel beta melalui pengaruh lokal di dalam pulau Langerhans. Pemeriksaan penunjang dapat membantu diagnosis, hal ini dapat mengklasifikasikan beratnya penyakit dan memprediksi prognosisnya.

Pemeriksaan Laboratorium

1. Kadar Lipase dan Amilase

Pemeriksaan kadar lipase lebih sensitif dan spesifik daripada pemeriksaan kadar amilase oleh karena amilase juga diproduksi oleh kelenjar saliva dan kadarnya dapat normal pada kondisi pankreatitis alkoholik *recurrent*. Pada hari pertama serum lipase memiliki sensitivitas 100% dibandingkan dengan serum amilase dengan sensitivitas 95%. Pada hari 2-3 sensitivitasnya mencapai 85% dan spesifitas lipase 82% dibandingkan serum amilase yang hanya 68%. Kadar amilase dan lipase lebih tinggi tiga kali lipat dari kadar normal menunjukkan adanya pankreatitis. Serum amilase akan kembali normal dalam 3-5 hari. Rasio lipase dan amilase lebih besar dari 4 menunjukkan bahwa penyebabnya adalah alkoholik.

2. Pemeriksaan C-reactive protein (CRP)

Kadar serum CRP lebih dari 150 mg/dL atau 14.286 nmol/L dalam 48 jam sejak pasien masuk rumah sakit menunjukkan terjadinya pankreatitis akut berat daripada pankreatitis akut ringan. Jika tingkat serum CRP lebih dari 180 mg/dL dalam 72 jam berhubungan dengan adanya nekrosis pankreas. Serum CRP mencapai puncaknya pada 36-72 jam setelah gejala muncul sehingga tidak membantu jika dilakukan pada awal masuk rumah sakit.

Pemeriksaan Radiologi

Semua pasien yang mengalami pankreatitis akut dilakukan pemeriksaan ultrasonografi (USG). Hal ini akan sangat membantu diagnosis pankreatitis yang disebabkan oleh batu kelenjar empedu. Pada kondisi gas saluran pencernaan saling tumpang tindih atau batu empedu pada bagian distal saluran empedu akan sangat susah mendeteksinya.

1. Pemeriksaan *Contrast-enhanced computed tomography* (CECT)

Merupakan standar diagnosis yang dapat digunakan. Merupakan pilihan utama yang dapat digunakan pada pasien dengan nyeri perut yang berat dan ketika diduga adanya pankreatitis nekrotik. Sangat baik dilakukan pada 48-72 jam *CT scan* tidak perlu dilakukan pada kondisi pasien stabil dengan pankreatitis akut ringan.

2. *Magnetic Resonance Cholangiopancreatography* (MRCP)

Memiliki sensitivitas 79% dan spesifitas 92% dibandingkan dengan pemeriksaan *CT scan*. Pemeriksaan ini sangat membantu pada kondisi penggunaan kontras dikontraindikasikan (disfungsi renal). Direkomendasikan pada pasien dengan peningkatan enzim hati dan *Common Bile Duct* (CBD) bila tidak dapat di evaluasi dengan USG. Pemeriksaan dengan *Endoscopic Retrograde Cholangiopancreatography* (ERCP) dapat membantu dalam mendiagnosis penyebab pankreatitis akut oleh karena *choledocholithiasis*.

KEGIATAN BELAJAR 1

AMILASE

PENDAHULUAN

Amilase (alfa-amilase) merupakan enzim hidrolisis yang berperan dalam memecah zat pati menjadi maltose. Dalam tubuh manusia, alfa-amilase diproduksi oleh pancreas dan dilepaskan ke dalam saluran pencernaan, amilase saliva disintesa dalam kelenjar saliva dan disekresi kedalam saliva. Amilase dalam darah dieliminasi melalu ginjal dan disekresikan ke dalam urin. Oleh karena itu, peningkatan aktifitas amilase dalam serum menggambarkan peningkatan aktivitas amilase urin. Pengukuran alfa-amilase dalam serum dan urin utamanya digunakan untuk mendiagnosis kelainan pancreas juga untuk mendeteksi perkembangan komplikasi. Pada kasus pankreatitis akut aktivitas amilase darah meningkat dalam waktu beberapa jam setelah keluhan nyeri perut, mencapai puncak kira-kira 12 jam dan Kembali menurun pada nilai rujukan setelah 5 hari. Spesifitas alfa-amilase untuk kelainan pancreas tidak meningkat tinggi seperti yang terjadi pada penyakit non-pakreas seperti parotitis dan kelainan ginjal. Karena itu, untuk mengkonfirmasi pankreatitis akut maka

diperlukan konfirmasi dengan pemeriksaan lipase.

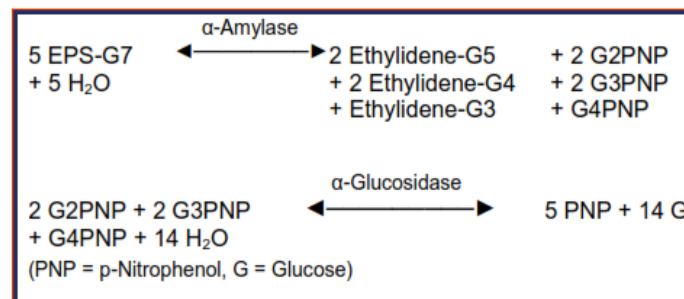
Ket: Prosedur menggunakan Kit Alfa Amilase.

PEMERIKSAAN

A. Pra Analitik

1. Tujuan Pemeriksaan
 - a Mengidentifikasi adanya kelainan pada organ pankreas.
 - b Memantau prognosis atau perkemabangan penyakit dan terjadinya komplikasi.
2. Metode : Enzimatik fotometrik tes
2. Prinsip :

Substrat 4,6-etilidene-(G7)-p-nitrofenil-(G1)-alfa-D-maltoheptaosid (EPS-G7) dipotong oleh alfa amilase dalam beberapa fragmen. Selanjutnya fragmen tersebut di hidrolisis pada tahap kedua oleh alfa-glukosidase menghasilkan glukosa dan p-nitrofebol. Peningkatan absorbansi menggambarkan total aktivitas amilase (pancreas dan saliva) dalam sampel.



Gambar 7. Reaksi Skema Amilase

3. Jenis dan Kriteria spesimen / Syarat sampel :

Serum atau plasma EDTA sebanyak 1 – 2 ml dan syaratnya tidak hemolisis, tidak lipemik berat dan tidak ikterik berat (umumnya sampel stabil selama 7 hari pada suhu 4 - 8°C (kulkas), bertahan hingga 1 tahun pada suhu -20°C.
4. Alat dan Bahan
 - a. Alat flebotomi (Torniket, alkohol swab, plester, jarum, holder tabung Vakum serum tutup merah atau kuning / tabung EDTA).
 - b. Centrifuge (Sentrifus).

- c. Photometer atau alat *Clinical Chemistry Analyzer* (pengukuran absorbansi 340nm).
- d. Reagen Alfa Amilase.
- e. Bahan kontrol.
- f. Mikropipet.
- g. Bahan habis pakai : (microtube/tabung reaksi, white tip, yellow tip dan blue tip) dan tissue.

B. Analitik (Semi Otomatik Test)

1. Prosedur Kerja

a. Substrat Start

- Sampel serum atau plasma yang sudah dipisahkan dari sel darah yang sudah siap.
- Reagen kit amilase yang sudah disiapkan.
- Siapkan 2 tabung, tabung pertama untuk blanko reagen dan tabung kedua untuk tes.
- Pipetlah volume aquades 20 μ l dimasukkan ke kuvet / tabung serologis pertama dan 20 μ l serum/plasma dimasukkan ke kuvet / tabung serologis kedua.
- Tambahkan 1000 μ l reagen 1 dalam masing-masing tabung. Kemudian inkubasi suhu 37 °C selama 1 menit.
- Tambahkan reagen 2 sebanyak 250 μ l kemudian inkubasikan selama 2 menit
- Baca pada alat photometer, waktu pengukuran (Measuring time) umumnya sekitar 60-600 detik (1-10 menit) selama periode ini, photometer secara terus menerus memantau perubahan absorbansi pada 340 nm. Data absorbansi dikumpulkan secara kinetik (perubahan absorbansi per unit waktu).

b. Sample Start

- Buatlah terlebih dahulu Monoreagent dengan mencampurkan 4 bagian Reagen 1 ditambah 1 bagian Reagen 2.
- Siapkan 2 tabung, tabung pertama untuk blanko reagen dan tabung kedua untuk tes.
- Pipetlah volume aquades 20 μ l dimasukkan ke kuvet / tabung serologis pertama dan 20 μ l serum/plasma dimasukkan ke kuvet / tabung serologis kedua (jika menggunakan alat *Clinical Chemistry Analyzer* pengukuran dilakukan didalam alat).
- Inkubasilah selama 2 menit. Baca pada alat photometer, waktu pengukuran (Measuring time) umumnya sekitar 60-600 detik (1-10 menit) selama periode ini, photometer secara terus menerus memantau perubahan absorbansi pada 340 nm. Data absorbansi dikumpulkan secara kinetik (perubahan absorbansi per unit

waktu).

2. Nilai Normal :

- a Pria : < 100 U/L.
- b Wanita : < 100 U/L

(nilai rujukan mengikuti petunjuk masing-masing laboratorium/referensi yang berlaku).

3. Perhitungan

$$\text{amilase} \left(\frac{U}{L} \right) = \frac{\frac{\Delta A}{\text{min}} \text{Sampel}}{\frac{\Delta A}{\text{min}} \text{Cal.}} \times \text{Cons. Cal} \left[\frac{U}{L} \right]$$

Gambar 8. Tabel Perhitungan

- a. Linearitas tergantung pada alat dan reagen yang digunakan, jika hasil pemeriksaan mencapai 2.000 U/L atau lebih maka perlu dilakukan pengenceran (dilusi) dengan menambahkan 1 bagian sampel + 9 bagian larutan NaCl (9 g/L) dan hasil yang diperoleh dikalikan 10.
- b. Faktor pengganggu : Asam askorbat; Bilirubin terkonjugasi dan tidak terkonjugasi; Hemoglobin; Lipemik.

C. Post Analitik

1. Pelaporan hasil

Setelah pemeriksaan parameter amilase selesai, hasil akan dilaporkan langkah penting yang harus dilakukan dengan cermat dan akurat memastikan klinisi mendapatkan informasi yang benar untuk mengambil keputusan klinis, dengan langkah :

- a. Identitas pasien : Nama pasien, umur, jenis kelamin, dokter yang merawat dan tanggal pemeriksaan.
- b. Validasi hasil : Pastikan Hasil kontrol (QC) kualitas harian berada pada rentang yang diterima, jika tidak hasil pasien tidak boleh dilaporkan dan pemeriksaan diulang (melihat riwayat klinis pasien dan melihat trend atau perubahan yang signifikan).
- c. Pelaporan Nilai Kritis: Jika dijumpai hasil amilase yang sangat tinggi dan mencapai nilai kritis (nilai yang mengancam jiwa, dan memerlukan tindakan medis segera) dengan prosedur yang di tetapkan.

2. Sumber Kesalahan Hasil

Secara Khusus sumber kesalahan pemeriksaan amilase adalah konsumsi vitamin c, peningkatan kadar bilirubin dan sampel hemolitik dan penggunaan obat-obatan tertentu yang dapat meningkatkan nilai amilase. Secara umum sumber kesalahan pada:

- a. Pre Analitik : koleksi sampel darah tidak tepat, penyimpanan sampel darah yang

tidak tepat dan penggunaan antikoagulan yang tepat.

- b. Analitik : Kalibrasi instrumen yang kurang tepat, penggunaan reagen yang tidak tepat dan kesalahan dalam proses analisis.
- c. Post Analitik : Interpretasi hasil yang tidak sesuai dan kesalahan dalam pelaporan hasil.

3. Jaminan mutu Pemeriksaan

- a. Pastikan sampel benar.
- b. Reagen yang digunakan memiliki kadaluarsa yang berlaku dan sesuai dengan instrumen.
- c. Instrumen dalam keadaan baik dan memastikan kinerja instrumen optimal.
- d. Personil laboratorium yang mempunyai pelatihan dan sudah berpengalaman, memahami prosedur pemeriksaan dan dapat melakukan kontrol kualitas yang benar.
- e. Melakukan QC internal (eksternal) memastikan hasil pemeriksaan akurat dan konsisten.
- f. Hasil pemeriksaan harus presisi, akurasi, sensitivitas dan spesifisitas yang tinggi (CLSI), 2012)

D. Jurnal Praktikum/laporan sementara

Judul :
Tujuan :
Prinsip

Spesimen : Pemeriksaan
Alat dan Bahan :
Langkah Kerja :
Hasil : Data pasien
Kesimpulan :



Jakarta,

20...

Pembimbing

Praktikan

() ()

KEGIATAN BELAJAR 2

LIPASE

PENDAHULUAN

Pemeriksaan lipase merupakan langkah penting dalam diagnosis gangguan pankreas, terutama pankreatitis. Serum lipase telah diakui sebagai biomarker yang lebih spesifik dan sensitif dibandingkan amilase dalam mendeteksi pankreatitis akut (Treacy et al., 2001), kadar serum lipase biasanya lebih tinggi dan tetap meningkat lebih lama setelah serangan pankreatitis dibandingkan dengan amilase. Hal ini didukung pula oleh panduan yang merekomendasikan penggunaan lipase sebagai pengujian utama untuk mendiagnosis kondisi ini (Gomez et al., 2012; Hofmeyr et al., 2014).

Berbagai studi menunjukkan bahwa peningkatan kadar lipase dalam serum dapat terjadi dalam berbagai kondisi, termasuk pankreatitis akut dan kronis, kolesistitis, serta obstruksi usus, sehingga penyaringan yang teliti diperlukan untuk menginterpretasikan hasil (Griffith et al., 2018) (Griffith et al., 2018). Selain itu, faktor-faktor lain seperti fungsi ginjal dapat mempengaruhi interpretasi hasil pemeriksaan lipase. (Kitterer et al., 2015) menemukan bahwa kadar lipase dapat meningkat pada kondisi gangguan ginjal, meskipun tidak ada pankreatitis yang mendasarinya.

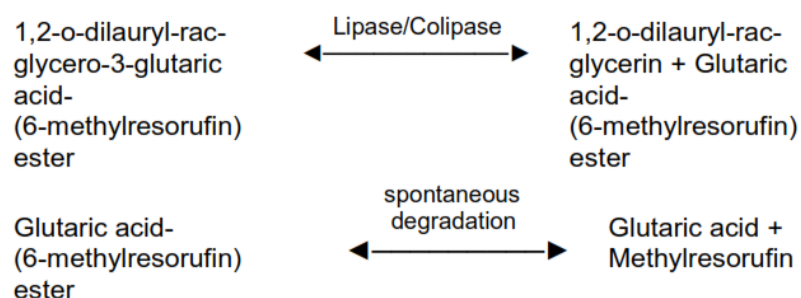
Kekhawatiran tentang penggunaan metode analisis yang tepat juga diangkat, karena kurangnya metode yang dapat diandalkan dalam beberapa laboratorium dapat mempengaruhi keputusan klinis. Penelitian oleh (Alyahya et al., 2023) menunjukkan bahwa penggunaan kedua tes, lipase dan amilase, secara bersamaan telah direkomendasikan untuk meningkatkan akurasi diagnosis (Alyahya et al., 2023; Ritter et al., 2019).

Dalam praktik klinis, sangat penting untuk mempertimbangkan lipase sebagai alat yang lebih andal dan spesifik dalam diagnosis pankreatitis, mendukung keputusan dan pengelolaan pasien yang lebih tepat waktu dan efektif (Alyahya et al., 2023; Gomez et al., 2012).

A. Pra Analitik

1. Tujuan Pemeriksaan
 - a. Untuk mengidentifikasi adanya kelainan pada organ pankreas.
 - b. Memantau prognosis atau perkemabangan penyakit dan terjadinya komplikasi.
2. Metode : Uji warna enzimatik
3. Prinsip :

Substrat lipase yang dibuat secara sintesis (1,2-o-dilauryl-rac-glisero-3-asam glutaric-(6-metilresorufin)ester) ditambahkan pada emulsi-mikro yang secara spesifik telah dipotong oleh lipase dengan kehadiran kolipase dan asam empedu. Kombinasi lipase dan asam empedu membuat rekasi ini spesifik dan reliabel untuk lipase pancreas tanpa adanya rekasi yang berhubungan dengan enzim lipolitik dan esterase. Komposisi reagen telah di optimalkan untuk mencegah efek serum matriks. Metilresorufin ester yang dihasilkan akan secara spontan mengurangi metilresorufin. Absorbansi yang dihasilkan oleh pewarna merah berbanding lurus dengan aktivitas lipase dalam sample.



Gambar 9. Reaksi Skema Lipase

4. Jenis dan Kriteria spesimen / Syarat sampel :

Serum atau plasma EDTA sebanyak 1 – 2 ml dan syaratnya tidak hemolisis, tidak lipemik berat dan tidak ikterik berat (umumnya sampel stabil selama 7 hari pada suhu 4 - 8°C (kulkas), bertahan hingga 1 tahun pada suhu -20°C).

5. Alat dan Bahan

- a. Alat flebotomi (Torniket, alkohol swab, plester, jarum, holder tabung Vakum serum tutup merah atau kuning / tabung EDTA).
- b. Centrifuge (Sentrifus).
- c. Photometer atau alat *Clinical Chemistry Analyzer* (pengukuran absorbansi pada 340nm).
- d. Reagen Lipase.
- e. Bahan kontrol.
- f. Mikropipet.
- g. Bahan habis pakai : (microtube/tabung reaksi, white tip, yellow tip dan blue tip) dan tissue.

B. Analitik

1. Prosedur Kerja

- a. Sampel serum atau plasma yang sudah dipisahkan dari sel darah yang sudah siap.
- b. Reagen kit amilase yang sudah disiapkan.
- c. Pipetlah volume aquades 20 µl dimasukkan ke kuvet / tabung serologis pertama dan 20 µl serum/plasma dimasukkan ke kuvet / tabung serologis kedua.
- d. Tambahkan 1000 µl reagen 1 dalam masing-masing tabung. Kemudian inkubasi suhu 37 °C selama 1-5 menit.
- e. Tambahkan reagen 2 sebanyak 250 µl kemudian inkubasikan selama 2 menit
- f. Baca pada alat photometer, waktu pengukuran (Measuring time) umumnya sekitar 60-600 detik (1-10 menit) selama periode ini, photometer secara terus menerus memantau perubahan absorbansi pada 340 nm. Data absorbansi dikumpulkan secara kinetik (perubahan absorbansi per unit waktu). Inkubasilah selama 2 menit. Baca pada alat photometer, waktu pengukuran (Measuring time) umumnya sekitar 60-600 detik (1-10 menit) selama periode ini, photometer secara terus menerus memantau perubahan absorbansi pada 340 nm. Data absorbansi dikumpulkan secara kinetik (perubahan absorbansi per unit waktu)

2. Nilai Normal :

- a. < 60 U/L (nilai rujukan mengikuti petunjuk masing-masing laboratorium/referensi yang berlaku).
- b. Perhitungan

$$\text{Lipase (U/L)} = \frac{\Delta A/\text{sample}}{\Delta A/\text{minCal}} \times \text{onc. Cal (U/L)}$$

Linearitas tergantung pada alat dan reagen yang digunakan, jika hasil pemeriksaan mencapai 300 U/L atau lebih maka perlu dilakukan pengenceran (dilusi) dengan menambahkan 1 bagian sampel + 1 bagian larutan NaCl (9 g/L) dan hasil yang diperoleh dikalikan 2.

3. Faktor intervensi

Asam askorbat; Bilirubin terkonjugasi dan tidak terkonjugasi; Hemoglobin; Lipemik; N-asetilsistein (NAC)

C. Post Analitik

1. Pelaporan hasil

Setelah pemeriksaan parameter lipase selesai, hasil akan dilaporkan langkah penting yang harus dilakukan dengan cermat dan akurat memastikan klinisi mendapatkan informasi yang benar untuk mengambil keputusan klinis, dengan langkah :

a. Identitas pasien :

Nama pasien, umur, jenis kelamin, dokter yang merawat dan tanggal pemeriksaan.

b. Validasi hasil :

Pastikan Hasil kontrol (QC) kualitas harian berada pada rentang yang diterima, jika tidak hasil pasien tidak boleh dilaporkan dan pemeriksaan diulang (melihat riwayat klinis pasien dan melihat trend atau perubahan yang signifikan).

c. Pelaporan Nilai Kritis

Jika dijumpai hasil lipase yang sangat tinggi dan mencapai nilai kritis (nilai yang mengancam jiwa, dan memerlukan tindakan medis segera) dengan prosedur yang ditetapkan.

2. Sumber Kesalahan Hasil

Secara umum sumber kesalahan pada

a. Pre Analitik : koleksi sampel darah tidak tepat, penyimpanan sampel darah yang tidak tepat dan penggunaan antikoagulan yang tepat.

b. Analitik : Kalibrasi instrumen yang kurang tepat, penggunaan reagen yang tidak tepat dan kesalahan dalam proses analisis.

c. Post Analitik : Interpretasi hasil yang tidak sesuai dan kesalahan dalam pelaporan hasil.

Secara Khusus sumber kesalahan pemeriksaan lipase adalah konsumsi vitamin c, peningkatan kadar bilirubin dan sampel hemolitik dan N-asetilsistein (NAC) dapat meningkatkan nilai lipase.

3. Jaminan mutu Pemeriksaan

- a. Pastikan sampel benar.
- b. Reagen yang digunakan memiliki kadaluarsa yang berlaku dan sesuai dengan instrumen.
- c. Instrumen dalam keadaan baik dan memastikan kinerja instrumen optimal.
- d. Personil laboratorium yang mempunyai pelatihan dan sudah berpengalaman, memahami prosedur pemeriksaan dan dapat melakukan kontrol kualitas yang benar.
- e. Melakukan QC internal (eksternal) memastikan hasil pemeriksaan akurat dan konsisten.
- f. Hasil pemeriksaan harus presisi, akurasi, sensitivitas dan spesifisitas yang tinggi (Clinical and Laboratory Standards Institute (CLSI) 2012).

D. Jurnal Praktikum/laporan sementara

Judul	:	
Tujuan	:	
Prinsip	:	
Spesimen Pemeriksaan	:	
Alat dan Bahan	:	

Langkah Kerja	:
Hasil	: Data pasien
Kesimpulan	:

Jakarta,

20...

Pembimbing

Praktikan

() ()



EVALUASI

A. Tugas

Mahasiswa membuat ringkasan sebagai berikut :

1. Menjabarkan tentang pemeriksaan gangguan pankreas
2. Menjelaskan tentang jenis-jenis gangguan pankreas
3. Metode pemeriksaan dan arti klinis pemeriksaan gangguan pancreas

B. Tes

Soal

1. Seorang pasien laki-laki berusia 45 tahun datang ke UGD dengan keluhan nyeri hebat pada perut bagian atas yang menjalar ke punggung, mual, muntah, dan demam. Riwayat konsumsi alkohol berat diketahui. Dari pemeriksaan fisik, ditemukan nyeri tekan pada epigastrium. Dokter mencurigai adanya pankreatitis akut. Pemeriksaan laboratorium awal yang paling tepat untuk mengkonfirmasi diagnosis pankreatitis akut adalah pengukuran kadar.
 - a. Alanine Aminotransferase (ALT) dan Aspartate Aminotransferase (AST)
 - b. Kreatinin dan Urea Nitrogen Darah (BUN)
 - c. Amilase dan Lipase serum

- d. Glukosa darah puasa dan HbA1c
 - e. C-reactive protein (CRP) dan Laju Endap Darah (LED)
2. Seorang wanita berusia 60 tahun dengan riwayat diabetes mellitus tipe 2 yang tidak terkontrol dan penurunan berat badan yang tidak disengaja dalam 6 bulan terakhir. Ia juga melaporkan feses berwarna pucat (steatorrhea) dan sering kembung setelah makan makanan berlemak. Dokter mencurigai adanya insufisiensi pankreas eksokrin.
- a. Amilase serum
 - b. Lipase serum
 - c. Elastase feses
 - d. Bilirubin total dan direk
 - e. C-peptide
3. Seorang pasien anak berusia 8 tahun didiagnosis dengan Fibrosis Kistik. Orang tua melaporkan bahwa anak sering mengalami diare kronis, pertumbuhan terhambat meskipun nafsu makan baik, dan feses berminyak. Dokter ingin memastikan sejauh mana pankreas anak tersebut terpengaruh. Selain pemeriksaan klinis, metode diagnostik non-invasif yang paling membantu untuk menilai fungsi pankreas eksokrin pada anak dengan Fibrosis Kistik adalah...
- a. Tes toleransi glukosa oral (TTGO)
 - b. USG abdomen
 - c. Tes stimulasi sekretin
 - d. Analisis lemak feses 72 jam
 - e. MRI pankreas
4. Seorang pasien laki-laki berusia 55 tahun dengan riwayat pankreatitis kronis datang untuk evaluasi rutin. Ia masih sering mengalami nyeri perut, namun intensitasnya tidak seberat saat akut. Dokter ingin memantau kondisi pankreasnya dan mencari tanda-tanda komplikasi. Pemeriksaan pencitraan yang paling sensitif untuk mendeteksi perubahan morfologi pankreas, seperti kalsifikasi atau dilatasi duktus pankreatikus pada pankreatitis kronis, adalah...
- a. X-ray abdomen polos
 - b. USG abdomen
 - c. CT Scan abdomen dengan kontras
 - d. Endoscopic Ultrasound (EUS)
 - e. Magnetic Resonance Cholangiopancreatography (MRCP)
5. Seorang pasien wanita berusia 70 tahun datang dengan ikterus (kuning) yang progresif, penurunan berat badan, dan nyeri samar di perut bagian atas. Pemeriksaan fisik

menunjukkan pembesaran kandung empedu yang tidak nyeri (Courvoisier's sign). Dokter mencurigai adanya keganasan pada kepala pankreas. Penanda tumor (tumor marker) yang paling sering digunakan untuk membantu diagnosis dan pemantauan kanker pankreas adalah...

- a. Alpha-fetoprotein (AFP)
- b. Carcinoembryonic Antigen (CEA)
- c. CA 19-9
- d. Prostate-Specific Antigen (PSA)
- e. Beta-human chorionic gonadotropin (beta-hCG)

Kunci Jawaban :

1. C
2. C
3. D
4. E
5. C

C. Penilaian (Kognitif, Psikomotor, Afektif)

1. Kognitif 25 %
2. Psikomotor 60 %
3. Afektif 15 %



DAFTAR PUSTAKA

- Alyahya, B., Alalshaikh, A., Altaweel, A., Alsaleh, G., Alsaeed, A., Somily, H., Alotaibi, T., Alaqeel, M., Mehli, A. Al, Abuguyan, F., Altuwajiri, F., & Aseri, Z. Al. (2023). The Prevalence of Simultaneously Ordering Amylase and Lipase for Diagnosing Pancreatitis. *Emergency Medicine International*. <https://doi.org/10.1155/2023/3988278>
- Ateia HME, Ahmed SMA, A. S. & R. S. (2025). Pancreas: Anatomy, Histology and Physiology. *Zagazig University Medical Journal*, 31(1), 70–75.
- Ciara, W. (2023). Understanding Pancreas Anatomy : Structure and Function. *Pancreatic Disorders & Theraphy*, 13(5), 1–2.
- Clinical and Laboratory Standards Institute (CLSI). (2012). *CLSI document Evaluation of Detection Capability for Clinical Laboratory Measurement Procedures; Approved Guideline*.

- Gomez, D., Addison, A., Rosa, A., Brooks, A., & Cameron, I. C. (2012). Retrospective Study of Patients With Acute Pancreatitis: Is Serum Amylase Still Required? *BMJ Open*. <https://doi.org/10.1136/bmjopen-2012-001471>
- Griffith, D., Hanna, T., Wong, K., Reece-Smith, A. M., Aroori, S., Bowles, M., Stell, D., & Briggs, C. (2018). Comparison of Lipase and Amylase for Diagnosing Post-operative Pancreatic Fistulae. *Anz Journal of Surgery*. <https://doi.org/10.1111/ans.14266>
- Hall, J. E., & Guyton, A. C. (2019). Guyton dan Hall Buku Ajar Fisiologi Kedokteran 13th Edition. *Egc*, 12, 898–900.
- Hofmeyr, S., Meyer, C., & Warren, B. (2014). Serum Lipase Should Be the Laboratory Test of Choice for Suspected Acute Pancreatitis. *South African Journal of Surgery*. <https://doi.org/10.7196/sajs.2003>
- Kitterer, D., Artunç, F., Segerer, S., Alscher, M. D., Braun, N., & Latus, J. (2015). Evaluation of Lipase Levels in Patients With Nephropathia Epidemica - No Evidence for Acute Pancreatitis. *BMC Infectious Diseases*. <https://doi.org/10.1186/s12879-015-1031-8>
- National Institute of Diabetes and Digestive and Kidney Diseases. (2025). *Diagnosis of Pancreatitis*. www.niddk.nih.gov/health-information/digestive-diseases/pancreatitis/diagnosis
- Ritter, J., Ghirimoldi, F., Manuel, L., Moffett, E., Novicki, T. J., McClay, J. C., Shireman, P. K., & Brimhall, B. B. (2019). Cost of Unnecessary Amylase and Lipase Testing at Multiple Academic Health Systems. *American Journal of Clinical Pathology*. <https://doi.org/10.1093/ajcp/aqz170>
- Treacy, J., Williams, A., Bais, R., Willson, K., Worthley, C. S., Reece, J., Bessell, J. R., & Thomas, D. L. (2001). Evaluation of Amylase and Lipase in the Diagnosis of Acute Pancreatitis. *Anz Journal of Surgery*. <https://doi.org/10.1046/j.1445-2197.2001.02220.x>



MODUL 4 PEMERIKSAAN GANGGUAN JANTUNG

PENDAHULUAN

Secara Patofisiologi, sebagian besar Sindrom Koroner Akut (SKA) merupakan manifestasi akut dari plak ateroma pembuluh darah koroner yang bisa mengalami ruptur atau pecah akibat perubahan komposisi plak dan penipisan *fibrous cap* yang menutupi plak tersebut. Kejadian ini diikuti dengan proses agregasi trombosit dan aktivasi jalur koagulasi sehingga terbentuk trombus yang kaya trombosit (*white thrombus*). Trombus ini akan menyumbat lumen pembuluh darah koroner, baik secara total maupun parsial, atau menjadi mikroemboli yang menyumbat pembuluh koroner yang menyebabkan vasokonstriksi sehingga memperberat gangguan aliran darah koroner. Berkurangnya aliran darah koroner menyebabkan iskemia miokardium. Pasukan oksigen yang berhenti selama kurang lebih 20 menit menyebabkan miokardium mengalami nekrosis (infark miokard/IM) (Miftah Amarullah, 2021).



Gambar 10. Infark Miokard/IM tipe 1
(<https://images.app.goo.gl/E7W4k28pdrC5vEae9>)

Infark miokard tidak selalu karena oklusi total pembuluh darah koroner. Obstruksi subtotal yang disertai vasokonstriksi yang dinamis bisa juga menyebabkan terjadinya iskemia dan nekrosis jaringan otot jantung. Selain nekrosis, iskemia bisa menyebabkan gangguan kontraktilitas miokardium juga, karena proses hibernating dan *stunning* (setelah iskemia hilang), serta distritmia dan remodeling ventrikel (pembuluh bentuk, ukuran dan fungsi ventrikel).

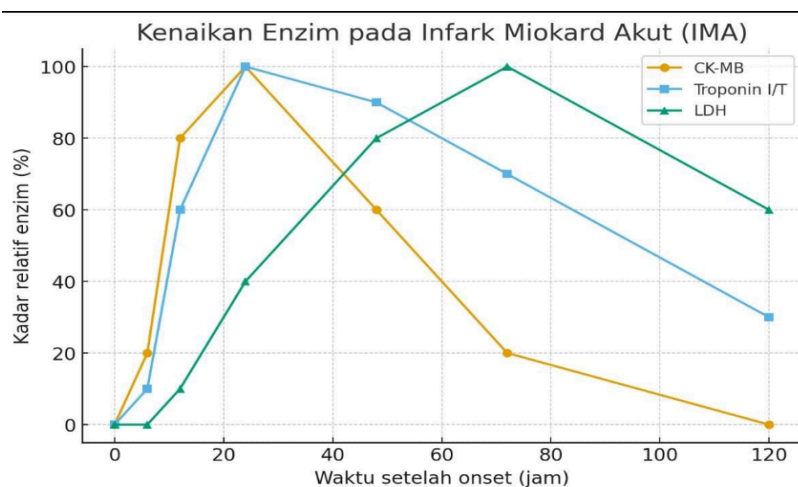
Diagnosis gangguan jantung seringkali memerlukan kombinasi pemeriksaan laboratorium untuk mendapatkan gambaran yang lengkap tentang kondisi jantung dan pembuluh darah. Beberapa pemeriksaan utama yang sering dilakukan adalah parameter: CK, CKMB, LDH, Troponi I atau High-Sensitivity Troponin (WHO, 2020).

Pemeriksaan CK (Creatine Kinase) adalah tes laboratorium yang digunakan untuk mengukur kadar enzim creatin kinase dalam darah. Enzim ini ditemukan dalam jaringan otot dan jantung (Hall & Guyton, 2019). Pemeriksaan CK-MB (Creatine Kinase-MB) adalah tes laboratorium yang digunakan untuk mengukur kadar enzim creatin kinase-MB dalam darah. Enzim ini ditemukan dalam jaringan otot jantung dan merupakan indikator kerusakan pada jantung. Kondisi yang meningkatkan kadar CK-MB adalah infark jantung (serangan jantung, Kerusakan jantung akibat trauma dan miokarditis (peradangan jantung) (Price SA, 2005).

Pemeriksaan LDH (Laktat Dehidrogenase) adalah tes laboratorium yang digunakan untuk mengukur kadar enzim LDH dalam darah. Enzim ini ditemukan dalam berbagai jaringan tubuh, termasuk jantung, hati, dan otot. Beberapa kondisi yang menyebabkan meningkatnya kadar LDH pada infark miokard (serangan jantung), kerusakan jantung akibat trauma, miokarditis (peradangan jantung dan penyakit hati dan otot (Hall & Guyton, 2019).

Pemeriksaan Troponin I adalah pemeriksaan laboratorium yang digunakan untuk mengukur kadar protein Troponin I dalam darah. Troponin I adalah protein yang ditemukan dalam jaringan otot jantung dan merupakan indikator kerusakan jantung. Kondisi yang meningkatkan kadar Troponin I adalah, infark miokard (serangan jantung), kerusakan jantung akibat trauma dan miokarditis (peradangan jantung). Kelebihan dari pemeriksaan Troponin I mempunyai sensitivitas tinggi untuk mendeteksi kerusakan jantung dan mempunyai spesifitas tinggi untuk membedakan antara kerusakan jantung dan kondisi lainnya (Thygesen et al., 2012)

Grafik. Pola Kenaikan Enzim pada Kondisi Infark Miokard Akut (IMA)



PENDAHULUAN

Creatine kinase (CK) adalah enzim kunci yang berperan dalam produksi dan pengaturan energi di tingkat seluler. CK berfungsi dengan mengkatalisasi reaksi fosforilasi kreatin menggunakan adenosin trifosfat (ATP) untuk membentuk fosfokreatin (PCr), yang merupakan sistem penyimpanan energi penting, terutama dalam sel otot dan neuron. Terdapat tiga isoform utama CK, yaitu CK-MM yang terdapat pada otot skeletal, CK-MB yang terutama ditemukan pada jantung, dan CK-BB yang dominan di otak (Venkataraman et al., 2009).

Peningkatan kadar CK dalam serum umumnya menunjukkan adanya kerusakan otot, baik akibat cedera, penyakit, maupun penggunaan obat tertentu. Misalnya, kondisi seperti miopati, hipotiroidisme, dan pengaruh obat-obatan seperti statin dapat menyebabkan elevasi kadar CK (Bokern et al., 2020).

Pemeriksaan kadar CK dalam serum sering digunakan sebagai biomarker untuk membantu diagnosis kondisi medis terkait otot dan jantung, di mana nilai CK yang signifikan dapat mengindikasikan kerusakan jaringan atau stres fisiologis (Patra et al., 2008). Selain itu, penelitian mengenai pengaruh faktor lingkungan dan metabolik terhadap aktivitas CK terus dilakukan, memberikan wawasan baru tentang perannya dalam berbagai kondisi patologis dan sebagai target terapeutik potensial (Wu et al., 2022).

PEMERIKSAAN

A. Pra Analitik

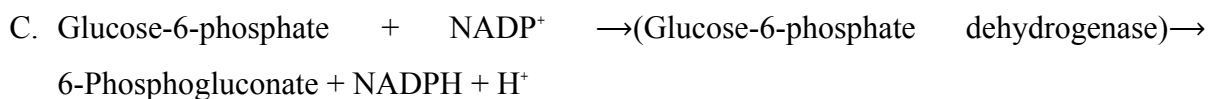
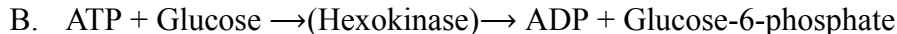
1. Tujuan Pemeriksaan

- a. Untuk mengidentifikasi adanya cedera, penyakit atau kondisi lain yang menyebabkan kerusakan pada otot-otot tubuh.
- b. Mengkonfirmasi dan memantau kondidi serius dimana otot rangka rusak serius dan mengevaluasi efektivitas pengobatan.

2. Metode : Metode Kinetik Spektrofotometri

3. Prinsip :

Enzim CK dalam sampel pasien mengkatalisis serangkaian reaksi berpasangan. Setiap reaksi menghasilkan produk yang menjadi substrat untuk reaksi berikutnya. Pada akhirnya reaksi menghasilkan NADPH, yang menyerap cahaya pada panjang gelombang 340nm. Peningkatan absorbansi pada 340 nm per unit waktu berbanding lurus dengan aktivitas CK dalam sampel. Reaksi Skema CK :



4. Jenis dan Kriteria spesimen / Syarat sampel :

Serum atau plasma EDTA sebanyak 1 – 2 ml dan syaratnya tidak hemolisis, tidak lipemik berat dan tidak ikterik berat (CK stabil dalam bentuk serum/plasma, umumnya sampel stabil suhu kamar \pm 8 jam (suhu 20-25°C), selama 4 - 7 hari pada suhu 2 - 8°C (kulkas), jika lebih dari satu minggu hingga sebulan di bekukan pada suhu -20°C.

5. Alat dan Bahan

- a. Alat flebotomi (Torniket, alkohol swab, plester, jarum, holder tabung Vakum serum tutup merah atau kuning / tabung EDTA).
- b. Centrifuge (Sentrifus).
- c. Photometer atau alat *Clinical Chemistry Analyzer* (pengukuran absorbansi pada 340nm).
- d. Reagen CK.
- e. Bahan kontrol.

- f. Mikropipet.
- g. Bahan habis pakai : (microtube/tabung reaksi, white tip, yellow tip dan blue tip) dan tissue.

B. Analitik

1. Prosedur Kerja

- a. Menyiapkan sampel serum atau plasma yang sudah dipisahkan dari sel darah
- b. Menyiapkan reagen kit CK yang sudah disediakan
- c. Pipetlah volume sampel 20 μl dimasukkan ke kuvet / tabung serologis / wadah reaksi pada *autoanalyzer*.
- d. Tambahkan reagen yang siap pakai 1000 μl ke dalam tabung tersebut.
- e. Inkubasi suhu 37 °C selama 5 menit (jika menggunakan alat *Clinical Chemistry Analyzer* pengukuran dilakukan didalam alat).
- f. Baca pada alat photometer, waktu pengukuran (Measuring time) umumnya sekitar 60-600 detik (1-10 menit) selama periode ini, photometer secara terus menerus memantau perubahan absorbansi pada 340 nm. Data absorbansi dikumpulkan secara kinetik (perubahan absorbansi per unit waktu).

2. Nilai Normal :

- a. Pria : 39 -308 U/L (tergantung sumber dan laboratorium).
- b. Wanita : 26-192 U/L (tergantung sumber dan laboratorium).

3. Nilai Kritis

- a. Beberapa laboratorium menetapkan nilai kritis CK total pada ≥ 500 U/L atau ≥ 6000 U/L, bahkan ada yang menetapkan ≥ 10.000 U/L. Rentang ini bisa sangat lebar karena CK total dapat meningkat signifikan pada kerusakan otot rangka yang parah.
- b. Salah satu sumber menyebutkan ≥ 200 U/L untuk pria dan ≥ 171 U/L untuk wanita sebagai nilai tinggi, tetapi belum tentu ini sebagai nilai kritis yang memerlukan pelaporan sebagai *Critical value*.

4. Perhitungan

$$\text{Aktivitas CK (U/L)} = \frac{\frac{\Delta A}{\text{menit}} \times \text{Volume Total reaksi (mL)}}{E \times \text{Volume Sample (mL)} \times \text{Path Length (cm)} \times \text{faktor Konversi (Jika Perlu)}}$$

$$\text{Aktivitas CK (U/L)} = \frac{\Delta A}{\text{menit}} \times \text{Faktor Kalibrasi (Factor)}$$

C. Post Analitik

1. Pelaporan hasil

Setelah pemeriksaan parameter CK selesai, hasil akan dilaporkan langkah penting yang harus dilakukan dengan cermat dan akurat memastikan klinisi mendapatkan informasi yang benar untuk mengambil keputusan klinis, dengan langkah :

a. Identitas pasien :

Nama pasien, umur, jenis kelamin, dokter yang merawat dan tanggal pemeriksaan.

b. Validasi hasil :

Pastikan Hasil kontrol (QC) kualitas harian berada pada rentang yang diterima, jika tidak hasil pasien tidak boleh dilaporkan dan pemeriksaan diulang (melihat riwayat klinis pasien dan melihat trend atau perubahan yang signifikan).

c. Pelaporan Nilai Kritis

Jika dijumpai hasil CK yang sangat tinggi dan mencapai nilai kritis (nilai yang mengancam jiwa, dan memerlukan tindakan medis segera) dengan prosedur yang di tetapkan.

2. Sumber Kesalahan Hasil

Secara Khusus sumber kesalahan pemeriksaan CK adalah aktifitas fidik yang berlebihan dapat meningkatkan nilai CK dan penggunaan obat-obatan tertentu yang dapat meningkatkan nilai CK. Secara umum sumber kesalahan pada :

- a. Pre Analitik : koleksi sampel darah tidak tepat, penyimpanan sampel darah yang tidak tepat dan penggunaan antikoagulan yang tepat.
- b. Analitik : Kalibrasi instrumen yang kurang tepat, penggunaan reagen yang tidak tepat dan kesalahan dalam proses analisis.
- c. Post Analitik : Interpretasi hasil yang tidak sesuai dan kesalahan dalam pelaporan hasil.

3. Jaminan mutu Pemeriksaan

- a. Pastikan sampel benar.
- b. Reagen yang digunakan memiliki kadaluarsa yang berlaku dan sesuai dengan instrumen.
- c. Instrumen dalam keadaan baik dan memastikan kinerja instrumen optimal.
- d. Personil laboratorium yang mempunyai pelatihan dan sudah berpengalaman, memahami prosedur pemeriksaan dan dapat melakukan kontrol kualitas yang benar.
- e. Melakukan QC internal (eksternal) memastikan hasil pemeriksaan akurat dan konsisten.
- f. Hasil pemeriksaan harus presisi, akurasi, sensitivitas dan spesifisitas yang tinggi (Clinical and Laboratory Standards Institute (CLSI) 2012).

D. Jurnal Praktikum/laporan sementara

Judul	:
Tujuan	:
Prinsip	:
Spesimen Pemeriksaan	:
Alat dan Bahan	:

Langkah Kerja	:	
Hasil	:	Data pasien
Kesimpulan	:	

Jakarta,

20...

Pembimbing

Praktikan

(

)

(

)

CREATINE KINASE MB (CK-MB)

PENDAHULUAN

Creatine kinase-MB (CK-MB) adalah isoenzim yang terutama ditemukan di otot jantung dan berfungsi sebagai biomarker penting dalam diagnosis serta manajemen infark miokard (myocardial infarction, MI). CK-MB merupakan salah satu dari tiga isoenzim kreatin kinase (CK), di mana dua lainnya adalah CK-MM (yang dominan di otot skeletal) dan CK-BB (yang biasanya terdapat di otak dan jaringan lainnya) (Liu et al., 2024). Dalam konteks medis, pengukuran kadar CK-MB sering dilakukan bersamaan dengan biomarker lain, seperti troponin, untuk meningkatkan akurasi diagnosis infark miokard, mengingat CK-MB dapat meningkat dalam waktu 4-6 jam setelah terjadinya kerusakan miokardial dan mencapai puncaknya dalam waktu 24 jam (Aydin et al., 2019).

Kadar CK-MB juga dapat digunakan untuk memantau re-infarction atau kompliansi pasca-intervensi koronari, karena levelnya biasanya kembali normal dalam waktu 2-4 hari setelah kejadian infark (Anwar et al., 2017; Carvalho & Rassi, 2016). Namun, pengukuran CK-MB tidak tanpa tantangan; terdapat potensi untuk hasil positif palsu yang dapat disebabkan oleh kondisi non-kardiovaskular, seperti beberapa jenis kanker yang dapat menyebabkan peningkatan kadar CK-MB (Ota et al., 2020). Dengan kemajuan teknologi diagnostik yang terus berkembang, pengujian CK-MB tetap menjadi komponen penting dalam pengelolaan pasien dengan dugaan sindrom koroner akut, sekaligus membantu dalam diferensiasi antara MI dan kondisi jantung lainnya (Trost & Soong, 2017).

PEMERIKSAAN

A. Pre Analitik

1. Tujuan pemeriksaan

Mengetahui hasil kadar CK-MB guna membantu mendiagnosis infark miokard (serangan jantung), memantau kondisi pasien dengan penyakit jantung dan mengevaluasi efektivitas pengobatan.

2. Metode

Metode kinetik yaitu mengukur aktivitas enzim CK-MB dalam serum darah dengan menggunakan substrat yang spesifik.

3. Prinsip

CK mengkatalisis perubahan kreatin fosfat + ADP menjadi kreatin ATP. ATP yang terbentuk bereaksi berantai hingga menghasilkan NADPH. Kenaikan NADPH diukur secara kontinu pada panjang gelombang 340 nm, dan laju kenaikan absorbansi sebanding dengan aktivitas CK-MB dalam sampel.

4. Jenis dan kriteria specimen/syarat sampel

Jenis sampel serum 2 ml, sampel darah diambil 4-6 jam setelah gejala infark miokard dari vena, sampel darah segar dan tidak kontaminasi. Sampel dikerjakan 30 menit dari pengambilan, stabil dalam suhu kamar 20-25°C selama 8 jam, jika ditunda disimpan pada suhu 2-8 °C dalam bentuk serum selama 2 jam (CLSI 2013).

5. Alat dan Bahan

- a. Alat flebotomi (Torniquet, alkohol swab, plester, jarum, holder tabung vakum serum tutup merah atau kuning dan APD).
- b. Centrifuge/sentifus.
- c. Photometer/spektrofotometer.
- d. Mikropipet.
- e. Tabung reaksi.
- f. Vortex.
- g. Sampel serum.
- h. Reagen CK-MB kinetik.

- i. Buffer dan antibodi CK-MB.
- j. Substrat dan Kontrol.
- k. Bahan habis pakai : (mikrotube/ tabung reaksi, white tip, yellow tip dan blue tip) dan tissue

B. Analitik

A. Prosedur kerja

- a. Pengambilan sampel darah vena dari probandus atau pasien
- b. Pemisahan serum darah dari sel darah menggunakan sentrifuge
- c. Pengenceran sampel serum darah 50 μ l dengan buffer untuk menghindari inhibisi reaksi
- d. Penambahan reagen CK-MB kinetik 1000 μ l ke dalam tabung reaksi/ cuvet
- e. Penambahan substrat 250 μ l ke dalam tabung reaksi/ cuvet
- f. Pemasangan tabung reaksi/ cuvet ke dalam alat photometer/ spektrofotometer
- g. Pengaturan panjang gelombang pada 340 nm
- h. Pengukuran absorbansi awal (AO) pada waktu 0 menit
- i. Pengukuran absorbansi setelah 5 menit (A5) pada waktu 5 menit
- j. Pengukuran dilakukan pada suhu 25-30 °C, pH 7,4-7,6 dengan waktu 5 menit

B. Nilai Normal

- a. Laki-laki : 0 – 5 U/L (unit per liter)
- b. Perempuan : 0 – 4 U/L (unit per liter)

Catatan : nilai batas atas 6-8U/L dan nilai batas bawah 0 U/L

C. Nilai Kritis

- Nilai kritis atas : ≥ 25 U/L (unit per liter) menunjukkan adanya kerusakan jantung yang signifikan, seperti infark miokard (serangan jantung).
- Nilai kritis bawah : ≤ 5 U/L (unit per liter) menunjukkan bahwa kadar CK-MB dalam kisaran normal.

D. Perhitungan

$$\text{Aktivitas CK (U/L)} = \frac{\Delta \text{Abs}/\text{menit} \times V_{\text{total}} \times 10^9}{\varepsilon \times l \times V_{\text{sampel}}}$$

Keterangan:

- $\Delta \text{Abs}/\text{menit}$ = perubahan absorbansi per menit
- V_{total} = volume total campuran reaksi (μL)
- V_{sampel} = volume serum sampel (μL)
- ε = molar absorptivitas NADPH = $6,22 \times 10^3 \text{ L} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{cm}^{-1}$ pada 340 nm
- l = panjang lintasan kuvet (biasanya 1 cm)

C. Post Analitik

1 Pelaporan hasil

Setelah pemeriksaan parameter CK-MB selesai, hasil akan dilaporkan, langkah penting yang harus dilakukan dengan cermat dan akurat memastikan klinisi mendapatkan informasi yang benar untuk mengambil keputusan klinis, dengan langkah :

a. Identitas pasien :

Nama pasien, umur, jenis kelamin, No RM, dokter yang merawat dan tanggal pemeriksaan.

b. Validasi hasil :

Pastikan Hasil kontrol (QC) kualitas harian berada pada rentang yang diterima, jika tidak, hasil pasien tidak boleh dilaporkan dan pemeriksaan diulang (melihat riwayat klinis pasien dan melihat trend atau perubahan yang signifikan).

c. Pelaporan Nilai Kritis

Jika dijumpai hasil CK-MB yang sangat tinggi dan mencapai nilai kritis (nilai yang mengancam jiwa, dan memerlukan tindakan medis segera) dengan prosedur yang ditetapkan.

2 Sumber kesalahan pemeriksaa

- a. Koleksi dan penyimpanan sampel yang kurang tepat.
- b. Analitik, kalibrasi instrumen dan penggunaan reagen yang tidak tepat juga kesalahan saat proses analisis
- c. Interpretasi hasil yang tidak tepat dan kesalahan saat pelaporan hasil.

3 Jaminan mutu pemeriksaan

- a. Pastikan sampel benar.

- b. Reagen yang digunakan memiliki kadaluarsa yang berlaku dan sesuai dengan instrumen.
- c. Instrumen dalam keadaan baik dan memastikan kinerja instrumen optimal.
- d. Personil laboratorium yang mempunyai pelatihan dan sudah berpengalaman, memahami prosedur pemeriksaan dan dapat melakukan kontrol kualitas yang benar.
- e. Melakukan QC internal (eksternal) memastikan hasil pemeriksaan akurat dan konsisten.
- f. Hasil pemeriksaan harus presisi, akurasi, sensitivitas dan spesifisitas yang tinggi (Clinical and Laboratory Standards Institute (CLSI 2012)).

D. Jurnal Praktikum/laporan sementara

Judul	:
Tujuan	:
Prinsip	:
Spesimen Pemeriksaan	:
Alat dan Bahan	:

Langkah Kerja :

Hasil : Data pasien

Kesimpulan :

Jakarta,

20...

Pembimbing

Praktikan

(

)

(

)

LAKTAT DEHIDROGENASE (LDH)

PENDAHULUAN

Laktat dehidrogenase (LDH) adalah enzim yang terkandung dalam hampir semua sel tubuh, yang terlibat dalam proses konversi laktat menjadi piruvat dan sebaliknya. LDH penting sebagai biomarker dalam berbagai keadaan klinis, karena kadar enzim ini dapat meningkat secara signifikan akibat kerusakan sel. Peningkatan LDH sering kali diamati pada kondisi yang menyebabkan hipoksia atau nekrosis seluler, seperti infark miokard, anemia hemolitik, dan berbagai penyakit hati (Hikmah et al., 2024).

Penelitian oleh (Kartika et al., 2019) menunjukkan bahwa kadar LDH berhubungan dengan derajat preeklampsia atau eklampsia, di mana peningkatan aktivitas LDH mencerminkan perubahan permeabilitas membran plasma pada sel-sel yang mengalami nekrosis. Selain itu, LDH diukur dalam konteks efek penuaan dan eksposur terhadap bahan berbahaya, termasuk senyawa dari asap rokok, yang dapat merusak sel dan meningkatkan kadar LDH sebagai respons terhadap kerusakan jaringan (Bahrin et al., 2019). Namun, hasil pengukuran LDH dapat terpengaruh oleh faktor-faktor eksternal, seperti hemolisis pada saat pengambilan sampel, yang dapat menghasilkan hasil yang tidak akurat (Kurniawan et al., 2018). Oleh karena itu, interpretasi kadar LDH dalam diagnosis dan pemantauan penyakit harus dilakukan dengan hati-hati, mempertimbangkan kemungkinan faktor pengganggu yang dapat memengaruhi level enzim ini.

PEMERIKSAAN

A. Pra Analitik

1. Tujuan pemeriksaan

Mengetahui hasil kadar LDH pada sampel guna membantu mendiagnosis kerusakan jantung, seperti infark miokard (serangan jantung), memantau kondisi dan mengevaluasi efektifitas pengobatan pasien.

2. Metode

Metode kinetik dengan mengukur aktivitas enzim LDH dalam serum darah dengan menggunakan substrat yang spesifik.

3. Prinsip

Pemeriksaan LDH menggunakan metode kinetik ini berdasarkan pada reaksi oksidasi-reduksi yang dikatalisis oleh enzim LDH, mengubah piruvat menjadi laktat dengan menggunakan NADH sebagai koenzim, dalam proses oksidasi-reduksi NADH diubah menjadi NAD⁺ dan melepaskan elektron (CLSI).

4. Jenis dan Kriteria Specimen

- a. Sampel menggunakan serum dari darah vena yang segar, tidak terkontaminasi.
- b. Volume yang dibutuhkan 2 ml.
- c. Sampel darah bisa diambil kapan saja, tetapi paling baik sebaiknya diambil pada pagi hari, dan segera dikerjakan.
- d. Jika disimpan pada suhu 2-8 °C, waktunya tidak lebih dari 2 jam setelah pengambilan.

5. Alat dan Bahan

- a. Satu set flebotomi (jarum, tabung vakum, holder, torniquet, swab alkohol, plester dan APD).
- b. Photometer atau Spektrofotometer.
- c. Tabung reaksi.
- d. Mikropipet.
- e. Vortex.
- f. Sentrifugasi.

- g. Inkubator.
- h. Sampel serum darah.
- i. Reagen LDH (NAD⁺piruvat, dan buffer) dan buffer pH 7,4.
- j. Reagen kontrol, aquadest.

B. Analitik

1. Prosedur kerja

- a. Ambil darah vena untuk sampel pada probandus/pasien.
- b. Pisahkan serum dari sel darah dengan cara di sentrifuge.
- c. Pipetlah 100 µL sampel serum darah ke dalam tabung reaksi.
- d. Tambahkan 1 ml (1000 µL) reagen LDH ke dalam tabung reaksi.
- e. Homogenkan / campurkan menggunakan vortex selama 10 menit.
- f. Inkubasi campuran tersebut pada suhu 25-30 °C selama 5 menit.
- g. Ukur absorbansi campuran tersebut/ baca pada panjang gelombang 340 nm menggunakan photometer / spektrofotometer.
- h. Hitung kadar aktivitas enzim LDH dengan menggunakan rumus yang sesuai.

2. Nilai Normal

- a. Laki-laki : 135-225 U/L (unit per liter)
- b. Wanita : 135-214 U/L (unit per liter)
- c. Pada anak-anak memiliki kadar LDH yang lebih tinggi dari pada orang dewasa. Nilai normal tergantung pada laboratorium menggunakan metode yang digunakan

3. Nilai Kritis

Jika hasil pemeriksaan LDH menunjukkan nilai diatas rentang normal, maka bisa menjadi indikasi adanya kerusakan pada jaringan tubuh, misalnya, cedera otot, serangan jantung, penyakit hati, penyakit ginjal ataupun paru-paru, tetapi yang harus diingat bahwa nilai LDH yang tinggi tidak selalu menunjukkan adanya penyakit serius, karena bisa dipengaruhi dari beberapa faktor, misalnya obat-obatan tertentu atau aktivitas yang berat. Dianggap nilai kritis jika nilai LDH diatas 500 U/L.

4. Perhitungan

Rumus perhitungan Aktivitas enzim LDH : Aktivitas LDH (U/L) = (ΔA / menit) x Faktor Konversi.

Keterangan :

a. ΔA = Perubahan absorbansi (A340nm) antara waktu awal dan waktu akhir reaksi

b. Menit = Waktu reaksi dalam menit.

c. Faktor Konversi = 1.000 - 2.000 (tergantung pada metode dan reagen yang digunakan). Contoh perhitungan :

a. $\Delta A = 0,1$ (A340 nm).

b. Menit = 5 menit.

c. Faktor Konversi = 1.500. Aktivitas LDH (U/L) = $(0,1 / 5) \times 1.500 = 30$ U/L

C. Jurnal Praktikum/laporan sementara

Judul	:
Tujuan	:
Prinsip	:

Spesimen Pemeriksaan	:
Alat dan Bahan	:
Langkah Kerja	:
Hasil	: Data pasien

Kesimpulan :

Jakarta,

20...

Pembimbing

Praktikan

(

)

(

)

PENDAHULUAN

Troponin I (TnI) adalah bagian integral dari kompleks troponin yang bertanggung jawab untuk regulasi kontraksi otot jantung dan menjadi biomarker utama dalam diagnosis kerusakan miokard, seperti infark miokard. TnI berfungsi sebagai subunit penghambat yang mencegah interaksi antara aktin dan myosin dalam sel otot, sehingga memainkan peranan penting dalam proses kontraksi dan relaksasi jantung (Afroza et al., 2018).

Peningkatan kadar troponin I dalam serum sering kali diindikasikan sebagai tanda adanya iskemia miokardial, di mana konversi energi dalam otot jantung terganggu akibat ketidakseimbangan antara suplai dan permintaan oksigen, misalnya, selama serangan jantung (Abbasi et al., 2020). Troponin I memiliki keunggulan dalam spesifisitas dan sensitivitas dibandingkan biomarker jantung lainnya, sehingga menjadi standar emas dalam mendiagnosis serta memantau perkembangan infark miokard (Fan et al., 2021).

Kadar TnI dapat meningkat dalam waktu 3-6 jam setelah terjadinya kerusakan, mencapai puncaknya dalam 12-24 jam, dan tetap tinggi selama 5-14 hari setelah kejadian, menjadikannya alat diagnostik yang berguna dalam setting klinis akut (Fan et al., 2021). Selain itu, penelitian menunjukkan bahwa penggunaan troponin I juga relevan dalam konteks infeksi COVID-19, di mana peningkatan kadar TnI dapat menandakan kerusakan jantung pada pasien (Abbasi et al., 2020; Uk et al., 2022).

PEMERIKSAAN

A. Pra Analitik

1. Tujuan Pemeriksaan

Mengetahui hasil kadar Troponin I pada sampel guna membantu mendiagnosis kerusakan jantung, seperti infark miokard (serangan jantung), memantau kondisi dan mengevaluasi efektifitas pengobatan pasien.

2. Metode

Metode Kinetik Enzim-Linked Immunosorbent Assay (ELISA), metode ini menggunakan antibodi yang terikat pada enzim untuk mendeteksi Troponin I. Reaksi enzimatik yang terjadi kemudian diukur secara kinetik.

3. Prinsip

Pada pemeriksaan Troponin I, antibodi monoklonal yang spesifik untuk Troponin I digunakan untuk mendeteksi keberadaan Troponin I dalam sampel darah, saat Troponin I ada dalam sampel, antibodi akan berikatan dengan Troponin I dan membentuk kompleks. Kemudian kompleks akan bereaksi dengan reagen yang dapat memancarkan sinyal, misal sinyal kimia atau sinyal optik. Sinyal yang dihasilkan akan terukur dan diinterpretasikan sebagai hasil pemeriksaan Troponin I.

4. Jenis dan kriteria specimen/ syarat sampel

- a. Pemeriksaan menggunakan sampel serum yang segar, dilakukan segera dalam waktu cepat setelah pengambilan, jika disimpan harus pada suhu 2-8°C dalam waktu 4-6 jam.
- b. Pasien tidak perlu persiapan khusus

5. Alat dan Bahan

- a. Satu set flebotomi (jarum, tabung vakum, holder, tourniquet, swab alkohol, plester dan APD).
- b. Centrifuge/sentrifius.
- c. Alat photometer/spektrofotometer atau Clinical Chemistry *Analyzer* (*Immunoassay Analyzer*).
- d. Cuvet/ tabung reaksi.
- e. Mikropipet.

- f. Kontrol dan kalibrator Troponin I.
- g. Reagen Kit Troponin I (antibodi, partikel magnetik/*beads* berlapis antibodi penangkap).
- h. Larutan pencuci dan buffer.
- i. Larutan aktivator/ substrat (untuk deteksi sinyal).

B. Analitik

1. Prosedur Kerja

- a. Ambil darah vena dan masukkan pada tabung vakum tutup merah/kuning (serum).
- b. Tunggulah darah beku dan lakukan sentrifugasi untuk memisahkan serum dan sel darah merah.
- c. Menggunakan tabung atau cuvet masukan serum 20 μL di tambahkan reagen 1 antibodi monoklonal 100 μL (reagen ini yang berisi monoklonal spesifik pada troponin I.
- d. Homogenkan dan inkubasi pada suhu 37 °C selama 10-15 menit.
- e. Tambahkan reagen 2 (pengukur) sebanyak 100 μL (reagen ini berisi enzim yang dapat mengubah substrat menjadi produk yang dapat diukur.
- f. Homogenkan lagi dan inkubasi - pada suhu 37°C selama 10-15 menit.
- g. Tambahkann reagen 3 (pengontrol) sebanyak 100 μL berisi kontrol positif dan negatif untuk memastikan keakuratan).
- h. Absorbansi atau intensitas sinyal diukur menggunakan spektrofotometer atau alat pengukur lainnya pada panjang gelombang 450-650 nm.
- i. Hasil pengukuran dianalisis untuk menentukan kadar Troponin I dalam sampel darah (Hasil pemeriksaan dilaporkan dalam bentuk nilai kadar Troponin I dalam ng/mL (nanogram per mililiter).
- j. Perlu diingat prosedur kerja sesuai kit yang digunakan.

2. Nilai Normal

Nilai normal pemeriksaan Troponin I : Kurang dari 0,1 ng/mL.

3. Nilai Kritis

Nilai kritis pada pemeriksaan Troponin I biasanya didefinisikan sebagai nilai yang melebihi batas normal :

- a. Nilai $> 0,1-0,2$ ng/mL (nanogram per mililiter) dianggap sebagai nilai kritis.

- b. Nilai $> 0,5-1,0$ ng/mL dianggap sebagai nilai yang sangat kritis (bervariasi tergantung intensi laboratorium dan Kit pemeriksaan).

4. Perhitungan

Metode

Kinetik

Rumus: $\Delta A/\Delta t = (A_2 - A_1) / (t_2 - t_1)$

Keterangan:

- a. $\Delta A/\Delta t$ = laju perubahan absorbansi per satuan waktu.
- b. A_1 dan A_2 = absorbansi pada waktu t_1 dan t_2 .
- c. t_1 dan t_2 = waktu pengukuran absorbansi (rumus bisa bervariasi sesuai institusi dan kit nya).

C. Post Analitik

1. Pelaporan Hasil

Setelah pemeriksaan parameter LDH selesai, hasil akan dilaporkan, langkah penting yang harus dilakukan dengan cermat dan akurat memastikan klinisi mendapatkan informasi yang benar untuk mengambil keputusan klinis, dengan langkah :

- a. Identitas pasien :

Nama pasien, umur, jenis kelamin, No RM dokter yang merawat dan tanggal pemeriksaan.

- b. Validasi hasil :

Pastikan Hasil kontrol (QC) kualitas harian berada pada rentang yang diterima, jika tidak hasil pasien tidak boleh dilaporkan dan pemeriksaan diulang (melihat riwayat klinis pasien dan melihat tren atau perubahan yang signifikan).

- c. Pelaporan Nilai Kritis

Jika dijumpai hasil LDH yang sangat tinggi dan mencapai nilai kritis (nilai yang mengancam jiwa, dan memerlukan tindakan medis segera) dengan prosedur yang ditetapkan.

2. Sumber Kesalahan Pemeriksaan

- a. Koleksi dan penyimpanan sampel yang kurang tepat.
- b. Analitik, kalibrasi instrumen dan penggunaan reagen yang tidak tepat juga kesalahan saat proses analisis.

c. Interpretasi hasil yang tidak tepat dan kesalahan saat pelaporan hasil.

3. Jaminan Mutu Pemeriksaan

- a. Pastikan sampel benar.
- b. Reagen yang digunakan memiliki kadaluarsa yang berlaku dan sesuai dengan instrumen.
- c. Instrumen dalam keadaan baik dan memastikan kinerja instrumen optimal.
- d. Personil laboratorium yang mempunyai pelatihan dan sudah berpengalaman, memahami prosedur pemeriksaan dan dapat melakukan kontrol kualitas yang benar.
- e. Melakukan QC internal (eksternal) memastikan hasil pemeriksaan akurat dan konsisten.
- f. Hasil pemeriksaan harus presisi, akurasi, sensitivitas dan spesifisitas yang tinggi (Clinical and Laboratory Standards Institute (CLSI) 2012).

D. Jurnal Praktikum/laporan sementara

Judul	:	
Tujuan	:	
Prinsip	:	
Spesimen Pemeriksaan	:	
Alat dan Bahan	:	

Langkah Kerja	:
Hasil	: Data pasien
Kesimpulan	:

Jakarta, 20...

Pembimbing

Praktikan

() ()



EVALUASI

A. Tugas

1. Jelaskan apa itu enzim Creatine Kinase (CK) secara umum dan dimana enzim tersebut ditemukan!
2. Sebutkan dua tujuan utama pemeriksaan CK total!
3. Jelaskan apa itu CK-MB dan kenapa isoenzim ini spesifik untuk otot jantung
4. Sebutkan dua isoenzim LDH yang paling relevan dengan kerusakan jantung dan eritrosit!
5. Jelaskan apa itu Troponin I dan kenapa biomarker ini dianggap paling spesifik untuk fungsi otot jantung!

B. Tes

1. Seorang pasien mengalami nyeri dada hebat dan dicurigai mengalami serangan jantung. Pemeriksaan biomarker jantung yang paling awal dan spesifik untuk mendeteksi kerusakan otot jantung dalam beberapa jam pertama setelah onset gejala adalah:
 - A. Laktat Dehidrogenase (LDH)
 - B. Kreatin Kinase (CK) Total
 - C. Aspartate Aminotransferase (AST)
 - D. Troponin I (cTnI)
 - E. Kreatin Kinase-MB (CK-MB)
2. Peningkatan kadar enzim Kreatin Kinase (CK) total yang sangat tinggi, terutama isoenzim CK-MM, dalam darah seorang pasien tanpa gejala nyeri dada atau riwayat penyakit jantung akut, paling mungkin mengindikasikan adanya:
 - A. Gagal jantung kongestif
 - B. Kerusakan otot rangka akibat trauma atau rhabdomyolysis

- C. Penyakit hati kronis
 - D. Infeksi saluran kemih
 - E. Anemia defisiensi besi
3. Meskipun bukan lagi penanda utama untuk diagnosis infark miokard akut karena kurang spesifik, enzim Laktat Dehidrogenase (LDH) masih dapat digunakan untuk membantu mendiagnosis Infark Miokard Akut yang terjadi beberapa hari sebelumnya karena pola peningkatannya yang:
- A. Sangat cepat setelah 1 jam
 - B. Maksimal dalam 6-12 jam
 - C. Bertahan lebih lama dalam darah (puncak 2-3 hari, normal dalam 10-14 hari)
 - D. Menurun secara drastis setelah 24 jam
 - E. Hanya meningkat jika ada kerusakan otot rangka
4. Seorang pasien datang ke IGD dengan keluhan nyeri dada yang baru dirasakan sekitar 2 jam yang lalu. Dokter meminta pemeriksaan Troponin I *high-sensitivity* (hs-TnI). Keunggulan utama penggunaan hs-TnI pada kasus ini, terutama dalam strategi *rule-out* (menyingkirkan diagnosis) Infark Miokard Akut (IMA), dibandingkan dengan Troponin I konvensional adalah:
- A. Hs-TnI memiliki stabilitas sampel yang jauh lebih lama pada suhu kamar.
 - B. Hs-TnI tidak dipengaruhi oleh adanya hemolisis pada sampel darah
 - C. Hs-TnI mampu mendeteksi peningkatan troponin pada kadar yang sangat rendah lebih awal, memungkinkan strategi *rule-out* yang cepat dalam hitungan jam.
 - D. Hs-TnI memerlukan persiapan puasa yang ketat sebelum pengambilan sampel.
 - E. Hs-TnI memberikan hasil kualitatif (positif/negatif) yang lebih mudah diinterpretasikan daripada kuantitatif.

Kunci Jawaban :

1. D
2. B
3. C
4. C

C. Penilaian (Kognitif, Psikomotor, Afektif)

- | | |
|---------------|------|
| 1. Kognitif | 25 % |
| 2. Psikomotor | 60 % |
| 3. Afektif | 15 % |



DAFTAR PUSTAKA

- Abbasi, B. Al, Torres, P. I., Ramos-Tuarez, F., Dewaswala, N., Abdallah, A., Chen, K., Qader, M. A., Job, R., Aboulain, S., Dziadkowiec, K. N., Bhopalwala, H., Pino, J., & Chait, R. D. (2020). Cardiac Troponin-I and COVID-19: A Prognostic Tool for in-Hospital Mortality. *Cardiology Research*. <https://doi.org/10.14740/cr1159>
- Afroza, S., Begum, M., Chowdhury, I. H., & Hossain, M. M. (2018). Troponin I, a Biomarker of Diagnosis of SIRS, Sepsis and Septic Shock. *Journal of the Bangladesh Society of Anaesthesiologists*. <https://doi.org/10.3329/jbsa.v31i1.66252>
- Anwar, A., Faisal, R., & Sharif, A. (2017). Creatine Kinase-Mb; Comparison of Creatine Kinase-Mb in Male and Female Acute Myocardial Infarct Patients Before and After the Treatment. *The Professional Medical Journal*. <https://doi.org/10.17957/tpmj/17.3821>
- Aydın, S., Uğur, K., Aydın, S., Şahin, İ., & Yardım, M. (2019). Biomarkers in Acute Myocardial Infarction: Current Perspectives. *Vascular Health and Risk Management*. <https://doi.org/10.2147/vhrm.s166157>
- Bahrin, M., Mamada, S. S., Lallo, S., & Sumarheni, S. (2019). PENGARUH PEMBERIAN EKSTRAK TEMU PUTIH (*Curcuma Zedoaria* (Berg.) Roscoe) TERHADAP KADAR ENZIM LDH TIKUS PUTIH (*Rattus Norvegicus*) YANG DIINDUKSI ASAP ROKOK. *Majalah Farmasi Dan Farmakologi*. <https://doi.org/10.20956/mff.v23i2.8324>
- Bokern, H., Jonker, N., & Cohen, D. (2020). Creatine Kinase Elevation and Discontinuation of Clozapine: Fear-Driven Clinical Practice in a Forensic Case With Treatment-Resistant Schizophrenia and Persistent Violent Behaviour. *Bjpsych Open*. <https://doi.org/10.1192/bjo.2020.134>
- Carvalho, G., & Rassi, S. (2016). The Prognostic Value of CK-MB in Acute Myocardial Infarction in Developing Countries: A Descriptive Study. *Angiology Open Access*. <https://doi.org/10.4172/2329-9495.1000183>
- Fan, J., Hammonds, K., Izekor, B., Jones, C., McGrade, P., Michel, J. B., & Widmer, R. J. (2021). Association of Maximum Troponin Levels With Diagnosis of Acute Myocardial Infarction and Elevated Risk of Mortality. *Ochsner Journal*.

<https://doi.org/10.31486/toj.20.0135>

Hall, J. E., & Guyton, A. C. (2019). Guyton dan Hall Buku Ajar Fisiologi Kedokteran 13th Edition.

Egc, 12, 898–900.

Hikmah, N., Irawiraman, H., & Kesuma, S. (2024). Gambaran Hasil Pemeriksaan Laktat Dehidrogenase (Ldh) Berdasarkan Level Hemolisis. *Jurnal Medika Malahayati*. <https://doi.org/10.33024/jmm.v8i1.13369>

Kartika, T., Adelin, P., & Amelia, R. (2019). Hubungan Kadar Laktat Dehidrogenase Dengan Derajat Preeklampsia-Eklampsia Di RSUP Dr.M.Djamil Padang Tahun 2017. *Health & Medical Journal*. <https://doi.org/10.33854/heme.v1i1.212>

Kurniawan, L. B., Nurulita, A., & Bahrin, U. (2018). Pneumatic Tube Terhadap Darah Rutin Dan Laktat Dehidrogenase. *Indonesian Journal of Clinical Pathology and Medical Laboratory*. <https://doi.org/10.24293/ijcpml.v21i2.1087>

Liu, Y., Tang, X., Ni, Y., Duan, L.-Z., & Jing, F.-J. (2024). Diagnostic Value of the Creatine Kinase-Mb/Creatine Kinase and Neutrophil/Lymphocyte Ratios in Acute Myocardial Infarction. *Journal of Cardiothoracic Surgery*. <https://doi.org/10.1186/s13019-024-02740-9>

MIFTAH AMARULLAH. (2021). *GAMBARAN KUALITAS HIDUP PADA PASIEN JANTUNG*

KORONER. Universitas Muhammadiyah Surakarta.

Ota, T., Hasegawa, Y., Murata, E., Tanaka, N., & Fukuoka, M. (2020). False-Positive Elevation of CK-MB Levels With Chest Pain in Lung Adenocarcinoma. *Case Reports in Oncology*. <https://doi.org/10.1159/000505724>

Patra, S., Bera, S., Roy, S. S., Ghoshal, S., Ray, S., Basu, A., Schlattner, U., Wallimann, T., & Ray,

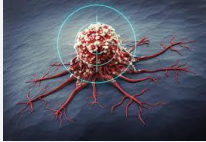
M. (2008). Progressive Decrease of Phosphocreatine, Creatine and Creatine Kinase in Skeletal Muscle Upon Transformation to Sarcoma. *Febs Journal*. <https://doi.org/10.1111/j.1742-4658.2008.06475.x>

Price SA, W. L. (2005). *Patofisiologi: Konsep Klinis Proses-proses Penyakit* (6th ed.). EGC.

Thygesen, K., Alpert, J. S., Jaffe, A. S., Simoons, M. L., Chaitman, B. R., White, H. D., Thygesen,

K., Alpert, J. S., White, H. D., Jaffe, A. S., Katus, H. A., Apple, F. S., Lindahl, B., Morrow,

- D. A., Chaitman, B. A., Clemmensen, P. M., Johanson, P., Hod, H., Underwood, R., ... Mendis, S. (2012). Third universal definition of myocardial infarction. *European Heart Journal*, 33(20), 2551–2567. <https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehs184>
- Trost, J. C., & Soong, C. (2017). Cardiac Biomarkers—Are We Testing Wisely? *Journal of Hospital Medicine*. <https://doi.org/10.12788/jhm.2851>
- Uk, P., Paul, D., Paul, U. K., Dey, B., Datta, P., & Khan, M. S. (2022). Prevalence of Elevated Troponin- I Among Hospitalized Patients With COVID- 19. *The Journal of Sylhet Women's Medical College*. <https://doi.org/10.47648/jswmc2022v12-02-47>
- Venkataraman, P., Krishnamoorthy, G., Selvakumar, K., & Arunakaran, J. (2009). Oxidative Stress Alters Creatine Kinase System in Serum and Brain Regions of Polychlorinated Biphenyl (Aroclor 1254)-Exposed Rats: Protective Role of Melatonin. *Basic & Clinical Pharmacology & Toxicology*. <https://doi.org/10.1111/j.1742-7843.2009.00406.x>
- WHO. (2020). *Cardiac Disease*. <https://www.who.int/health-topics/cardiovascular-diseases>
- Wu, X., Zhou, L., Zhan, X., Wen, Y., Wang, X., Feng, X., Wang, N., Peng, F., & Wu, J. (2022). Creatine Kinase and Mortality in Peritoneal Dialysis. *Frontiers in Cardiovascular Medicine*. <https://doi.org/10.3389/fcvm.2022.855891>



MODUL 5

PEMERIKSAAN KELENJAR TIROID

PENDAHULUAN

Gangguan endokrin merupakan kondisi medis yang diakibatkan oleh disfungsi kelenjar endokrin, yang dapat menyebabkan efek yang signifikan pada berbagai sistem tubuh. Kelenjar tersebut, di antaranya adalah kelenjar tiroid, adrenal, pankreas, dan gonad, memainkan peran vital dalam regulasi metabolisme, pertumbuhan, pengaturan suasana hati, dan proses reproduksi. Di Indonesia, prevalensi gangguan endokrin menunjukkan peningkatan yang memprihatinkan, terutama pada kelompok usia tertentu, seperti remaja dan wanita usia reproduksi, yang paling rentan terhadap kondisi seperti sindrom ovarium polikistik (PCOS) dan gangguan tiroid. Sebagai contoh, PCOS, yang mempengaruhi hingga 13% wanita usia reproduksi, telah terkait dengan berbagai masalah metabolik, termasuk obesitas dan diabetes tipe 2 (Ayudhia & Rini, 2020; Irene, et al., 2020; Kurniawati et al., 2023).

Selain itu, penelitian tentang pasien thalassemia menunjukkan bahwa gangguan endokrin yang paling sering dijumpai adalah perawakan pendek, yang dihubungkan dengan gangguan pada kelenjar endokrin akibat kelebihan zat besi (Ayudhia & Rini, 2020; Purnamasari, 2023). Penelitian lain mengindikasikan bahwa pola makan berkontribusi terhadap terjadinya gangguan endokrin, seperti PCOS, dengan mengaitkan asupan nutrisi yang buruk dengan peningkatan risiko sindrom ini pada remaja (Irene, et al., 2020)

Pemahaman tentang diagnosis dan tatalaksana gangguan endokrin akan memerlukan kajian multidisipliner, mencakup pendekatan medis yang komprehensif serta interaksi antara ahli gizi, ahli kesehatan masyarakat, dan Endocrinologist (Putri et al., 2024; Soesanti, 2019). Untuk mencapai penanganan yang optimal terhadap gangguan endokrin, penting untuk meningkatkan kesadaran masyarakat mengenai pemeriksaan kesehatan rutin dan manajemen gaya hidup sehat yang berkontribusi terhadap keseimbangan (Mardiati & Maulina, 2019; Permatasari et al., 2025). Seiring dengan itu, ke depan, pendidikan masyarakat dan program pemeriksaan dini perlu

ditingkatkan guna mendeteksi gangguan endokrin pada tahap awal, sehingga penanganan dapat dilakukan lebih efektif dan berkesinambungan .

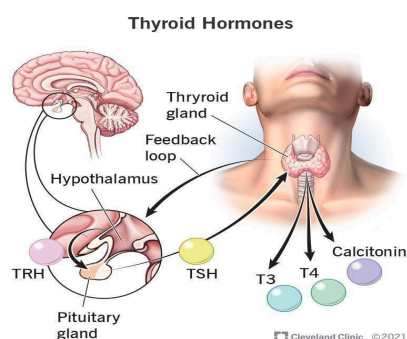
Hormon Tiroid

Hormon adalah zat kimia yang mengatur berbagai fungsi dalam tubuh dengan membawa pesan melalui darah ke organ, otot, dan jaringan lainnya. Sinyal ini memberitahu tubuh apa yang harus dilakukan dan kapan melakukannya. Hormon tiroid adalah hormon yang terutama bertanggung jawab untuk mengendalikan kecepatan metabolisme tubuh. Pada bayi, hormon tiroid sangat penting untuk perkembangan otak. Tiroid, kelenjar kecil berbentuk kupu-kupu yang terletak di bagian depan leher di bawah kulit, membuat dan melepaskan hormon tiroid (Cleveland Clinic, 2022).

Hormon tiroid sebenarnya merupakan gabungan dari dua hormon utama yang dilepaskan oleh kelenjar tiroid. tiroksin (T4) dan triiodotironin (T3). Keduanya sering disebut secara kolektif sebagai "hormon tiroid" karena T4 sebagian besar tidak aktif, artinya hormon ini tidak mempengaruhi sel-sel, sedangkan T3 aktif. Setelah tiroid melepaskan T4, organ-organ tertentu dalam tubuh mengubahnya menjadi T3 sehingga dapat mempengaruhi sel-sel dan metabolisme

Hormon utama yang diproduksi oleh kelenjar tiroid adalah tiroksin/ tetraiodotironin(T4) dan triiodotironin (T3). Hormon pelepas tirotropin (TRH) dari hipotalamus, hormon perangsang tiroid (TSH) dari kelenjar pituitari anterior, dan T4 bekerja dalam harmoni yang sinkron untuk mempertahankan mekanisme umpan balik dan homeostasis yang tepat. Hipotiroidisme, yang disebabkan oleh kelenjar tiroid yang kurang aktif, biasanya bermanifestasi sebagai bradikardia, intoleransi dingin, konstipasi, kelelahan, dan penambahan berat badan. Sebaliknya, hipertiroidisme yang disebabkan oleh peningkatan fungsi kelenjar tiroid bermanifestasi sebagai penurunan berat badan, intoleransi panas, diare, tremor halus, dan kelemahan otot.

Yodium merupakan elemen penting yang diserap di usus halus. Yodium merupakan komponen esensial dalam sintesis hormon T3 dan T4. Sumber yodium meliputi garam dapur beryodium, makanan laut, rumput laut, dan sayuran. Penurunan asupan yodium dapat menyebabkan defisiensi yodium dan penurunan sintesis hormon tiroid. Kekurangan yodium dapat menyebabkan kretinisme, gondok, koma miksedema, dan hipotiroidisme.



Gambar 12. Kelenjar Tiroid
Sumber : (Cleveland Clinic, 2022)

Fungsi Kelenjar Tiroid

Di bawah ini terdapat beberapa fungsi dari kelenjar tiroid pada tubuh manusia adalah sebagai berikut:

- a Memberi pengaruh pada pertumbuhan, perkembangan, dan diferensiasi jaringan yang ada di dalam tubuh.
- b Memberi pengaruh pada metode produksi panas, reaksi kimiawi di dalam sel, dan oksidasi di sel-sel yang ada tubuh.
- c Berpengaruh dalam mengubah tiroksin

Fungsi kelenjar tiroid lebih rinci ialah kelenjar tiroid dapat melindungi tingkat metabolisme di berbagai jaringan guna optimal, sehingga jaringan tersebut mampu berfungsi dengan normal. Hormon tiroid dapat memikat konsumsi O_2 di sebagian dari seluruh sel yang ada dalam tubuh, membantu menata metabolisme lemak serta karbohidrat, dan esensial guna dalam pertumbuhan serta kematangan secara normal (Fidianti, 2022).

Penyakit Kelainan Tiroid

Penyakit tiroid atau kelainan pada tiroid merupakan keadaan *abnormal* pada individu yang diakibatkan oleh terdapat gangguan yang terjadi pada kelenjar tiroid, baik berupa berubahnya bentuk atau peralihan fungsinya (Darmawan, 2019). Kelainan fungsi tiroid adalah salah satu gangguan pada endokrin yang banyak kerap kali ditemukan. Gangguan tiroid menurut kelainan fungsinya dibedakan menjadi 3 yaitu:

a. Hipotiroid

Hipotiroidisme timbul ketika kelenjar tiroid tidak bisa memproduksi atau mencukupi kebutuhan hormon tiroid pada tubuh. Hipotiroid merupakan gangguan fungsi tiroid yang paling sering ditemukan. Hipotiroid dapat dibedakan dengan 2 macam kondisi yaitu yang pertama adalah hipotiroid primer (*primary hypothyroidism*) merupakan suatu gangguan dari kelenjar tiroid yang menyebabkan produksi dari T4 dan T3 menurun serta umumnya diikuti dengan meningkatnya kadar TSH. Yang kedua hipotiroid sekunder/sentral terjadi karena disebabkan adanya gangguan pada hipofisis (*pituitary*) atau hipotalamus serta umumnya diikuti dengan kadar TSH yang rendah namun pada beberapa penderita didapatkan kadar TSH yang normal atau bahkan tinggi (Askandar Tjokprawiro, Poernomo Boedi Setiawan, Djoko Santoso, 2007).

Gejala-gejala Hipotiroid yaitu:

1. Hipoaktif (kurang aktif)
2. Edema (berat badan naik)
3. Obstipasi (kesulitan membuang air besar)
4. Kulit kering teraba dingin
5. Tidak berkeringat.

Kondisi yang bisa membuat seseorang lebih berisiko menderita hipertiroidisme, diantaranya:

- Berjenis kelamin wanita dan berusia di atas 60 tahun
- Memiliki anggota keluarga dengan riwayat penyakit tiroid
- Sedang hamil atau baru melahirkan dalam waktu 6 bulan terakhir
- Menderita penyakit autoimun lainnya, seperti diabetes tipe 1, penyakit celiac, atau *multiple sclerosis*
- Menderita gangguan bipolar, sindrom Down, atau sindrom Turner

b. Hipertiroid

Hipertiroidisme adalah kondisi kelenjar tiroid memproduksi hormon tiroid berlebih. Hipertiroidisme bisa diartikan sebagai respon pada jaringan tubuh terhadap pengaruh metabolik dampak dari meningkatnya hormon tiroid dengan besar. Kejadian yang sering terjadi ialah penyakit gondok eksoftalmik (*grave*). Pada penyakit gondok eksoftalmik, terdapat pembesaran tiroid dan hiperplastik secara difus serta menimbulkan penonjolan pada bola mata dengan kata lain eksoftalmus.

Apabila hormon tiroksin diproduksi secara berlebihan dan terjadi setelah usia dewasa, maka dapat mengakibatkan melambungnya metabolisme pada tubuh, denyut jantung yang meningkat, intoleransi terhadap panas, gugup, banyak berkeringat, diare, berat badan menurun (kurus), kelemahan pada otot, mudah lelah, susah tidur, tremor pada tangan serta cemas dan

kelainan psikis lainnya. Hipertiroidisme ini bisa diminimalisir dengan memberikan obat anti tiroid, dengan cara membagikan iodine radioaktif yang mampu menenyapkan sebagian dari sel-sel tiroid (Gibson J., 2002).

c. Eutiroid

Eutiroid adalah kondisi dimana fungsi dari kelenjar tiroid sedang dalam kondisi yang normal, Namun keadaan bentuk dari kelenjar tiroid yang mengalami kelainan seperti pembesaran kelenjar tiroid. Gejala yang muncul jika seseorang sakit, mengalami kekurangan gizi atau sudah melakukan operasi pembedahan, maka hormon T4 tidak diubah menjadi T3. Sebagian besar hormon T3 akan tertimbun dan dalam wujud tidak aktif. Walaupun T4 tidak diubah menjadi T3, namun kelenjar ini mampu bisa berfungsi serta dapat menjalankan metabolisme pada tubuh secara normal (dr. Anies, 2016).

Faktor Resiko Penyakit Tiroid

Beberapa faktor resiko yang menjadi faktor serta pemicu timbulnya penyakit pada tiroid, yaitu (Darmawan, 2019) : umur, jenis kelamin, genetik, merokok, stress, riwayat penyakit pada keluarga, zat kontras yang memiliki kandungan iodium, obat-obatan, lingkungan.

KEGIATAN BELAJAR 1

HORMON TIROID (T3)

PENDAHULUAN

Pemeriksaan hormon tiroid, khususnya triiodotironin (T3), memiliki peranan yang sangat penting dalam penilaian fungsi tiroid dan diagnosis berbagai kelainan tiroid. Hormon tiroid berfungsi mengatur metabolisme tubuh dan mempengaruhi hampir setiap jaringan di dalam tubuh. Triiodotironin (T3) dan tiroksin (T4) diproduksi oleh kelenjar tiroid, yang sekresinya diatur oleh hormon perangsang tiroid (TSH) yang diproduksi oleh kelenjar hipofisis (Mentary Sudibia, 2024; Mexitalia et al., 2016).

Pemeriksaan T3 penting untuk mendiagnosis keadaan hipotiroidisme dan hipertiroidisme. Hingga saat ini, hipertiroidisme umumnya ditandai dengan kadar T3 yang tinggi dan kadar TSH yang rendah, sedangkan hipotiroidisme menunjukkan keadaan (Sihombing et al., 2021; Srikandi, 2020). Sebagai contoh, dalam penelitian tentang hipertiroidisme, kadar T3 yang tinggi dihubungkan

dengan fungsionalitas tiroid yang meningkat dan bisa berdampak pada keadaan psikologis individu, seperti peningkatan kecemasan dan depresi (Sihombing et al., 2021). Selain itu, disfungsi tiroid dapat berkaitan dengan kondisi metabolik lainnya, seperti diabetes tipe 2, di mana penurunan kadar hormon tiroid dapat berkontribusi terhadap resistensi insulin (Gu et al., 2020).

Kondisi di mana kadar TSH yang tinggi pada beberapa pasien dapat menandakan adanya gangguan metabolisme, terutama pada individu dengan obesitas dan sindrom metabolik. Penelitian menunjukkan bahwa pasien dengan TSH > 2,5 mU/L berisiko lebih tinggi mengalami komponen sindrom metabolik, termasuk obesitas (Alkaç et al., 2014). Dalam konteks ini, pemeriksaan T3 dapat memberikan gambaran yang lebih jelas tentang status hormonal pasien dan membantu dalam menyusun rencana perawatan yang efisien.

Pada anak-anak, khususnya yang lahir prematur, analisis fungsi tiroid termasuk kadar T3 juga penting karena dapat mengindikasikan kerentanan terhadap penyakit tertentu, termasuk sepsis. Dalam studi yang dilakukan, kadar T3 yang rendah ditemukan pada anak-anak dengan sepsis, menunjukkan pentingnya pemantauan hormon tiroid dalam populasi rentan ini (Büyüktiryaki et al., 2018).

Dengan demikian, pemeriksaan hormon tiroid, termasuk T3, adalah kunci untuk memahami berbagai kondisi patologis, dari gangguan metabolik sampai penyakit yang lebih spesifik seperti hipotiroidisme dan hipertiroidisme, dengan pentingnya pemantauan berkelanjutan untuk pengelolaan yang optimal dan identifikasi dini komplikasi.

PEMERIKSAAN

A. Pra Analitik

1. Tujuan : Untuk mengetahui kadar Hormon Triiodotironin(T3) dalam darah
2. Metode : Elfa (*Enzyme-Linked Fluorescence Immunoassay*)
3. Prinsip :
 - a Prinsip uji menggabungkan dua immunoassay enzim metode kompetisi dengan deteksi neon akhir (Elfa).
 - b SPR berfungsi sebagai fase padat serta perangkat pipetting untuk uji. Reagents untuk pengujian tersebut siap untuk digunakan dan strip reagen dalam keadaan disegel.
 - c Semua langkah-langkah uji dilakukan secara otomatis oleh alat media reaksi berputar di dalam dan keluar dari SPR beberapa kali.
 - d Sampel dipipet dan dipindahkan ke dalam well yang berisi antigen berlabel T3 lalu dikonjugasi dengan alkaline phosphatase.
 - e Antigen yang terdapat pada sampel akan mengikat Antibodi anti T3 yang telah dilapisi pada bagian dalam SPR.
 - f Selama langkah deteksi terakhir. substrat (4-metil-umbelliferyl fosfatase) berputar di dalam dan keluar dari SPR. enzim konjugat mengkatalisis hidrolisis substrat membentuk fluoresensi (4 – methylumbelliferone) fluoresensi ini diukur pada panjang gelombang 450 nm. intensitas fluoresensi berbanding terbalik dengan konsentrasi antigen di dalam sampel dan hasil secara otomatis dihitung oleh instrument menggunakan kurva kalibrasi, kemudian dicetak.
4. Jenis dan
 - a. kriteria spesimen : Serum, Plasma heparin
 - b. Stabilitas sampel : Suhu : 2 – 8⁰c 48 jam
 - c. Reagen : Kit T3 Biomerieux
 - STR (Strips) T3
 - SPR (Solid Phase Receptacle) T3
 - Standar
 - Kontrol
5. Alat
 - a. Mikropipet
 - b. Yellow tips
 - c. Vidas PC

B. Analitik

1. Prosedur kerja:
 - a. Keluarkan reagen dari lemari pendingin, biarkan sampai mencapai suhu 25°C.
 - b. Siapkan 1 SPR dan 1 STR (Strips) T3.
 - c. Ke dalam well strip pipetkan 100 µL serum pasien.
 - d. Masukkan SPR dan STR (Strips) T3 tersebut ke dalam alat vidas
 - e. Lakukan running alat ±40 menit
 - f. Setelah pemeriksaan selesai, keluarkan dan buang SPR dan STR dari dalam alat.
 - g. Catat hasil pada print out ke kolom nilai pada blangko permintaan pemeriksaan
 - Catatan:

Untuk hasil yang melebihi batas ukur alat, pemeriksaan harus diulang karena hasil RFV sampel harus berbanding terbalik dengan konsentrasi sampel dengan cara melihat RFV standar yang didapatkan dan konsentrasi standar pada MLE card
2. Interpretasi hasil :
Nilai Rujukan : 0,9 – 3,4 nmol/L

C. Post Analitik

1. Pelaporan hasil : Hasil T3 ditulis berdasarkan konsentrasi yang didapatkan
Contoh : T3 : 2,0 nmol/L
Batas Nilai Ukur Alat : 0,4 – 9 nmol/l
2. Jaminan Mutu
 - a kalibrasi dilakukan dengan cara melakukan running standard (S1) secara triplo dan control positif
 - b Hasil pengujian harus masuk berdasarkan range standard dan range control yang dipersyaratkan, Jika tidak running standard dan kontrol harus diulang sampai didapatkan nilai range yang telah dipersyaratkan.
 - c Jika hasil pemeriksaan > 9 nmol/ml maka sampel harus diencerkan menggunakan serum Kontrol Negatif (C1) atau serum pasien yang normal dengan pengenceran yang dianjurkan ½.
3. Faktor Interferensi.
4. Hemoglobin : 0 – 300 µmol/L
 - a Lipemic : Lipid 0 – 2 g/L
 - b Bilirubinemia : Bilirubin 0 – 320 µmol/L4.

- c Obat-obatan
5. Sumber variabilitas:
 - a suhu alat
 - b suhu ruangan
 - c kelembaban
 - d arus listrik
 - e getaran
 6. Interpretasi klinik
 - a. Triiodothyronine (T3) adalah hormon yang diproduksi oleh sekresi tiroid (20%) dan dari mekanisme deiodinasi perifer yang mengubah T4 ke T3 (80%).
 - b. Hasil T3 meningkat pada keadaan hipertiroid dan hasil T3 menurun pada keadaan hipotiroid.
 - c. Penentuan T3 harus dikaitkan dengan tes lain seperti TSH dan uji T4 serta dengan pemeriksaan klinis pasien.

D. Jurnal Praktikum/laporan sementara

Judul	:
Tujuan	:
Prinsip	:
Spesimen	:
Pemeriksaan	
Alat dan Bahan	:

Langkah Kerja	:	
Hasil	:	Data pasien
Kesimpulan	:	

Jakarta, 20

Pembimbing

Praktikan

() ()

HORMON TIROKSIN ATAU TETRAIODOTIRONIN (T4)

PENDAHULUAN

Pemeriksaan tiroksin (T4) adalah tes darah untuk mengukur kadar hormon tiroksin (T4) dalam tubuh. T4 adalah hormon yang diproduksi oleh kelenjar tiroid dan berperan penting dalam mengatur metabolisme. Pemeriksaan ini membantu dalam mendiagnosis dan memantau gangguan tiroid (Dr. Ida Ayu Putri Wirawati, 2017).

1. Tujuan Pemeriksaan T4:

- a Mengevaluasi fungsi kelenjar tiroid: Untuk mengetahui apakah kelenjar tiroid berfungsi normal dalam memproduksi hormon T4.
- b Mendiagnosis gangguan tiroid: Seperti hipotiroidisme (kekurangan hormon tiroid) dan hipertiroidisme (kelebihan hormon tiroid).
- c Memantau efektivitas pengobatan: Pada pasien yang menerima terapi penggantian hormon tiroid.

2. Jenis Pemeriksaan T4:

- a T4 Total: Mengukur total hormon T4 dalam darah, baik yang terikat protein maupun yang bebas.
- b T4 Bebas (Free T4/FT4): Mengukur hormon T4 yang tidak terikat pada protein dan aktif bekerja dalam tubuh. Ini adalah bentuk hormon yang lebih relevan untuk menilai fungsi tiroid. Pemeriksaan T4 biasanya dilakukan jika ada gejala yang mengarah pada gangguan tiroid, seperti:
 - Kelelahan yang berlebihan
 - Penambahan atau penurunan berat badan yang tidak dapat dijelaskan
 - Perubahan suasana hati (mudah marah atau depresi)
 - Rasa panas atau dingin yang ekstrim
 - Jantung berdebar
 - Perubahan siklus menstruasi

3. Persiapan Pemeriksaan:

- a Pemeriksaan T4 umumnya tidak memerlukan persiapan khusus, seperti puasa. Namun,

penting untuk memberi tahu dokter tentang obat-obatan yang sedang dikonsumsi, karena beberapa obat dapat mempengaruhi hasil tes.

4. Hasil pemeriksaan T4

Akan dibandingkan dengan kisaran normal, yang dapat sedikit berbeda antar laboratorium. Hasil yang tidak normal dapat mengindikasikan adanya gangguan tiroid.

- a. Pemeriksaan T4 seringkali dilakukan bersamaan dengan pemeriksaan hormon tiroid lainnya, seperti TSH (Thyroid Stimulating Hormone).
- b. Hasil tes T4 sebaiknya dikonsultasikan dengan dokter untuk interpretasi yang tepat dan penentuan tindakan selanjutnya.
- c. **Hasil pemeriksaan T4 meningkat (tirotoksikosis)** pada keadaan seperti hipertiroidisme (tiroid yang terlalu aktif), peradangan tiroid (tiroiditis), dan mengkonsumsi obat tiroid dalam jumlah berlebihan. Gejala tirotoksikosis meliputi:
 - Penurunan berat badan yang tidak dapat dijelaskan .
 - Peningkatan pergerakan usus .
 - Detak jantung cepat atau tidak teratur (aritmia).
- d. **Hasil pemeriksaan T4 menurun** pada keadaan : hipotiroidisme (tiroid kurang aktif). Hipotiroidisme memiliki beberapa penyebab, termasuk penyakit autoimun tertentu, asupan yodium yang buruk dalam makanan dan penggunaan obat-obatan tertentu. Gejala Hipotiroidisme meliputi:
 - Kelelahan .
 - Intoleransi terhadap suhu dingin.
 - Denyut jantung rendah.
 - Penambahan berat badan.

PEMERIKSAAN

A. Pre Analitik

1. Tujuan : Untuk mengetahui kadar Hormon T4 dalam darah
2. Metode : ELFA(*Enzyme-LinkedFluorescence immunoassay*)
3. Prinsip Kerja
 - a Prinsip uji menggabungkan dua metode immunoassay enzim kompetisi dengan deteksi neon akhir berupa fluorescent (Elfa).
 - b SPR berfungsi sebagai fase padat serta perangkat pipetting untuk uji.reagents untuk pengujian tersebut siap untuk digunakan dan strip reagen dalam keadaan disegel.
 - c Semua langkah-langkah uji dilakukan secara otomatis oleh alat media reaksi berputar

di dalam dan keluar dari SPR beberapa kali.

- d Sampel dipipet dan dipindahkan ke dalam well yang berisi antigen berlabel T4 lalu dikonjugasi dengan alkaline phosphatase.
- e Selama langkah deteksi terakhir. substrat (4-metil-umbelliferyl fosfatase) berputar di dalam dan keluar dari SPR. enzim konjugat mengkatalisis hidrolisis substrat membentuk fluoresensi (4 – methylumbelliferone) fluoresensi ini diukur pada panjang gelombang 450 nm. intensitas fluoresensi berbanding terbalik dengan konsentrasi antigen di dalam sampel dan hasil secara otomatis dihitung oleh instrumen menggunakan kurva kalibrasi yang disimpan dalam memori, dan kemudian dicetak.

4. Bahan : Serum, Plasma heparin

Reagen : KIT T4 (Biomerieux)

a STR (Solid Phase Receptacle) T4

b SPR (Strips)T4

c Standar

d Kontrol

5. Alat

a. Mikropipet

b. Yellow tipe

c. Vidas PC

6. Penyimpanan

● Penyimpanan reagent : Suhu 2 – 8⁰ C

● Stabilitas sampel

Suhu 2 – 8⁰ C : 48 jam

Suhu -20⁰ C : 2 bulan

B. Analitik

1. Prosedur kerja

- a Keluarkan reagen dari lemari pendingin, biarkan sampai mencapai suhu ruangan.
- b Siapkan 1 SPR dan 1 STR (Strips) T4.
- c Ke dalam well strip pipetkan 200 µL serum pasien.
- d Masukkan SPR dan STR (Strips) T4 tersebut ke dalam alat vidas
- e Lakukan running alat ± 40 menit
- f Setelah pemeriksaan selesai, keluarkan dan buang SPR dan STR dari dalam alat.
- g Catat hasil pada print out ke kolom nilai pada blangko permintaan pemeriksaan
 - Catatan:

Untuk hasil yang melebihi batas ukur alat pemeriksaan harus diulang karena hasil RFV sampel harus berbanding terbalik dengan konsentrasi sampel dengan cara melihat RFV standar yang didapatkan dan konsentrasi standar pada MLE card

2. Interpretasi hasil

Nilai Rujukan : 60 – 120 nmol/L

C. Post Analitik

1. Pelaporan hasil :

Hasil T4 ditulis berdasarkan konsentrasi yang didapatkan

a. Contoh : T4 : 65 nmol/L

b. Batas Nilai Ukur Alat : 6 – 320 nmol/l

c. Catatan :

- Kalibrasi dilakukan dengan cara melakukan pemeriksaan standard (S1) secara triplo dan control.
- Hasil pengujian harus masuk berdasarkan range standard dan range control yang dipersyaratkan, Jika nilai yang didapat tidak masuk dalam range, pemeriksaan standard dan control harus diulang sampai didapatkan nilai range yang telah dipersyaratkan.
- Jika hasil pemeriksaan > 320 nmol/ml maka sampel harus diencerkan menggunakan serum pasien yang normal dengan pengenceran yang dianjurkan 1/2.

2. Faktor interferensi

Sampel yang :

a Hemolisa : Hemoglobin 0 – 300 µmol/L

b Lipemic : Lipid 0 – 2 g/L

c Ikterik

d Bilirubinemia : Bilirubin 0 – 265 µmol/L Obat-obatan

3. Sumber variabilitas :

a Suhu alat

b Suhu Ruangan

c Kelembaban

d Arus Listrik

e Getaran

4. Interpretasi klinik :

Pemeriksaan T4 adalah untuk membantu dalam menilai fungsi tiroid, yang ditandai

dengan penurunan kadar tiroksin pada pasien dengan hypothyroidism dan peningkatan pasien dengan hipertiroidisme .

karena tes T4 tergantung pada konsentrasi protein pembawa, perlu untuk memeriksa kapasitas pengikatan hormon tiroid. titer mereka juga harus dihubungkan dengan titer lain dari penilaian tiroid, seperti TSH dan T3 serta dengan pemeriksaan kritis pasien

D. Jurnal Praktikum/laporan sementara

Judul	:	
Tujuan	:	
Prinsip	:	
Spesimen	:	
Pemeriksaan		
Alat dan Bahan	:	

Langkah Kerja :

Hasil : Data pasien

Kesimpulan :

Jakarta,20

Pembimbing

Praktikan

() ()

THYROID STIMULATING HORMON (TSH)

PENDAHULUAN

TSH atau tiotropin merupakan suatu glikoprotein yang disintesis dan disekresikan oleh tiotrop dari kelenjar hipofisis anterior. Aktivitas tiroid diatur oleh kebutuhan tubuh akan beredar dalam sirkulasi kurang, hipotalamus menghasilkan *Thyroid Releasing Hormone* (TRH), yang memicu peningkatan kadar TSH untuk merangsang sekresi tiroid. Pengukuran TSH memberikan informasi mengenai fungsi tiroid dan hipofisis. Angka-angka TSH diberikan dalam satuan aktivitas internasional dengan rentang normal sekitar 0,5- 5,0 $\mu\text{u/mL}$. Perkembangan terkini pada pemeriksaan TSH menekankan pentingnya batas bawah rentang ini untuk membedakan TSH dalam jumlah kecil untuk deteksi depresi TSH, yang terjadi pada hipertiroidisme dan hipotiroidisme sekunder. Sekresi TSH oleh TRH di hipotalamus dirangsang oleh kadar T3, T4 yang rendah dan dihambat oleh kadar T3 dan T4 meningkat. Jika salah satu komponen dalam segitiga hipotalamus hipofisis-tiroid rusak akan mengakibatkan produksi T3 dan T4 berkurang (hipotiroidisme) atau berlebihan (hipertiroidisme) .

Dalam kondisi normal, TSH dapat dideteksi di dalam serum. TSH dapat meningkat pada wanita yang mengalami *pasca menopause* serta pada pasien dengan *TSH-secreting pituitary tumor*. Kadar dari TSH normal yaitu sebesar 0,5-5 mU/L, TSH dapat meningkat tajam pada keadaan hipotiroidisme serta menurun dalam keadaan hipertiroidisme, baik disebabkan oleh endogen maupun sebab dari asupan hormon tiroid per oral yang secara berlebihan. Waktu TSH plasma bekerja adalah ± 30 menit, serta kecepatan dalam produksi harian sebesar 40-150 mU/hari

Free Thyroxine (FT4)

FT4 atau dapat disebut juga hormon bebas, Tiroksin yang tidak memiliki ikatan atau bebas berinteraksi dengan reseptor intrasel serta pada akhir mengakibatkan peningkatan pada metabolisme karbohidrat serta lemak dan memikat protein sintesis pada berbagai tipe sel

FT4 Serum

Free Thyroxine serum adalah pemeriksaan paling baik guna mengukur hormon tiroid secara bebas beredar dalam peredaran darah (plasma). Pemeriksaan FT4 dapat menggambarkan hormon yang aktif bekerja pada sel-sel tubuh, yaitu sekitar 0,03% dari T4 total tidak bisa

mengganggu jumlah FT4 yang beredar dalam darah. Kadar FT4 biasanya 0,7-1,9 ng/dl (nanogram per dl). Kadar FT4 yang meningkat menunjukkan hipertiroid, pada keadaan tertentu hipertiroid bisa disebabkan oleh T3 yang tinggi, sehingga FT4 masih normal bahkan rendah .

Pemeriksaan kadar hormon Thyroid Stimulating Hormone (TSH) adalah tes darah untuk mengukur hormon yang diproduksi oleh kelenjar pituitari yang berfungsi merangsang kelenjar tiroid untuk memproduksi hormon tiroksin (T4) dan triiodotironin (T3). Pemeriksaan ini digunakan untuk mendiagnosis dan memantau gangguan tiroid, seperti hipotiroidisme (kadar hormon tiroid rendah) dan hipertiroidisme (kadar hormon tiroid tinggi) (Sacher, 2004).

PEMERIKSAAN

A. Pra Analitik

1. Tujuan Pemeriksaan

- Skrining (uji saring) gangguan tiroid: Pemeriksaan TSH seringkali menjadi tes pertama yang dilakukan untuk mendeteksi masalah pada kelenjar tiroid.
- Membantu diagnosis gangguan tiroid: Hasil pemeriksaan TSH dapat membantu dokter dalam menentukan apakah seseorang mengalami hipotiroidisme atau hipertiroidisme.
- Memantau pengobatan hipotiroidisme dan hipertiroidisme: Pemeriksaan TSH juga penting untuk memantau efektivitas pengobatan dan memastikan kadar hormon tiroid pasien tetap dalam batas normal.

2. Metode : elfa (*enzyme-linked fluorescence immunoassay*)

3. Prinsip

- a. Prinsip uji menggabungkan dua metode immunoassay enzim langkah sandwich dengan deteksi neon akhir (elfa).
- b. Spr berfungsi sebagai fase padat serta perangkat pipetting untuk uji.reagents untuk pengujian tersebut siap untuk digunakan dan strip reagen disegel.
- c. Semua langkah-langkah uji dilakukan secara otomatis oleh alat media reaksi berputar di dalam dan keluar dari spr beberapa kali.
- d. Sampel yang mengandung antibodi tsh terkonjugasi dengan antigen yang dilabel alkaline phosphatase didalam spr membentuk sandwich.
- e. Selama langkah deteksi terakhir. Substrat (4-metil-umbelliferyl fosfatase) berputar di dalam dan keluar dari spr. Enzim konjugat mengkatalisis hidrolisis substrat membentuk fluoresensi (4 – methylumbelliferone) fluoresensi ini diukur pada panjang gelombang 450 nm. Intensitas fluoresensi sebanding dengan konsentrasi antibodi di dalam sampel dan hasil secara otomatis dihitung oleh instrumen sebanding dengan

kurva kalibrasi yang disimpan dalam memori, dan kemudian dicetak.

5. Jenis Sampel

- a. Bahan : serum
- b. Stabilitas sampel
 - Suhu $2^{\circ} - 8^{\circ} \text{c}$: 48 jam
 - Suhu $25 \pm 6^{\circ}\text{c}$ (-20°c) : 2 bulan

6. Reagen

- a kit tsh (biomerieux)
- b str (strips) tsh
- c spr (solid phase receptacle) tsh
- d diluent (r1)
- e standar
- f kontrol

7. Alat

- a Mikropipette
- b Yellow tip
- c Vidas pc/ mini vidas

B. Analitik

1. Prosedur kerja

- a keluarkan reagen dari lemari pendingin, biarkan sampai suhu $\pm 25^{\circ}\text{c}$.
- b 1 spr dan 1 str (strips) tsh .
- c ke dalam well strip pipetkan 200 μl serum pasien.
- d masukkan spr dan str (strips) tsh tersebut ke dalam alat vidas
- e lakukan running alat ± 40 menit.
- f setelah pemeriksaan selesai, keluarkan dan buang spr dan str dari dalam alat.
- g catat hasil pada print out ke kolom nilai pada blangko permintaan pemeriksaan.

Catatan :

untuk hasil yang nilainya kurang dari batas ukur alat pemeriksaan harus diulang karena hasil rfv sampel harus berbanding lurus dengan konsentrasi sampel dengan cara melihat rfv standar yang didapatkan dan konsentrasi standar pada mle card

2. Nilai normal

Nilai rujukan : 0,25 – 5 uiu/ml

3. Nilai kritis

Batas nilai ukur alat : 0,05 – 60 μ iu/ml

C. Post Analitik

1. Pelaporan hasil

Hasil tsh ditulis berdasarkan konsentrasi yang didapatkan

Contoh : tsh : 0,50 uiu/ml

Catatan :

- Kalibrasi dilakukan dengan cara melakukan pemeriksaan standard (S1) secara duplo dan control positif
- Hasil pengujian harus masuk berdasarkan range standard dan range control yang dipersyaratkan, Jika nilai tidak masuk dalam range maka pemeriksaan standard dan kontrol harus diulang sampai didapatkan nilai range yang telah dipersyaratkan.
- Jika hasil pemeriksaan > 60 μ IU/ml maka sampel harus
- diencerkan menggunakan diluent (R1) dengan pengenceran yang dianjurkan bebas.

2. Faktor interferensi sampel yang :

1. hemolisa hemoglobin 0 – 300 μ mol/l
2. lipemik lipid 0 – 5 mg/l
3. bilirubinemia → bilirubin 0 – 513 μ mol/l obat-obatan

3. Interpretasi klinik :

Dalam kasus hipertiroid (penyakit gondok, adenoma tiroid, dan tiroiditis inflamasi), tingkat tsh adalah sangat terhambat dan bahkan mungkin tidak terdeteksi dalam bentuk yang jarang dari tinggi asal hipertiroidisme, tingkat tsh tidak berkurang, karena kontrol umpan balik negatif tiroid hormon tidak berpengaruh dalam kasus hipotiroidisme primer yang jelas, tingkat tsh selalu jauh lebih tinggi dari normal dan kadar hormon tiroid sekarang hipotiroidisme parsial atau ringan, peningkatan moderat dalam tingkat tsh memungkinkan produksi tiroid normal dipertahankan selama bertahun-tahun tanpa gejala klinis yang jelas. pemeriksaan vidas tsh membantu dalam mendiagnosis tiroid atau gangguan hypophyseal.

4. Jaminan Mutu Pemeriksaan

- a. Pastikan spesimen benar (representatif)
- b. Reagen yang digunakan memiliki kadaluarsa yang berlaku dan sesuai dengan instrumen (manual book)
- c. Instrumen dalam keadaan baik dan memastikan kinerja instrumen optimal. (terkalibrasi)

- d. Personil laboratorium yang sudah mengikuti pelatihan dan sudah berpengalaman, memahami prosedur pemeriksaan dan dapat melakukan kontrol kualitas yang benar.
- e. Melakukan QC internal dan eksternal memastikan hasil pemeriksaan akurat dan konsisten.
- f. Hasil pemeriksaan harus memiliki nilai presisi, akurasi, sensitivitas dan spesifisitas yang tinggi (*Clinical and Laboratory Standards Institute (CLSI) 2012*).

D. Jurnal Praktikum/laporan sementara

Judul	:
Tujuan	:
Prinsip	:
Spesimen Pemeriksaan	:
Alat dan Bahan	:
Langkah Kerja	:

Hasil : Data pasien

Kesimpulan :

Jakarta, 2025

Pembimbing

Praktikan

() ()



EVALUASI

A. Tugas

Mahasiswa membuat ringkasan sebagai berikut :

1. Menjabarkan tentang metabolisme kerja Hormon dalam tubuh
2. Menjelaskan tentang macam macam pemeriksaan Hormon Tiroid dan fungsinya
3. Menjelaskan Metode Pemeriksaan dan arti klinis dari hasil pemeriksaan Hormon tiroid

B. Test

Soal Kasus.

1. Seorang pasien datang dengan keluhan mudah lelah, berat badan naik, dan rambut rontok. Hasil pemeriksaan laboratorium menunjukkan kadar TSH tinggi dan T4 rendah. Apa diagnosis yang paling mungkin?
 - a. Hipertiroidisme
 - b. Hipotiroidisme
 - c. Penyakit Graves
 - d. Penyakit Hashimoto
 - e. Tirotoxicosis
2. Hormon tiroid yang terutama berfungsi untuk meningkatkan metabolisme sel adalah:
 - a. T3 (Triiodothyronine)
 - b. T4 (Thyroxine)
 - c. SH (Thyroid Stimulating Hormone)
 - d. TRH (Thyrotropin Releasing Hormone)
 - e. FT4 (Free Thyroxine)
3. Pemeriksaan laboratorium yang paling tepat untuk mengukur kadar hormon tiroid dalam darah adalah:
 - a. Urin rutin
 - b. Darah lengkap
 - c. Analisis gas darah
 - d. Analisis serum thyroid (T3, T4, TSH)
 - e. Darah rutin

4. TSH (Thyroid Stimulating Hormone) disekresikan oleh:
 - a. Kelenjar tiroid
 - b. Kelenjar adrenal
 - c. Kelenjar hipofisis (pituitary)
 - d. Kelenjar paratiroid
 - e. Kelenjar Pankreas
5. Seorang pasien datang dengan gejala mata menonjol (exophthalmos) dan pembengkakan pada leher. Hasil pemeriksaan menunjukkan kadar T4 tinggi dan TSH rendah. Apa diagnosis yang paling mungkin?
 - a. Penyakit Hashimoto
 - b. Hipotiroidisme
 - c. Kanker tiroid
 - d. Penyakit Graves
 - e. Hipertiroid
6. Seorang pasien laki-laki berusia 50 tahun datang ke laboratorium dengan keluhan lemas, mudah lelah, dan peningkatan berat badan. Dokter meminta pemeriksaan fungsi tiroid. Hormon apa yang terutama diperiksa untuk mengevaluasi fungsi tiroid?
 - a. TSH (Thyroid Stimulating Hormone)
 - b. T3 (Triiodothyronine)
 - c. T4 (Thyroxine)
 - d. Semua jawaban benar
 - e. Semua jawaban salah
7. Seorang pasien perempuan berusia 30 tahun didiagnosis hipertiroidisme. Hasil pemeriksaan laboratorium menunjukkan kadar TSH rendah dan kadar T4 tinggi. Apakah diagnosis yang paling mungkin?
 - a. Hipotiroidisme primer
 - b. Hipotiroidisme sekunder
 - c. Hipertiroidisme primer
 - d. Hipertiroidisme sekunder
 - e. Eutiroid

8. Seorang bayi baru lahir mengalami gejala kuning (jaundice) yang berkepanjangan. Dokter mencurigai adanya hipotiroidisme kongenital. Hormon apa yang perlu diperiksa untuk skrining hipotiroidisme pada bayi baru lahir?
- TSH
 - T4
 - T3
 - Semua jawaban benar
 - Semua jawaban salah
9. Seorang pasien dengan riwayat penyakit autoimun mengalami penurunan fungsi tiroid. Apa jenis penyakit tiroid yang paling mungkin dialami pasien tersebut?
- Penyakit Graves
 - Tiroiditis Hashimoto
 - Tumor tiroid
 - Nodul tiroid
 - Karsinoma tiroid
10. Seorang pasien datang ke laboratorium dengan membawa hasil pemeriksaan tiroid. Hasilnya menunjukkan kadar TSH tinggi dan kadar T4 rendah. Apakah interpretasi hasil pemeriksaan tersebut?
- Hipertiroidisme
 - Hipotiroidisme
 - Eutiroid
 - Tiroiditis Hashimoto
 - Penyakit Graves

Kunci Jawaban :

- B
- A
- D
- C
- E
- D
- C
- A
- B
- B

C. Penilaian (Kognitif, Psikomotor, Afektif)

- Kognitif 25 %

2. Psikomotor 60 %
3. Afektif 15 %



DAFTAR PUSTAKA

- Alkaç, Ç., Akbaş, F., Alkac, B., & Atmaca, H. U. (2014). Obesity and Thyroid Functions. *Journal of Academic Research in Medicine*. <https://doi.org/10.5152/jarem.2014.466>
- Askandar Tjokroprawiro, Poernomo Boedi Setiawan, Djoko Santoso, G. S. (2007). *Buku Ajar Ilmu Penyakit Dalam*. Airlangga University Press.
- Ayudhia, S., & Rini, E. A. (2020). Gangguan Endokrin Pada Pasien Thalassemia B Mayor Di Rsup M Djamil Padang. *Human Care Journal*. <https://doi.org/10.32883/hcj.v5i2.708>
- Büyüktiryaki, M., Çakır, U., Tayman, C., & Yarcı, E. (2018). The Relationship Between Congenital Hypothyroidism and Neonatal Sepsis in Premature Infants. *İstanbul Kanuni Sultan Süleyman Tıp Dergisi*. <https://doi.org/10.5222/iksst.2018.77487>
- Cleveland Clinic. (2022, February). *Hormon Tiroid*. <https://my.clevelandclinic.org/health/articles/22391-thyroid-hormone>
- Darmawan, D. (2019). profil kesehatan Indonesia 2019. In *Journal of Chemical Information and Modeling*.
- dr. Anies, M.K.P.K.K. (2016). *Ensiklopedia Penyakit*. PT Kanisius. <https://books.google.co.id/books?id=3kfnEAAAQBAJ>
- Dr. Ida Ayu Putri Wirawati. (2017). *Pemeriksaan Tiroid*. Universitas Udayana.
- Fidianti, F. (2022). Korelasi Kadar Thyroid Stimulating Hormone (TSH) dan Kadar Free Thyroxine (FT4) pada Pasien Tiroid di RS Bhayangkara Tk.I Raden Said Sukanto. *Repository FK Universitas Binawan*, 04(03), 1–67.
- Gibson J. (2002). *Fisiologi dan Anatomi Modern untuk Perawat*. EGC.
- Gu, L., Yang, J., Gong, Y., Ma, Y., Yan, S., Huang, Y., Wang, Y., & Peng, Y. (2020). Lower Free Thyroid Hormone Levels Are Associated With High Blood Glucose and Insulin Resistance; These Normalize With Metabolic Improvement of Type 2 Diabetes. *Journal of Diabetes*. <https://doi.org/10.1111/1753-0407.13118>
- Irene, A., Alkaf, S., Zulissetiana, E. F., Usman, F., & Larasaty, V. (2020). Hubungan Pola Makan Dengan Risiko Terjadinya Sindrom Ovarium Polikistik Pada Remaja. *Sriwijaya Journal of Medicine*. <https://doi.org/10.32539/sjm.v3i1.141>
- Irene, A., Alkaf, S., Zullissetiana, E. F., Usman, F., & Larasaty, V. (2020). Hubungan Pola Makan

- Dengan Risiko Terjadinya Sindrom Ovarium Polikistik Pada Remaja. *Sriwijaya Journal of Medicine*. <https://doi.org/10.32539/sjm.v3i1.66>
- Kurniawati, E. Y., Hutabarat, N. C., & Noviasari, E. (2023). Status Gizi Dan Gaya Hidup Wanita Dengan Sindrom Ovarium Polikistik (PCOS) Di Yogyakarta. *Jurnal Kesehatan Perintis (Perintis S Health Journal)*. <https://doi.org/10.33653/jkp.v10i1.971>
- Mardiati, M., & Maulina, F. (2019). McCune-Albright Syndrome (Mas). *Averroes Jurnal Kedokteran Dan Kesehatan Malikussaleh*. <https://doi.org/10.29103/averrous.v5i2.2085>
- Mentary Sudibia, N. K. (2024). Analisis Pemeriksaan Laboratorium Pada Penyakit Tiroid. *Action Research Literate*. <https://doi.org/10.46799/ar1.v8i8.482>
- Mexitalia, M., Fahmi, I., Susanto, R., & Yamauchi, T. (2016). Hubungan Fungsi Tiroid Dengan Energy Expenditure Pada Remaja. *Sari Pediatri*. <https://doi.org/10.14238/sp12.5.2011.323-7>
- Permatasari, I. I., Kurniawan, L. S., Kusuma Wardani, I. A., & ANA MAHARDIKA, I. K. (2025). Gangguan Astenik Organik Pada Pasien Graves' Disease Dan Stroke Non-Hemoragik: Laporan Kasus. *Paedagogy Jurnal Ilmu Pendidikan Dan Psikologi*. <https://doi.org/10.51878/paedagogy.v5i1.4740>
- Purnamasari, L. (2023). Mengenal Perawakan Pendek Abnormal Pada Anak. *Cermin Dunia Kedokteran*. <https://doi.org/10.55175/cdk.v50i4.639>
- Putri, S. I., Ka'arayeno, A. J., Widiyanto, A., & Asiyah, S. (2024). Pelatihan Pencegahan Gangguan Metabolisme Kronis Melalui Konseling Dan Pemeriksaan Kadar Gula Darah. *Darmabakti Jurnal Pengabdian Dan Pemberdayaan Masyarakat*. <https://doi.org/10.31102/darmabakti.2024.5.02.278-285>
- Sacher, R. A. (2004). *Tinjauan Klinis Hasil Pemeriksaan Laboratorium*. (II). EGC.
- Sihombing, R. D., Stella, S., & Lannasari. (2021). Hubungan Status Hipertiroid Dengan Tingkat Depresi Usia Dewasa Tengah Di Komunitas Pita Tosca Wilayah DKI Jakarta. *Journal of Nursing Education and Practice*. <https://doi.org/10.53801/jnep.v1i2.33>
- Soesanti, F. (2019). Osteoporosis Dan Osteodistrofi Pada Anak. *Sari Pediatri*. <https://doi.org/10.14238/sp21.2.2019.138-44>
- Srikandi, P. R. (2020). Hipertiroidism Graves Disease:case Report. *Jurnal Kedokteran Raflesia*. <https://doi.org/10.33369/juke.v6i1.1098>



MODUL 6

PEMERIKSAAN GANGGUAN KESEIMBANGAN CAIRAN DAN ELEKTROLIT

PENDAHULUAN

Elektrolit adalah senyawa kimia yang larut dalam air, pembentukan ion dapat menghantarkan arus listrik. Zat elektrolis umumnya merupakan senyawa Ionik dan hanya dapat menghantarkan listrik dalam bentuk terlarut dalam air. Ion dibagi menjadi 2 yaitu Kation (ion bermuatan positif) dan Anion (Ion bermuatan negatif). Ion bermuatan positif contohnya Cl^- , HCO_3^- dan PO_4^{3-} sedangkan ion bermuatan negatif seperti Na^+ , K^+ dan Ca^{2+} . Didalam tubuh jumlah an ion dan kation sebanding sehingga total muatan didalam tubuh netral. Meskipun demikian pada suatu tempat seperti membran sel jumlahnya tidak selalu sama. Elektrolit dalam bentuk ion berperan penting untuk menjalankan fungsi sel. Fungsi elektrolit dalam sel adalah mempermudah proses metabolisme, berperan dalam kerja otot dan saraf yang memerlukan perbedaan muatan dan turut serta mempertahankan homeostasis cairan dalam tubuh. Keseimbangan elektrolit dalam tubuh tergantung pada homeostasis cairan seperti pengaturan absorpsi, distribusi dan ekskresi cairan dan zat terlarutnya. Proses ini tergantung dari beberapa faktor, seperti konsumsi volume air dan elektrolit dalam jumlah normal bagi setiap individu dan jumlah ion yang dikonsumsi dibandingkan jumlah ion yang disekresi tubuh.

Pemeriksaan kadar elektrolit dalam darah untuk mengukur tekanan parsial gas yang ada dalam darah seperti CO_2 dan O_2 , Mengetahui keseimbangan asam dan basa (pH) dalam tubuh. Elektrolit terdapat dalam darah, urine dan cairan tubuh lainnya. Kekurangan elektrolit terdapat gangguan keseimbangan/fungsi tubuh/kelainan metabolik, dehidrasi. Elektrolit atau Zat Mineral dalam tubuh adalah Natrium, Kalium, Kalsium, Magnesium, Fosfat, Fosfor, Chlorida. Kadar elektrolit meningkat dalam tubuh terjadi pada gangguan ginjal, sedangkan kadar elektrolit

rendah ditemukan pada keadaan kejang, koma dan henti jantung, overhidrasi, dehidrasi, hiponatremia, hipokalemia, hiperkemia dan hipokalasemia. Gejala kekurangan elektrolit dalam tubuh diantaranya detak jantung tidak teratur dan berdebar-debar, kelelahan, kejang, mual dan muntah, haus terus menerus, diare atau sulit BAB (sembelit), kesemutan, kram perut atau otot serta kelemahan otot. Beberapa penyakit yang mempengaruhi keseimbangan tubuh cairan dan elektrolit dalam tubuh diantaranya tiroid dan paratiroid, penyakit pernapasan kronik, anoreksia, gagal jantung, gangguan kelenjar adrenal, kecanduan minum alkohol, luka bakar dan gangguan fungsi ginjal.

KEGIATAN BELAJAR 1

NATRIUM (Na^{2+})

PENDAHULUAN

Natrium adalah kation terbanyak dalam cairan ekstrasel, jumlahnya bisa mencapai 60 mmol per kilogram berat badan dan sebagian kecil (sekitar 10-14 mmol/L) berada dalam cairan intrasel dan ekstrasel yang dipengaruhi oleh adanya transport aktif dari natrium keluar sel yang bertukar dengan masuknya kalium ke dalam sel. Lebih dari 90% tekanan osmotik di cairan ekstrasel ditentukan oleh garam yang mengandung natrium, khususnya dalam bentuk natrium klorida (NaCl) dan natrium bikarbonat (NaHCO_3) sehingga perubahan tekanan osmotik pada cairan ekstrasel menggambarkan perubahan konsentrasi natrium (pemasukan natrium yang disebabkan oleh diet melalui epitel mukosa saluran cerna dengan proses difusi dan pengeluarannya melalui ginjal atau saluran cerna maupun keringat pada kulit). Ekskresi natrium terutama dilakukan oleh ginjal. Pengaturan ekskresi ini dilakukan untuk mempertahankan homeostasis natrium, yang sangat diperlukan untuk mempertahankan volume cairan tubuh. Natrium difiltrasi bebas di glomerulus, direabsorpsi secara aktif 60-65% di tubulus proksimal bersama dengan H_2O dan klorida yang direabsorpsi secara pasif, sisanya direabsorpsi di lengkung Henle (25-30%), tubulus distal (5%) dan duktus kolektif (4%). Sekresi natrium di urine <1% (Price SA, 2005).

Seseorang dikatakan hiponatremia, bila konsentrasi natrium plasma dalam tubuhnya

turun lebih dari beberapa miliekuivalen dibawah nilai normal (135-145 mmol/L) dan hipernatremia bila konsentrasi natrium plasma meningkat di atas normal. Hiponatremia biasanya berkaitan dengan hipoosmolalitas dan hipernatremia berkaitan dengan hiperosmolalitas.

a. Hipernatremia

Gejala Klinis : gejala neurologis, antara lain letargi, kelemahan otot, kejang-kejang dan koma
Penyebab :

- Pemasukan ion Na berlebihan seperti pada overhidrasi osmotik atau retensi air oleh ginjal dapat menyebabkan peningkatan osmolaritas & konsentrasi natrium klorida dalam cairan ekstrasel. Kepustakaan lain menyebutkan bahwa hipernatremia dapat terjadi bila ada defisit cairan tubuh akibat ekskresi air melebihi ekskresi natrium atau asupan air yang kurang. misalnya pada pengeluaran air tanpa elektrolit melalui *insensible water loss* atau keringat, diare osmotik akibat pemberian laktulose atau sorbitol, diabetes insipidus sentral maupun nefrogenik, diuresis osmotik akibat glukosa atau manitol, gangguan pusat rasa haus di hipotalamus akibat tumor atau gangguan vaskular.
- Kehilangan cairan lebih dari kehilangan ion Na. kehilangan air dan larutan ekstrasel (dehidrasi hiperosmotik pada diabetes insipidus)
Akibatnya : Air keluar dari sel sehingga terjadi dehidrasi. Daya kompensasi berusaha mengurangi ekskresi urine dengan pelepasan ADH

b. Hiponatremia

Gejala Klinis : Gangguan neurologis, antara lain karena edema otak. Kadar Na < 125 mmol/L; mulai timbul nausea, malaise, antara 110-120 mmol/L; timbul letargi dan sakit kepala, bila kadar

< 110 mmol/L; kejang-kejang dan koma. Penyebab :

- Kehilangan ion Na seperti pada keadaan berkeringat selama aktivitas berat yang berkepanjangan, berhubungan dengan penurunan volume cairan ekstrasel seperti diare, muntah-muntah, dan penggunaan diuretik secara berlebihan
- Retensi Cairan, kebanyakan hiponatremia disebabkan oleh ketidakseimbangan air, bukan karena kehilangan natrium karena kehilangan natrium
- Beberapa penyakit ginjal yang menyebabkan gangguan fungsi glomerulus dan tubulus pada ginjal, penyakit addison, serta retensi air yang berlebihan (overhidrasi hipo-osmotik) akibat hormon antidiuretik
- Tertekannya pengeluaran ADH dari hipotalamus (osmolaritas urine rendah). Pseudohiponatremia dapat dijumpai pada penurunan fraksi plasma, yaitu pada kondisi hiperlipidemia dan hiperkolesterolemia, hiperproteinemia dan hiperglikemia serta

kelebihan pemberian manitol dan glisin.

PEMERIKSAAN

A. Pra Analitik

1. Tujuan Pemeriksaan

- a Untuk menentukan kadar elektrolit (Natrium) adanya gangguan keseimbangan tubuh, fungsi metabolik , penyakit atau kondisi lain yang menyebabkan kadar elektrolit tidak normal.
- b Mengkonfirmasi dan memantau kondisi serius pada pasien gangguan keseimbangan elektrolit (Natrium) dan mengevaluasi efektivitas pengobatan.

2. Metode : Metode ISE (Ion Selective Electrode)

3. Prinsip :

Ion – ion elektrolit dalam spesimen darah akan berinteraksi dengan elektroda yang dirancang khusus untuk mendeteksi ion tersebut. Perbedaan potensial listrik yang dihasilkan dari interaksi ini diukur dan potensial ini perbandingan lurus dengan konsentrasi ion dalam spesimen.

4. Jenis dan Kriteria spesimen / Syarat sampel :

Spesimen pemeriksaan adalah serum, volume serum yang diperlukan sekitar 3 – 5 ml, menggunakan tabung vacutainer bertutup merah tanpa antikoagulan atau bertutup hijau dengan antikoagulan heparin. Kondisi serum harus jernih dan tidak hemolisis.

5. Alat dan Bahan

- a. Alat flebotomi (Torniquet, alkohol swab, plester, jarum, holder tabung Vacutainer serum tutup merah atau hijau / tabung Heparin).
- b. *Centrifuge* (Sentrifus).
- c. *Electrolite Analyzer* , ISE (*Ion Selective Electrode*)
- d. Reagen yang dirancang khusus yaitu CPC (Cresolphthalein Complexone, reagen dye, molibdat.
- e. Bahan kontrol/larutan standar
- f. Mikropipet.
- g. Bahan habis pakai : (*microtube*/tabung reaksi, *white tip*, *yellow tip* dan *blue tip* tissue.

B. Analitik

1. Prosedur Kerja

- a Pastikan spesimen dalam kondisi baik, volume cukup sesuai dengan persyaratan alat
- b Pastikan reagen sudah sesuai dengan jenis pemeriksaan yang akan dilakukan
- c Pastikan alat telah dikalibrasi terlebih dahulu sebelum digunakan untuk memastikan hasil yang akurat
- d Spesimen serum atau plasma yang sudah dipisahkan dari sel darah yang sudah siap.
- e Reagen kit yang sudah tersedia dalam bentuk kit dan siap digunakan
- f Spesimen yang sudah disiapkan ditempatkan pada tempat yang sesuai pada alat ISE.
- g Reagen ditambahkan kedalam spesimen sesuai dengan insstruksi alat ISE tersebut.
- h Alat akan melakukan proses pencampuran secara otomatis, Inkubasi (jika diperlukan) dan pembacaan hasil
- i Hasil pemeriksaan kadar natrium, kalium, klorida, kalsium, magnesium dan phosphor akan ditampilkan pada layar alat atau dicetak.
Hasil dicatat, dan diinterpretasikan sesuai dengan nilai normal atau kondisi pasien.

2. Nilai Normal

- a. Natrium : bayi : 134-150 mmol/L, anak dan dewasa : 135-145 mmol/L

3. Nilai Kritis

Beberapa laboratorium menetapkan nilai kritis untuk kadar

Natrium Rendah : <120 mmol/L

Tinggi : >155 mmol/L

4. Perhitungan

Konsentrasi ion dalam sampel dihitung berdasarkan perbandingan antara potensial yang dihasilkan oleh sampel dengan potensial standar, menggunakan persamaan atau kurva kalibrasi yang dibuat. Hasil pengukuran biasanya dalam satuan mV (mili Volt) yang kemudian dikonversi menjadi satuan konsentrasi yang sesuai (misalnya mg/dL atau mmol/L).

Contoh :

Larutan kalsium konsentrasi 100 mg/dL, menghasilkan potensial 100 mV dan sampel uji menghasilkan potensial 50 mV maka konsentrasi kalsium dalam sampel dapat

diperkirakan sebagai 50 mg/dL (dengan asumsi hubungan linear)

C. Post Analitik

1. Pelaporan hasil

Setelah pemeriksaan kadar elektrolit (natrium, kalium, klorida, kalsium, magnesium dan phosphor) selesai, hasil akan dilaporkan langkah penting yang harus dilakukan dengan cermat dan akurat memastikan klinisi mendapatkan informasi yang benar untuk mengambil keputusan klinis, dengan langkah.

a. Identitas pasien :

Nama pasien, umur, jenis kelamin, dokter yang merawat dan tanggal pemeriksaan.

b. Validasi hasil :

Pastikan Hasil kontrol (QC) kualitas harian berada pada rentang yang diterima, jika tidak hasil pasien tidak boleh dilaporkan dan pemeriksaan diulang (melihat riwayat klinis pasien dan melihat trend atau perubahan yang signifikan).

c. Pelaporan Nilai Kritis

Jika dijumpai hasil pemeriksaan kadar elektrolit (natrium, kalium, klorida, kalsium, magnesium dan phosphor) didapatkan nilai kritis tinggi dan nilai kritis rendah (nilai yang mengancam jiwa, dan memerlukan tindakan medis segera) dengan prosedur yang ditetapkan di tempat pelayanan kesehatan tersebut

2. Sumber Kesalahan Hasil

Secara umum sumber kesalahan pada

- a Pre Analitik : Terlalu lama pemasangan Pembendungan (tourniquet), koleksi sampel darah tidak tepat, penyimpanan sampel darah yang tidak tepat dan penggunaan antikoagulan yang tepat.
- b Analitik : Alat ISE yang tidak dikalibrasi, penggunaan reagen yang kadaluarsa, dan kesalahan dalam proses analisis.
- c Post Analitik : Interpretasi dan pelaporan hasil yang tidak sesuai dan kesalahan dalam pelaporan hasil.

Secara Khusus sumber kesalahan pemeriksaan Elektrolit (natrium, kalium, klorida, kalsium, magnesium dan phosphor) adalah pasien yang melakukan aktifitas fisik yang berlebihan sebelum melakukan pemeriksaan dan penggunaan obat-obatan tertentu yang dapat meningkatkan kadar elektrolit (natrium, kalium, klorida, kalsium, magnesium dan phosphor)

D. Jurnal Praktikum/laporan sementara

Judul	:	
Tujuan	:	
Prinsip	:	
Spesimen	:	
Pemeriksaan		
Alat dan Bahan	:	
Langkah Kerja	:	
Hasil	:	Data pasien

Kesimpulan :

Jakarta,

20...

Pembimbing

Praktikan

() ()

PENDAHULUAN

Klorida merupakan anion yang terdapat dalam cairan ekstraseluler serta berperan penting dalam mempertahankan keseimbangan cairan tubuh. Fungsi elektrolit adalah membantu dalam perpindahan cairan antara ruangan dalam sel dan diluar sel terutama dengan natrium. Apabila jumlah natrium dalam Cairan Ekstraseluler (CES) meningkat maka sejumlah cairan akan berpindah menuju Cairan Intraseluler (CIS) untuk keseimbangan cairan. Klorida sebagai anion utama dalam cairan ekstraseluler, klorida berperan penting dalam memelihara keseimbangan cairan dan elektrolit. Ion klorida dengan mudah dapat keluar dari sel darah merah dan masuk ke dalam plasma darah untuk membantu mengangkut karbon dioksida ke paru-paru dan keluar dari tubuh.

Proses metabolisme cairan elektrolit yaitu cairan elektrolit diangkut ke paru dan saluran cerna tempat ia akan menjadi bagian dari cairan dalam pembuluh darah dan dibawa ke bagian tubuh melalui sistem sirkulasi, kemudian cairan dalam pembuluh darah dan zat-zat yang terlarut didalamnya secara cepat saling bertukaran dengan CIS melalui membran kapiler yang semipermeabel. CIS dan zat-zat yang ada didalamnya saling bertukaran dengan CES melalui membran sel yang permeabel selektif. Klorida secara normal masuk sel darah merah dari cairan interstisial ke dalam lumen usus halus melalui transporter Na⁺, K⁺, Cl⁻ di membran basolateralnya. Kemudian klorida disekresi kedalam lumen usus halus melalui kanal yang diatur oleh berbagai protein kinase. Reabsorpsi klorida akan meningkat bila reabsorpsi HCO₃⁻ menurun dan sebaliknya, sehingga kadar klorida akan berbanding terbalik dengan kadar HCO₃⁻, sehingga kadar anion total akan tetap (Thygesen et al., 2012)

Gangguan elektrolit klorida

- Hipoklorinemia

Penyebab: Hipoklorinemia terjadi jika pengeluaran klorida melebihi pemasukan. Penyebab hipoklorinemia umumnya sama dengan hiponatremia, tetapi pada alkalosis metabolik dengan hipoklorinemia, defisit klorida tidak disertai defisit natrium. Hipoklorinemia juga dapat terjadi pada gangguan yang berkaitan dengan retensi bikarbonat, contohnya pada asidosis respiratorik kronik dengan kompensasi ginjal.

- Hiperklorinemia

Penyebab: Hiperklorinemia terjadi jika pemasukan melebihi pengeluaran pada gangguan mekanisme homeostasis dari klorida. Umumnya penyebab hiperklorinemia sama dengan hipernatremia. Hiperklorinemia dapat dijumpai pada kasus dehidrasi, asidosis tubular ginjal, gagal ginjal akut, asidosis metabolik yang disebabkan karena diare yang lama dan kehilangan natrium bikarbonat, diabetes insipidus, hiperfungsi status adrenokortikal dan penggunaan larutan salin yang berlebihan, alkalosis respiratorik. Asidosis hiperklorinemia dapat menjadi petanda pada gangguan tubulus ginjal yang luas.

Kadar klorida dalam serum meningkat yaitu dehidrasi, kelainan metabolik, hiperparatiroidisme primer sedangkan Kadar klorida dalam serum menurun yaitu Anemia perniosa, ulkus lambung, karsinoma lambung, poliposis lambung, defisiensi besi , kehamilan, gastritis atrofik, umur lanjut atau debilitas, defisiensi vitamin, radiasi.

PEMERIKSAAN

A. Pra Analitik

1. Tujuan Pemeriksaan

- a Untuk menentukan kadar elektrolit (Klorida) adanya gangguan keseimbangan tubuh, fungsi metabolik, penyakit atau kondisi lain yang menyebabkan kadar elektrolit tidak normal.
- b Mengkonfirmasi dan memantau kondisi serius pada pasien gangguan keseimbangan elektrolit (Klorida) dan mengevaluasi efektivitas pengobatan.

2. Metode : Metode ISE (Ion Selective Electrode)

3. Prinsip :

Ion – ion elektrolit dalam spesimen darah akan berinteraksi dengan elektroda yang dirancang khusus untuk mendeteksi ion tersebut. Perbedaan potensial listrik yang dihasilkan dari interaksi ini diukur dan potensial ini perbandingan lurus dengan konsentrasi ion dalam spesimen.

4. Jenis dan Kriteria spesimen / Syarat sampel :

Spesimen pemeriksaan adalah serum, volume serum yang diperlukan sekitar 3 – 5 ml, menggunakan tabung vacutainer bertutup merah tanpa antikoagulan atau bertutup hijau dengan antikoagulan heparin. Kondisi serum harus jernih dan tidak hemolisis.

5. Alat dan Bahan

- a Alat flebotomi (Torniquet, alkohol swab, plester, jarum, holder tabung Vacutainer serum tutup merah atau hijau / tabung Heparin).
- b *Centrifuge* (Sentrifus).
- c *Electrolite Analyzer*, ISE (*Ion Selective Electrode*)
- d Reagen yang dirancang khusus yaitu CPC (Cresolphthalein Complexone, reagen dye, molibdat).
- e Bahan kontrol/larutan standar
- f Mikropipet.
- g Bahan habis pakai : (*microtube*/tabung reaksi, *white tip*, *yellow tip* dan *blue tip*) dan tissue.

B. Analitik

1. Prosedur Kerja

- a Pastikan spesimen dalam kondisi baik, volume cukup sesuai dengan persyaratan alat
- b Pastikan reagen sudah sesuai dengan jenis pemeriksaan yang akan dilakukan
- c Pastikan alat telah dikalibrasi terlebih dahulu sebelum digunakan untuk memastikan hasil yang akurat
- d Spesimen serum atau plasma yang sudah dipisahkan dari sel darah yang sudah siap.
- e Reagen kit yang sudah tersedia dalam bentuk kit dan siap digunakan
- f Spesimen yang sudah disiapkan ditempatkan pada tempat yang sesuai pada alat ISE.
- g Reagen ditambahkan kedalam spesimen sesuai dengan instruksi alat ISE tersebut.
- h Alat akan melakukan proses pencampuran secara otomatis, Inkubasi (jika diperlukan) dan pembacaan hasil
- i Hasil pemeriksaan kadar natrium, kalium, klorida, kalsium, magnesium dan phosphor akan ditampilkan pada layar alat atau dicetak.
Hasil dicatat, dan diinterpretasikan sesuai dengan nilai normal atau kondisi pasien.

2. Nilai Normal :

- a. Klorida : bayi baru lahir : 94-112 mmol/L, anak : 98-105 mmol/L, dewasa : 95-105 mmol/L

3. Nilai Kritis

Beberapa laboratorium menetapkan nilai kritis untuk kadar

Klorida Rendah : <70 mmol/L

Tinggi : >120 mmol/L

4. Perhitungan

Konsentrasi ion dalam sampel dihitung berdasarkan perbandingan antara potensial yang dihasilkan oleh sampel dengan potensial standar, menggunakan persamaan atau kurva kalibrasi yang dibuat. Hasil pengukuran biasanya dalam satuan mV (mili Volt) yang kemudian dikonversi menjadi satuan konsentrasi yang sesuai (misalnya mg/dL atau mmol/L).

Contoh :

Larutan kalsium konsentrasi 100 mg/dL, menghasilkan potensial 100 mV dan sampel uji menghasilkan potensial 50 mV maka konsentrasi kalsium dalam sampel dapat

diperkirakan sebagai 50 mg/dL (dengan asumsi hubungan linear)

C. Post Analitik

1. Pelaporan hasil

Setelah pemeriksaan kadar elektrolit (natrium, kalium, klorida, kalsium, magnesium dan phosphor) selesai, hasil akan dilaporkan langkah penting yang harus dilakukan dengan cermat dan akurat memastikan klinisi mendapatkan informasi yang benar untuk mengambil keputusan klinis, dengan langkah.

a. Identitas pasien :

Nama pasien, umur, jenis kelamin, dokter yang merawat dan tanggal pemeriksaan.

b. Validasi hasil :

Pastikan Hasil kontrol (QC) kualitas harian berada pada rentang yang diterima, jika tidak hasil pasien tidak boleh dilaporkan dan pemeriksaan diulang (melihat riwayat klinis pasien dan melihat trend atau perubahan yang signifikan).

c. Pelaporan Nilai Kritis

Jika dijumpai hasil pemeriksaan kadar elektrolit (natrium, kalium, klorida, kalsium, magnesium dan phosphor) didapatkan nilai kritis tinggi dan nilai kritis rendah (nilai yang mengancam jiwa, dan memerlukan tindakan medis segera) dengan prosedur yang ditetapkan di tempat pelayanan kesehatan tersebut

2. Sumber Kesalahan Hasil

Secara umum sumber kesalahan pada

- a Pre Analitik : Terlalu lama pemasangan Pembendungan (tourniquet), koleksi sampel darah tidak tepat, penyimpanan sampel darah yang tidak tepat dan penggunaan antikoagulan yang tepat.
- b Analitik : Alat ISE yang tidak dikalibrasi, penggunaan reagen yang kadaluarsa, dan kesalahan dalam proses analisis.
- c Post Analitik : Interpretasi dan pelaporan hasil yang tidak sesuai dan kesalahan dalam pelaporan hasil.

Secara Khusus sumber kesalahan pemeriksaan Elektrolit (natrium, kalium, klorida, kalsium, magnesium dan phosphor) adalah pasien yang melakukan aktifitas fisik yang berlebihan sebelum melakukan pemeriksaan dan penggunaan obat-obatan tertentu yang dapat meningkatkan kadar elektrolit (natrium, kalium, klorida, kalsium, magnesium dan

phosphor).

3. Jaminan Mutu Pemeriksaan Elektrolit (natrium, kalium, klorida, kalsium, magnesium dan phosphor)
 - a. Pastikan spesimen benar (representatif)
 - b. Reagen yang digunakan memiliki kadaluarsa yang berlaku dan sesuai dengan instrumen (manual book)
 - c. Instrumen dalam keadaan baik dan memastikan kinerja instrumen optimal. (terkalibrasi)
 - d. Personil laboratorium yang sudah mengikuti pelatihan dan sudah berpengalaman, memahami prosedur pemeriksaan dan dapat melakukan kontrol kualitas yang benar.
 - e. Melakukan QC internal dan eksternal memastikan hasil pemeriksaan akurat dan konsisten.
 - f. Hasil pemeriksaan harus memiliki nilai presisi, akurasi, sensitivitas dan spesifisitas yang tinggi (*Clinical and Laboratory Standards Institute (CLSI) 2012*).

D. Jurnal Praktikum/laporan sementara

Judul	:	
Tujuan	:	
Prinsip	:	
Spesimen	:	
Pemeriksaan		

Alat dan Bahan :

Langkah Kerja :

Hasil : Data pasien

Kesimpulan :

Jakarta,

20...

Pembimbing

Praktikan

() ()

PENDAHULUAN

Kalium merupakan kation utama dalam sel dan kebutuhan tubuh yang berada di dalam cairan intrasel yang berfungsi memelihara keseimbangan osmotik dalam sel, meregulasikan aktifitas otot, enzim dan keseimbangan asam basa. Kalium berfungsi dalam menjaga kemampuan neuromuskular dan kontraksi otot. Kation utama cairan intrasel, diperlukan untuk pembentukan glikogen, sintesis protein, pengaturan keseimbangan asam basa karena ion K⁺ dapat diubah menjadi ion hidrogen (H⁺). Kalium sangat dibutuhkan tubuh manusia dalam jumlah sedikit, namun jika kadar kalium dalam darah berkurang dapat menyebabkan beberapa gangguan dalam tubuh, seperti gangguan gastrointestinal, gangguan sistim kardiovaskuler dan gangguan metabolisme. Jika kadar kalium mengalami peningkatan dapat menyebabkan beberapa gangguan seperti kelemahan otot, penurunan kesadaran dan kelumpuhan otot atau sistem pernafasan. Kalium dalam tubuh merupakan cerminan keseimbangan kalium yang masuk dan keluar.

Pemasukan kalium melalui saluran cerna tergantung dari jumlah dan jenis makanan. Kalium difiltrasi oleh glomerulus, sebagian besar (70-80%) direabsorpsi secara aktif maupun pasif di tubulus proksimal dan direabsorpsi bersama natrium dan klorida di lengkung henle. Kalium dikeluarkan dari tubuh melalui traktus gastrointestinal kurang dari 5%, kulit dan urine mencapai 90%. Gambaran klinis kelainan kalium merupakan gangguan yang paling mengancam nyawa dibandingkan yang lain. Gejala berkaitan dengan sistem syaraf dan otot jantung, rangka dan polos. Semua jaringan ini menggunakan kalium untuk mengatur ekstabilitas selnya.

Hiperkalemia menyebabkan perubahan elektro kardiogram yang akan menggambarkan efek yang sangat besar dari kelebihan kalium pada jantung, baik yang hipokalemia maupun hiperkalemia menyebabkan kelemahan otot dan hilangnya reflex tendon dalam gangguan motilitas saluran cerna dan kelainan mental. Akibat yang mematikan adalah paralisis otot pernafasan dan henti jantung, karena pemeriksaan klinis saja tidak dapat mendiagnosis dengan pasti adanya hipokalemia, pengobatan harus didasarkan pada pengukuran kalium serum yang akurat.

Bila kadar kalium kurang dari 3,5 mEq/L disebut sebagai hipokalemia dan kadar kalium lebih dari 5,3 mEq/L disebut sebagai hiperkalemia.

- Hiperkalemia

Gejala Klinis: Hiperkalemia dapat menjadi asymptomatic, yang berarti bahwa ia tidak menyebabkan gejala-gejala. Adakalanya, pasien-pasien dengan hyperkalemia melaporkan gejala-gejala yang samar-samar termasuk mual, lelah, kelemahan otot, atau perasaan-perasaan kesemutan. Penyebab:

1. Keluar dari sel dapat terjadi pada keadaan asidosis metabolik bukan oleh asidosis organik (ketoasidosis, asidosis laktat), defisit insulin, katabolisme jaringan meningkat, pemakaian obat penghambat- β adrenergik, dan pseudohiperkalemia.
2. Berkurangnya ekskresi kalium melalui ginjal terjadi pada keadaan hiperaldosteronisme, gagal ginjal, depleksi volume sirkulasi efektif, pemakaian siklosporin atau akibat koreksi ion kalium berlebihan dan pada kasus-kasus yang mendapat terapi angiotensin-converting enzyme inhibitor dan potassium sparing diuretics.
3. Pseudohiperkalemia dapat disebabkan oleh hemolisis, sampel tidak segera diperiksa atau akibat kesalahan preanalitik yang lain yaitu tornikuet pada lengan atas tidak dilepas sebelum diambil darah setelah penderita menggenggam tangannya berulang kali (peningkatan sampai 2 mmol/L). Jumlah trombosit $>500.000/mm^3$ atau leukosit $>70.000/mm^3$ juga dapat meningkatkan kadar kalium serum.

- Hipokalemia

Hipokalemia ringan biasanya tidak menyebabkan gejala sama sekali. Hipokalemia yang lebih berat (kurang dari 3 meq/L darah) bisa menyebabkan kelemahan otot, kejang otot dan bahkan kelumpuhan. Irama jantung menjadi tidak normal, terutama pada penderita penyakit jantung. (Dawodu S, 2004) Penyebab:

1. Asupan kalium yang kurang pada orang tua yang hanya mengonsumsi roti panggang dan teh, peminum alkohol berat yang jarang makan dengan baik, atau pada pasien sakit berat yang tidak dapat makan dan minum dengan baik melalui mulut atau disertai oleh masalah lain misalnya pada pemberian diuretik atau pemberian diet rendah kalori pada program menurunkan berat badan dapat menyebabkan hipokalemia.
2. Pengeluaran kalium yang berlebihan terjadi melalui saluran cerna seperti muntah-muntah, melalui ginjal seperti pemakaian diuretik, kelebihan hormon mineralokortikoid primer/hiperaldosteronisme primer (sindrom bartter atau sindrom gitelman) atau melalui keringat yang berlebihan.
3. Diare, tumor kolon (adenoma vilosa) dan pemakaian pencahar menyebabkan kalium keluar bersama bikarbonat pada saluran cerna bagian bawah (asidosis metabolik)
4. Kalium masuk ke dalam sel kalium masuk ke dalam sel dapat terjadi pada alkalosis ekstrasel, pemberian insulin, peningkatan aktivitas beta-adrenergik (pemakaian β 2-

agonis), paralisis periodik hipokalemik, dan hipotermia.

PEMERIKSAAN

A. Pra Analitik

1. Tujuan Pemeriksaan

- a. Untuk menentukan kadar elektrolit (Kalium) adanya gangguan keseimbangan tubuh, fungsi metabolik, penyakit atau kondisi lain yang menyebabkan kadar elektrolit tidak normal.
- b. Mengkonfirmasi dan memantau kondisi serius pada pasien gangguan keseimbangan elektrolit (Klorida) dan mengevaluasi efektivitas pengobatan.

2. Metode : Metode ISE (Ion Selective Electrode)

3. Prinsip :

Ion – ion elektrolit dalam spesimen darah akan berinteraksi dengan elektroda yang dirancang khusus untuk mendeteksi ion tersebut. Perbedaan potensial listrik yang dihasilkan dari interaksi ini diukur dan potensial ini perbandingan lurus dengan konsentrasi ion dalam spesimen.

4. Jenis dan Kriteria spesimen / Syarat sampel :

Spesimen pemeriksaan adalah serum, volume serum yang diperlukan sekitar 3 – 5 ml, menggunakan tabung vacutainer bertutup merah tanpa antikoagulan atau bertutup hijau dengan antikoagulan heparin. Kondisi serum harus jernih dan tidak hemolisis.

5. Alat dan Bahan

- a. Alat flebotomi (Torniquet, alkohol swab, plester, jarum, holder tabung Vacutainer serum tutup merah atau hijau / tabung Heparin).
- b. *Centrifuge* (Sentrifus).
- c. *Electrolite Analyzer*, ISE (*Ion Selective Electrode*)
- d. Reagen yang dirancang khusus yaitu CPC (Cresolphthalein Complexone, reagen dye, molibdat).
- e. Bahan kontrol/larutan standar
- f. Mikropipet.
- g. Bahan habis pakai : (*microtube*/tabung reaksi, *white tip*, *yellow tip* dan *blue tip*)

dan tissue.

B. Analitik

1. Prosedur Kerja

- a Pastikan spesimen dalam kondisi baik, volume cukup sesuai dengan persyaratan alat
- b Pastikan reagen sudah sesuai dengan jenis pemeriksaan yang akan dilakukan
- c Pastikan alat telah dikalibrasi terlebih dahulu sebelum digunakan untuk memastikan hasil yang akurat
- d Spesimen serum atau plasma yang sudah dipisahkan dari sel darah yang sudah siap.
- e Reagen kit yang sudah tersedia dalam bentuk kit dan siap digunakan
- f Spesimen yang sudah disiapkan ditempatkan pada tempat yang sesuai pada alat ISE.
- g Reagen ditambahkan kedalam spesimen sesuai dengan insstruksi alat ISE tersebut.
- h Alat akan melakukan proses pencampuran secara otomatis, Inkubasi (jika diperlukan) dan pembacaan hasil
- i Hasil pemeriksaan kadar natrium, kalium, klorida, kalsium, magnesium dan phosphor akan ditampilkan pada layar alat atau dicetak.
Hasil dicatat, dan diinterpretasikan sesuai dengan nilai normal atau kondisi pasien.

2. Nilai Normal :

Kalium : bayi : 3,6-5,8 mmol/L, anak dan dewasa : 3,5-5,5 mmo/L

3. Nilai Kritis

Beberapa laboratorium menetapkan nilai kritis untuk kadar

Kalium Rendah : $< 2,5$ mmol/L

Tinggi : $> 6,0$ mmol/L

4. Perhitungan

Konsentrasi ion dalam sampel dihitung berdasarkan perbandingan antara potensial yang dihasilkan oleh sampel dengan potensial standar, menggunakan persamaan atau kurva kalibrasi yang dibuat. Hasil pengukuran biasanya dalam satuan mV (mili Volt) yang kemudian dikonversi menjadi satuan konsentrasi yang sesuai (misalnya mg/dL atau mmol/L).

Contoh :

Larutan kalium konsentrasi 100 mg/dL, menghasilkan potensial 100 mV dan sampel uji menghasilkan potensial 50 mV maka konsentrasi kalium dalam sampel dapat diperkirakan sebagai 50 mg/dL (dengan asumsi hubungan linear)

C. Post Analitik

1. Pelaporan hasil

Setelah pemeriksaan kadar elektrolit (natrium, kalium, klorida, kalsium, magnesium dan phosphor) selesai, hasil akan dilaporkan langkah penting yang harus dilakukan dengan cermat dan akurat memastikan klinisi mendapatkan informasi yang benar untuk mengambil keputusan klinis, dengan langkah.

a. Identitas pasien :

Nama pasien, umur, jenis kelamin, dokter yang merawat dan tanggal pemeriksaan.

b. Validasi hasil :

Pastikan Hasil kontrol (QC) kualitas harian berada pada rentang yang diterima, jika tidak hasil pasien tidak boleh dilaporkan dan pemeriksaan diulang (melihat riwayat klinis pasien dan melihat trend atau perubahan yang signifikan).

c. Pelaporan Nilai Kritis

Jika dijumpai hasil pemeriksaan kadar elektrolit (natrium, kalium, klorida, kalsium, magnesium dan phosphor) didapatkan nilai kritis tinggi dan nilai kritis rendah (nilai yang mengancam jiwa, dan memerlukan tindakan medis segera) dengan prosedur yang ditetapkan di tempat pelayanan kesehatan tersebut

2. Sumber Kesalahan Hasil

Secara umum sumber kesalahan pada

- a Pre Analitik : Terlalu lama pemasangan pembendungan (tourniquet), koleksi sampel darah tidak tepat, penyimpanan sampel darah yang tidak tepat dan penggunaan antikoagulan yang tepat.
- b Analitik : Alat ISE yang tidak dikalibrasi, penggunaan reagen yang kadaluarsa, dan kesalahan dalam proses analisis.
- c Post Analitik : Interpretasi dan pelaporan hasil yang tidak sesuai dan kesalahan dalam pelaporan hasil.

Secara Khusus sumber kesalahan pemeriksaan Elektrolit (natrium, kalium, klorida, kalsium, magnesium dan phosphor) adalah pasien yang melakukan aktifitas fisik yang berlebihan sebelum melakukan pemeriksaan dan penggunaan obat-obatan tertentu yang

dapat meningkatkan kadar elektrolit (natrium, kalium, klorida, kalsium, magnesium dan phosphor).

3. Jaminan Mutu Pemeriksaan Elektrolit (natrium, kalium, klorida, kalsium, magnesium dan phosphor)
 - a. Pastikan spesimen benar (representatif)
 - b. Reagen yang digunakan memiliki kadaluarsa yang berlaku dan sesuai dengan instrumen (manual book)
 - c. Instrumen dalam keadaan baik dan memastikan kinerja instrumen optimal. (terkalibrasi)
 - d. Personil laboratorium yang sudah mengikuti pelatihan dan sudah berpengalaman, memahami prosedur pemeriksaan dan dapat melakukan kontrol kualitas yang benar.
 - e. Melakukan QC internal dan eksternal memastikan hasil pemeriksaan akurat dan konsisten.
 - f. Hasil pemeriksaan harus memiliki nilai presisi, akurasi, sensitivitas dan spesifisitas yang tinggi (*Clinical and Laboratory Standards Institute (CLSI) 2012*).

D. Jurnal Praktikum/laporan sementara

Judul	:	
Tujuan	:	
Prinsip	:	
Spesimen	:	
Pemeriksaan		

Alat dan Bahan :

Langkah Kerja :

Hasil : Data pasien

Kesimpulan :

Jakarta,

20...

Pembimbing

Praktikan

() ()

PENDAHULUAN

Kalsium adalah mineral yang dibutuhkan tubuh untuk membangun sel, memperbaiki tulang dan gigi, kalsium juga membantu kerja saraf, otot, jantung dan pembekuan darah. Pemeriksaan kadar kalsium dalam darah bertujuan untuk menentukan kalsium dalam darah, menegakkan diagnosa terkait kadar kalsium yang terlalu rendah (hipokalsemia) maupun yang terlalu tinggi (hiperkalsemia). Kadar kalsium terlalu tinggi dapat menimbulkan gejala seperti sakit kepala, kelelahan, mual, muntah, hilang nafsu makan, rasa haus, sering buang air kecil.

Hiperkalsemia dapat disebabkan berbagai kondisi seperti hiperparatiroidisme yakni kondisi ketika kelenjar paratiroid menghasilkan terlalu banyak hormon, penyakit Paget yang membuat tulang menjadi besar, lemah dan rentan patah, kanker terutama yang sudah menyebar ke tulang, terlalu sering mengonsumsi antasida yang mengandung kalsium, asupan kalsium berlebihan dari suplemen, vitamin D dan susu. Kadar kalsium rendah dapat menyebabkan kram otot, kulit kering, kuku rapuh, kesemutan, detak jantung tidak teratur, rasa gelisah dan kebingungan.

Beberapa kondisi penyebab hipokalsemia adalah hipoparatiroidisme yakni kondisi ketika kelenjar paratiroid menghasilkan sedikit hormon, hipoalbuminemia, kegunaan obat pencahar, malnutrisi yang diakibatkan oleh celiac pancreatitis, alkoholisme, gangguan tulang seperti osteomalasia dan riketsia, kekurangan vitamin D dan magnesium.

PEMERIKSAAN

A. Pra Analitik

1. Tujuan Pemeriksaan

- a Untuk menentukan kadar elektrolit (Kalsium) adanya gangguan keseimbangan tubuh, fungsi metabolik, penyakit atau kondisi lain yang menyebabkan kadar elektrolit tidak normal.
- b Mengkonfirmasi dan memantau kondisi serius pada pasien gangguan keseimbangan elektrolit (Klorida) dan mengevaluasi efektivitas pengobatan.

2. Metode : Metode ISE (Ion Selective Electrode)

3. Prinsip :

Ion – ion elektrolit dalam spesimen darah akan berinteraksi dengan elektroda yang dirancang khusus untuk mendeteksi ion tersebut. Perbedaan potensial listrik yang dihasilkan dari interaksi ini diukur dan potensial ini perbandingan lurus dengan konsentrasi ion dalam spesimen.

4. Jenis dan Kriteria spesimen / Syarat sampel :

Spesimen pemeriksaan adalah serum, volume serum yang diperlukan sekitar 3 – 5 ml, menggunakan tabung vacutainer bertutup merah tanpa antikoagulan atau bertutup hijau dengan antikoagulan heparin. Kondisi serum harus jernih dan tidak hemolisis.

5. Alat dan Bahan

- a Alat flebotomi (Torniquet, alkohol swab, plester, jarum, holder tabung Vacutainer serum tutup merah atau hijau / tabung Heparin).
- b *Centrifuge* (Sentrifus).
- c *Electrolite Analyzer*, ISE (*Ion Selective Electrode*)
- d Reagen yang dirancang khusus yaitu CPC (Cresolphthalein Complexone, reagen dye, molibdat).
- e Bahan kontrol/larutan standar
- f Mikropipet.
- g Bahan habis pakai : (*microtube*/tabung reaksi, *white tip*, *yellow tip* dan *blue tip*) dan tissue.

B. Analitik

1. Prosedur Kerja

- a Pastikan spesimen dalam kondisi baik, volume cukup sesuai dengan persyaratan alat
- b Pastikan reagen sudah sesuai dengan jenis pemeriksaan yang akan dilakukan
- c Pastikan alat telah dikalibrasi terlebih dahulu sebelum digunakan untuk memastikan hasil yang akurat
- d Spesimen serum atau plasma yang sudah dipisahkan dari sel darah yang sudah siap.
- e Reagen kit yang sudah tersedia dalam bentuk kit dan siap digunakan
- f Spesimen yang sudah disiapkan ditempatkan pada tempat yang sesuai pada alat ISE.
- g Reagen ditambahkan kedalam spesimen sesuai dengan insstruksi alat ISE tersebut.
- h Alat akan melakukan proses pencampuran secara otomatis, Inkubasi (jika diperlukan) dan pembacaan hasil
- i Hasil pemeriksaan kadar natrium, kalium, klorida, kalsium, magnesium dan phosphor akan ditampilkan pada layar alat atau dicetak.
Hasil dicatat, dan diinterpretasikan sesuai dengan nilai normal atau kondisi pasien.

2. Nilai Normal :

Kalsium : 8,5 -10,2 mg/dL atau 2.15-2.55 mmol/L

3. Nilai Kritis

Beberapa laboratorium menetapkan nilai kritis untuk kadar

Kalsium Rendah : < 6 mg/dL atau < 1.5 mmol/L

Tinggi : > 13 mg/dL atau >3.25 mmol/L

4. Perhitungan

Konsentrasi ion dalam sampel dihitung berdasarkan perbandingan antara potensial yang dihasilkan oleh sampel dengan potensial standar, menggunakan persamaan atau kurva kalibrasi yang dibuat. Hasil pengukuran biasanya dalam satuan mV (mili Volt) yang kemudian dikonversi menjadi satuan konsentrasi yang sesuai (misalnya mg/dL atau mmol/L).

Contoh :

Larutan kalsium konsentrasi 100 mg/dL, menghasilkan potensial 100 mV dan

sampel uji menghasilkan potensial 50 mV maka konsentrasi kalsium dalam sampel dapat diperkirakan sebagai 50 mg/dL (dengan asumsi hubungan linear)

C. Post Analitik

1. Pelaporan hasil

Setelah pemeriksaan kadar elektrolit (natrium, kalium, klorida, kalsium, magnesium dan phosphor) selesai, hasil akan dilaporkan langkah penting yang harus dilakukan dengan cermat dan akurat memastikan klinisi mendapatkan informasi yang benar untuk mengambil keputusan klinis, dengan langkah.

a. Identitas pasien :

Nama pasien, umur, jenis kelamin, dokter yang merawat dan tanggal pemeriksaan.

b. Validasi hasil :

Pastikan Hasil kontrol (QC) kualitas harian berada pada rentang yang diterima, jika tidak hasil pasien tidak boleh dilaporkan dan pemeriksaan diulang (melihat riwayat klinis pasien dan melihat trend atau perubahan yang signifikan).

c. Pelaporan Nilai Kritis

Jika dijumpai hasil pemeriksaan kadar elektrolit (natrium, kalium, klorida, kalsium, magnesium dan phosphor) didapatkan nilai kritis tinggi dan nilai kritis rendah (nilai yang mengancam jiwa, dan memerlukan tindakan medis segera) dengan prosedur yang ditetapkan di tempat pelayanan kesehatan tersebut

2. Sumber Kesalahan Hasil

Secara umum sumber kesalahan pada

- a Pre Analitik : Terlalu lama pemasangan Pembendungan (tourniquet), koleksi sampel darah tidak tepat, penyimpanan sampel darah yang tidak tepat dan penggunaan antikoagulan yang tepat.
- b Analitik : Alat ISE yang tidak dikalibrasi, penggunaan reagen yang kadaluarsa, dan kesalahan dalam proses analisis.
- c Post Analitik : Interpretasi dan pelaporan hasil yang tidak sesuai dan kesalahan dalam pelaporan hasil.

Secara Khusus sumber kesalahan pemeriksaan Elektrolit (natrium, kalium, klorida, kalsium, magnesium dan phosphor) adalah pasien yang melakukan aktifitas fisik yang berlebihan sebelum melakukan pemeriksaan dan penggunaan obat-obatan tertentu yang dapat meningkatkan kadar elektrolit (natrium, kalium, klorida, kalsium, magnesium dan

phosphor).

3. Jaminan Mutu Pemeriksaan Elektrolit (natrium, kalium, klorida, kalsium, magnesium dan phosphor)
 - a. Pastikan spesimen benar (representatif)
 - b. Reagen yang digunakan memiliki kadaluarsa yang berlaku dan sesuai dengan instrumen (manual book)
 - c. Instrumen dalam keadaan baik dan memastikan kinerja instrumen optimal. (terkalibrasi)
 - d. Personil laboratorium yang sudah mengikuti pelatihan dan sudah berpengalaman, memahami prosedur pemeriksaan dan dapat melakukan kontrol kualitas yang benar.
 - e. Melakukan QC internal dan eksternal memastikan hasil pemeriksaan akurat dan konsisten.
 - f. Hasil pemeriksaan harus memiliki nilai presisi, akurasi, sensitivitas dan spesifisitas yang tinggi (*Clinical and Laboratory Standards Institute (CLSI) 2012*).

D. Jurnal Praktikum/laporan sementara

Judul	:	
Tujuan	:	
Prinsip	:	
Spesimen	:	
Pemeriksaan		
Alat dan Bahan	:	

Langkah Kerja :

Hasil : Data pasien

Kesimpulan :

Jakarta,

20...

Pembimbing

Praktikan

() ()

PENDAHULUAN

Pemeriksaan kadar magnesium dalam tubuh memiliki signifikansi yang besar dalam menilai kesehatan secara keseluruhan. Magnesium adalah mineral yang berfungsi sebagai kofaktor untuk lebih dari 300 reaksi enzimatik yang penting dalam tubuh, termasuk metabolisme makanan, sintesis protein, dan fungsi otot serta saraf (Agbecha, 2022; Fiorentini et al., 2021). Sebagai kation intraseluler yang paling banyak kedua setelah kalium, magnesium juga berperan dalam menjaga homeostasis kalsium dan kesehatan tulang (Siyani et al., 2023). Oleh karena itu, pemeriksaan kadar magnesium bisa mencerminkan status kesehatan berbagai sistem tubuh.

Kekurangan magnesium atau hipomagnesemia dapat berkontribusi terhadap perkembangan berbagai penyakit kronis seperti hipertensi, diabetes tipe 2, dan gangguan kardiovaskular. Penelitian menunjukkan bahwa kadar magnesium yang rendah berhubungan dengan peningkatan tekanan darah pada populasi yang berbeda, sehingga memberikan wawasan mengenai peran penanganan magnesium dalam pencegahan komplikasi kardiak (Al Alawi et al., 2018; Bialas et al., 2022) dan juga interaksi magnesium dengan insulin (M. Gommers et al., 2015; Xu et al., 2013). Dalam konteks diabetes, magnesium berperan dalam pengaturan glukosa dan resistensi insulin, yang berdampak langsung pada komplikasi diabetes (Prasetyorini et al., 2023; Yusran et al., 2022).

Pemeriksaan magnesium dapat dilakukan melalui analisis serum atau urin, yang masing-masing memberikan informasi yang berbeda terkait dengan status magnesium dalam tubuh. Kadar serum magnesium sering dianggap sebagai indikator utama, tetapi pengukuran magnesium dalam urin dapat memberikan gambaran tentang keseimbangan magnesium dalam tubuh, mencerminkan apakah seseorang kekurangan atau kelebihan magnesium (Agbecha, 2022; Fiorentini et al., 2021; Herroeder et al., 2011). Dalam populasi berisiko, termasuk pasien diabetes dan mereka yang mendapatkan perawatan intensif, pengawasan terhadap kadar magnesium menjadi sangat penting karena hipomagnesemia sering terjadi dan berkaitan dengan peningkatan morbiditas dan mortalitas (Al Alawi et al., 2018; Gratya et al., 2017). Selain itu, pengambilan magnesium melalui diet sehari-hari juga perlu diperhatikan, karena banyak individu mengonsumsi makanan dengan kadar magnesium yang rendah, terutama dalam pola makan modern yang banyak diproses (Rosanoff et al., 2016). Makanan kaya magnesium seperti kacang-kacangan, biji-bijian, dan sayuran hijau seharusnya menjadi bagian dari rekomendasi gizi bagi masyarakat untuk mencegah defisiensi magnesium dan komplikasi kesehatan terkait.

PEMERIKSAAN

A. Pra Analitik

1. Tujuan Pemeriksaan

- a Untuk menentukan kadar elektrolit (Magnesium) adanya gangguan keseimbangan tubuh, fungsi metabolik , penyakit atau kondisi lain yang menyebabkan kadar elektrolit tidak normal.
- b Mengkonfirmasi dan memantau kondisi serius pada pasien gangguan keseimbangan elektrolit (Klorida) dan mengevaluasi efektivitas pengobatan.

2. Metode : Metode ISE (Ion Selective Electrode)

3. Prinsip :

Ion – ion elektrolit dalam spesimen darah akan berinteraksi dengan elektroda yang dirancang khusus untuk mendeteksi ion tersebut. Perbedaan potensial listrik yang dihasilkan dari interaksi ini diukur dan potensial ini perbandingan lurus dengan konsentrasi ion dalam spesimen.

4. Jenis dan Kriteria spesimen / Syarat sampel :

Spesimen pemeriksaan adalah serum, volume serum yang diperlukan sekitar 3 – 5 ml, menggunakan tabung vacutainer bertutup merah tanpa antikoagulan atau bertutup hijau dengan antikoagulan heparin. Kondisi serum harus jernih dan tidak hemolisis.

5. Alat dan Bahan

- a Alat flebotomi (Torniquet, alkohol swab, plester, jarum, holder tabung Vacutainer serum tutup merah atau hijau / tabung Heparin).
- b *Centrifuge* (Sentrifus).
- c *Electrolite Analyzer* , ISE (*Ion Selective Electrode*)
- d Reagen yang dirancang khusus yaitu CPC (*Cresolphthalein Complexone*, reagen dye, molibdat.
- e Bahan kontrol/larutan standar
- f Mikropipet.
- g Bahan habis pakai : (*microtube*/tabung reaksi, *white tip*, *yellow tip* dan *blue tip*) dan tissue.

B. Analitik

1. Prosedur Kerja

- a Pastikan spesimen dalam kondisi baik, volume cukup sesuai dengan persyaratan alat
- b Pastikan reagen sudah sesuai dengan jenis pemeriksaan yang akan dilakukan
- c Pastikan alat telah dikalibrasi terlebih dahulu sebelum digunakan untuk memastikan hasil yang akurat
- d Spesimen serum atau plasma yang sudah dipisahkan dari sel darah yang sudah siap.
- e Reagen kit yang sudah tersedia dalam bentuk kit dan siap digunakan
- f Spesimen yang sudah disiapkan ditempatkan pada tempat yang sesuai pada alat ISE.
- g Reagen ditambahkan kedalam spesimen sesuai dengan insstruksi alat ISE tersebut.
- h Alat akan melakukan proses pencampuran secara otomatis, Inkubasi (jika diperlukan) dan pembacaan hasil
- i Hasil pemeriksaan kadar natrium, kalium, klorida, kalsium, magnesium dan phosphor akan ditampilkan pada layar alat atau dicetak.

Hasil dicatat, dan diinterpretasikan sesuai dengan nilai normal atau kondisi pasien.

2. Nilai Normal :

Magnesium : 0,70 – 1,05 mmol/L

3. Beberapa laboratorium menetapkan nilai kritis untuk kadar

Magnesium Rendah : < 0,4 mmol/ L

Tinggi : > 2,0 mmol/L

4. Perhitungan

Konsentrasi ion dalam sampel dihitung berdasarkan perbandingan antara potensial yang dihasilkan oleh sampel dengan potensial standar, menggunakan persamaan atau kurva kalibrasi yang dibuat. Hasil pengukuran biasanya dalam satuan mV (mili Volt) yang kemudian dikonversi menjadi satuan konsentrasi yang sesuai (misalnya mg/dL atau mmol/L).

Contoh :

Larutan kalsium konsentrasi 100 mg/dL, menghasilkan potensial 100 mV dan sampel uji menghasilkan potensial 50 mV maka konsentrasi kalsium dalam sampel dapat diperkirakan sebagai 50 mg/dL (dengan asumsi hubungan linear)

C. Post Analitik

1. Pelaporan hasil

Setelah pemeriksaan kadar elektrolit (natrium, kalium, klorida, kalsium, magnesium dan phosphor) selesai, hasil akan dilaporkan langkah penting yang harus dilakukan dengan cermat dan akurat memastikan klinisi mendapatkan informasi yang benar untuk mengambil keputusan klinis, dengan langkah.

a. Identitas pasien :

Nama pasien, umur, jenis kelamin, dokter yang merawat dan tanggal pemeriksaan.

b. Validasi hasil :

Pastikan Hasil kontrol (QC) kualitas harian berada pada rentang yang diterima, jika tidak hasil pasien tidak boleh dilaporkan dan pemeriksaan diulang (melihat riwayat klinis pasien dan melihat trend atau perubahan yang signifikan).

c. Pelaporan Nilai Kritis

Jika dijumpai hasil pemeriksaan kadar elektrolit (natrium, kalium, klorida, kalsium, magnesium dan phosphor) didapatkan nilai kritis tinggi dan nilai kritis rendah (nilai yang mengancam jiwa, dan memerlukan tindakan medis segera) dengan prosedur yang ditetapkan di tempat pelayanan kesehatan tersebut

2. Sumber Kesalahan Hasil

Secara umum sumber kesalahan pada

- a Pre Analitik : Terlalu lama pemasangan Pembendungan (tourniquet), koleksi sampel darah tidak tepat, penyimpanan sampel darah yang tidak tepat dan penggunaan antikoagulan yang tepat.
- b Analitik : Alat ISE yang tidak dikalibrasi, penggunaan reagen yang kadaluarsa, dan kesalahan dalam proses analisis.
- c Post Analitik : Interpretasi dan pelaporan hasil yang tidak sesuai dan kesalahan dalam pelaporan hasil.

Secara Khusus sumber kesalahan pemeriksaan Elektrolit (natrium, kalium, klorida, kalsium, magnesium dan phosphor) adalah pasien yang melakukan aktifitas fisik yang berlebihan sebelum melakukan pemeriksaan dan penggunaan obat-obatan tertentu yang dapat meningkatkan kadar elektrolit (natrium, kalium, klorida, kalsium, magnesium dan phosphor).

3. Jaminan Mutu Pemeriksaan Elektrolit (natrium, kalium, klorida, kalsium, magnesium dan phosphor)
 - a. Pastikan spesimen benar (representatif)
 - b. Reagen yang digunakan memiliki kadaluarsa yang berlaku dan sesuai dengan instrumen (manual book)
 - c. Instrumen dalam keadaan baik dan memastikan kinerja instrumen optimal. (terkalibrasi)
 - d. Personil laboratorium yang sudah mengikuti pelatihan dan sudah berpengalaman, memahami prosedur pemeriksaan dan dapat melakukan kontrol kualitas yang benar.
 - e. Melakukan QC internal dan eksternal memastikan hasil pemeriksaan akurat dan konsisten.
 - f. Hasil pemeriksaan harus memiliki nilai presisi, akurasi, sensitivitas dan spesifisitas yang tinggi (*Clinical and Laboratory Standards Institute (CLSI) 2012*).

D. Jurnal Praktikum/laporan sementara

Judul	:
Tujuan	:
Prinsip	:
Spesimen	:
Pemeriksaan	

Alat dan Bahan	:
Langka Kerja	:
Hasil	: Data pasien
Kesimpulan	:

Jakarta, 20...

Pembimbing

Praktikan

() ()

PENDAHULUAN

Phosphor adalah mineral penting yang dibutuhkan tubuh untuk berbagai fungsi vital. Phosphor berperan dalam pembentukan tulang dan gigi, menghasilkan energi, serta membangun protein untuk pertumbuhan dan perbaikan sel dan jaringan. Pemeriksaan Phosphor dalam darah adalah penting untuk mengevaluasi fungsi ginjal, kesehatan tulang dan metabolisme tubuh secara keseluruhan. Phosphor diekskresikan oleh ginjal sehingga kadar phosphor yang tidak normal dapat juga mengindikasikan masalah pada ginjal. Phosphor elektrolit berperan penting, Dalam metabolisme, phosphor bekerjasama dengan kalsium membangun dan menjaga kesehatan tulang dan membantu mendeteksi gangguan tulang seperti osteoporosis.

Hiperfosfatemia adalah kondisi kadar fosfat dalam darah lebih tinggi dari normal (umumnya $>4,5$ mg/dL pada orang dewasa). Penyebab Gagal ginjal kronis dimana Ginjal tidak dapat membuang kelebihan fosfat secara efektif. Hipoparatiroidisme yaitu Kelenjar paratiroid yang kurang aktif, sehingga kadar kalsium rendah dan fosfat meningkat. sindrom tumor lisis, Konsumsi obat pencahar yang mengandung fosfat secara berlebihan, cedera otot atau sesak napas. Dalam kondisi tertentu dapat meningkatkan kadar fosfat pada kasus berat seperti gatal-gatal, nyeri tulang dan sendi, kalsifikasi jaringan lunak, masalah otot, hingga risiko serangan jantung, stroke, atau kematian jika tidak segera ditangani. Hipofosfatemia adalah kondisi kadar fosfat dalam darah lebih rendah dari normal ($<2,5$ mg/dL pada orang dewasa). Penyebabnya seperti malnutrisi berat, konsumsi alkohol berlebihan, luka bakar parah, ketoasidosis diabetik, kekurangan vitamin D, Hiperparatiroidisme, diare kronis, penggunaan obat tertentu: Seperti diuretik, antasida, atau bronkodilator.

PEMERIKSAAN

A. Pra Analitik

1. Tujuan Pemeriksaan

- a Untuk menentukan kadar elektrolit (Phosphor) adanya gangguan keseimbangan tubuh, fungsi metabolik, penyakit atau kondisi lain yang menyebabkan kadar elektrolit tidak normal.
- b Mengkonfirmasi dan memantau kondisi serius pada pasien gangguan keseimbangan elektrolit (Phosphor) dan mengevaluasi efektivitas pengobatan.

2. Metode : Metode ISE (Ion Selective Electrode)

3. Prinsip :

Ion – ion elektrolit dalam spesimen darah akan berinteraksi dengan elektroda yang dirancang khusus untuk mendeteksi ion tersebut. Perbedaan potensial listrik yang dihasilkan dari interaksi ini diukur dan potensial ini perbandingan lurus dengan konsentrasi ion dalam spesimen.

4. Jenis dan Kriteria spesimen / Syarat sampel :

Spesimen pemeriksaan adalah serum, volume serum yang diperlukan sekitar 3 – 5 ml, menggunakan tabung vacutainer bertutup merah tanpa antikoagulan atau bertutup hijau dengan antikoagulan heparin. Kondisi serum harus jernih dan tidak hemolisis.

5. Alat dan Bahan

- a Alat flebotomi (Torniquet, alkohol swab, plester, jarum, holder tabung Vacutainer serum tutup merah atau hijau / tabung Heparin).
- b *Centrifuge* (Sentrifus).
- c *Electrolite Analyzer*, ISE (*Ion Selective Electrode*)
- d Reagen yang dirancang khusus yaitu CPC (Cresolphthalein Complexone, reagen dye, molibdat).
- e Bahan kontrol/larutan standar
- f Mikropipet.
- g Bahan habis pakai : (*microtube*/tabung reaksi, white tip, yellow tip dan blue tip) dan tissue.

B. Analitik

1. Prosedur Kerja

- a Pastikan spesimen dalam kondisi baik, volume cukup sesuai dengan persyaratan alat
- b Pastikan reagen sudah sesuai dengan jenis pemeriksaan yang akan dilakukan
- c Pastikan alat telah dikalibrasi terlebih dahulu sebelum digunakan untuk memastikan hasil yang akurat
- d Spesimen serum atau plasma yang sudah dipisahkan dari sel darah yang sudah siap.
- e Reagen kit yang sudah tersedia dalam bentuk kit dan siap digunakan
- f Spesimen yang sudah disiapkan ditempatkan pada tempat yang sesuai pada alat ISE.
- g Reagen ditambahkan kedalam spesimen sesuai dengan insstruksi alat ISE tersebut.
- h Alat akan melakukan proses pencampuran secara otomatis, Inkubasi (jika diperlukan) dan pembacaan hasil
- i Hasil pemeriksaan kadar natrium, kalium, klorida, kalsium, magnesium dan phosphor akan ditampilkan pada layar alat atau dicetak.
Hasil dicatat, dan diinterpretasikan sesuai dengan nilai normal atau kondisi pasien.

2. Nilai Normal :

Phosphor : 2.5 -4.5 mg/dL atau 0.81 – 1.45 mmol/L (tergantung sumber dan laboratorium)

3. Beberapa laboratorium menetapkan nilai kritis untuk kadar

Phosfor Rendah : < 1.0 mg/dl atau < 0.3 mmol/L

Tinggi : > 8.0 mg/dL atau >2.6 mmol/L

4. Perhitungan

Konsentrasi ion dalam sampel dihitung berdasarkan perbandingan antara potensial yang dihasilkan oleh sampel dengan potensial standar, menggunakan persamaan atau kurva kalibrasi yang dibuat. Hasil pengukuran biasanya dalam satuan mV (mili Volt) yang kemudian dikonversi menjadi satuan konsentrasi yang sesuai (misalnya mg/dL atau mmol/L).

Contoh :

Larutan kalsium konsentrasi 100 mg/dL, menghasilkan potensial 100 mV dan sampel uji menghasilkan potensial 50 mV maka konsentrasi kalsium dalam sampel dapat diperkirakan sebagai 50 mg/dL (dengan asumsi hubungan linear)

C. Post Analitik

1. Pelaporan hasil

Setelah pemeriksaan kadar elektrolit (natrium, kalium, klorida, kalsium, magnesium dan phosphor) selesai, hasil akan dilaporkan langkah penting yang harus dilakukan dengan cermat dan akurat memastikan klinisi mendapatkan informasi yang benar untuk mengambil keputusan klinis, dengan langkah.

a. Identitas pasien :

Nama pasien, umur, jenis kelamin, dokter yang merawat dan tanggal pemeriksaan.

b. Validasi hasil :

Pastikan Hasil kontrol (QC) kualitas harian berada pada rentang yang diterima, jika tidak hasil pasien tidak boleh dilaporkan dan pemeriksaan diulang (melihat riwayat klinis pasien dan melihat trend atau perubahan yang signifikan).

c. Pelaporan Nilai Kritis

Jika dijumpai hasil pemeriksaan kadar elektrolit (natrium, kalium, klorida, kalsium, magnesium dan phosphor) didapatkan nilai kritis tinggi dan nilai kritis rendah (nilai yang mengancam jiwa, dan memerlukan tindakan medis segera) dengan prosedur yang ditetapkan di tempat pelayanan kesehatan tersebut

2. Sumber Kesalahan Hasil

Secara umum sumber kesalahan pada

- a Pre Analitik : Terlalu lama pemasangan pembendungan (tourniquet), koleksi sampel darah tidak tepat, penyimpanan sampel darah yang tidak tepat dan penggunaan antikoagulan yang tepat.
- b Analitik : Alat ISE yang tidak dikalibrasi, penggunaan reagen yang kadaluarsa, dan kesalahan dalam proses analisis.
- c Post Analitik : Interpretasi dan pelaporan hasil yang tidak sesuai dan kesalahan dalam pelaporan hasil.

Secara Khusus sumber kesalahan pemeriksaan Elektrolit (natrium, kalium, klorida, kalsium, magnesium dan phosphor) adalah pasien yang melakukan aktifitas fisik yang berlebihan sebelum melakukan pemeriksaan dan penggunaan obat-obatan tertentu yang dapat meningkatkan kadar elektrolit (natrium, kalium, klorida, kalsium, magnesium dan phosphor).

3. Jaminan Mutu Pemeriksaan Elektrolit (natrium, kalium, klorida, kalsium, magnesium dan phosphor)
 - a. Pastikan spesimen benar (representatif)
 - b. Reagen yang digunakan memiliki kadaluarsa yang berlaku dan sesuai dengan instrumen (manual book)
 - c. Instrumen dalam keadaan baik dan memastikan kinerja instrumen optimal. (terkalibrasi)
 - d. Personil laboratorium yang sudah mengikuti pelatihan dan sudah berpengalaman, memahami prosedur pemeriksaan dan dapat melakukan kontrol kualitas yang benar.
 - e. Melakukan QC internal dan eksternal memastikan hasil pemeriksaan akurat dan konsisten.
 - f. Hasil pemeriksaan harus memiliki nilai presisi, akurasi, sensitivitas dan spesifisitas yang tinggi (*Clinical and Laboratory Standards Institute (CLSI) 2012*).

D. Jurnal Praktikum/laporan sementara

Judul	:
Tujuan	:
Prinsip	:
Spesimen	:
Pemeriksaan	

Alat dan Bahan	:	
Langkah Kerja	:	
Hasil	:	Data pasien
Kesimpulan	:	

Jakarta, 20...

Pembimbing

Praktikan

() ()



EVALUASI

A. Tugas

Mahasiswa membuat ringkasan sebagai berikut :

1. Menjabarkan tentang metabolisme elektrolit dalam tubuh
2. Menjelaskan tentang Jenis – jenis elektrolit dan fungsinya
3. Metode Pemeriksaan dan arti klinis dari hasil pemeriksaan elektrolit.

B. Tes

Soal Kasus.

1. ATLM melakukan pemeriksaan elektrolit pada pasien laki – laki umur 70 tahun atas rekomendasi dokter dengan diagnosis kejang. Dokter meminta pemeriksaan kadar elektrolit kalsium ATLM Melakukan pemerksaan dan didapatkan hasil Kalsium serum 7.0 mg/dL. Sebutkan kemungkinan diagnosis yang mendasari kondisi pasien?
 - a. Anemia
 - b. Hiperglikemia
 - c. Hiperalbuminemia
 - d. Hipokalsemia
 - e. Natremia
2. Seorang pasien laki-laki, usia 52 tahun, datang ke IGD dengan keluhan mual, muntah, dan diare berat selama 2 hari. Pada pemeriksaan fisik, pasien tampak lemas, mukosa mulut kering, turgor kulit menurun, dan tekanan darah 90/60 mmHg. Hasil pemeriksaan laboratorium menunjukkan kadar natrium 130 mmol/L (normal: 135–145 mmol/L), kalium 2,8 mmol/L (normal: 3,5–5,0 mmol/L), dan klorida 95 mmol/L (normal: 98–105 mmol/L). Apa diagnosis gangguan elektrolit yang paling mungkin pada pasien ini?
 - a. Hipernatremia dan hyperkalemia
 - b. Hiponatremia dan hyperkalemia

- c. Hiponatremia dan hypokalemia
 - d. Hipernatremia dan hypokalemia
 - e. Tidak ada gangguan elektrolit
3. Seorang anak perempuan, usia 6 tahun, dibawa ke rumah sakit karena diare cair lebih dari 10 kali sehari disertai muntah-muntah. Keadaan umum tampak lemah, mata cekung, dan turgor kulit menurun. Hasil pemeriksaan laboratorium menunjukkan kadar natrium 138 mmol/L (normal: 135–145 mmol/L), kalium 3,2 mmol/L (normal: 3,5–5,0 mmol/L), dan klorida 100 mmol/L (normal: 98–107 mmol/L). Gangguan elektrolit apa yang paling mungkin terjadi pada pasien ini?
- a. Hipernatremia dan hyperkalemia
 - b. Hiponatremia dan hyperkalemia
 - c. Hiponatremia dan hypokalemia
 - d. Normonatremia dan hipokalemia
 - e. Hipernatremia dan hipokalemia
4. Mineral yang berfungsi dalam proses pembentukan gigi adalah
- a. Magnesium
 - b. Kalsium
 - c. Natrium
 - d. Zat Besi
 - e. Mangan
5. Pernyataan di bawah ini yang bukan disebabkan oleh gejala Kadar kalsium rendah adalah, kecuali
- a. keram otot
 - b. Kulit lembab
 - c. Sering Buang air kecil
 - d. Rasa gelisah dan kebingungan.
 - e. Detak jantung tidak teratur
6. Sampel apa yang paling sering digunakan untuk pemeriksaan elektrolit tubuh di laboratorium klinik?

- a. Urin
- b. Serum darah
- c. Air liur
- d. Cairan serebrospinal
- e. Keringat

Kunci Jawaban :

- 1. D
- 2. C
- 3. D
- 4. B
- 5. B
- 6. B

c. Penilaian (Kognitif, Psikomotor, Afektif)

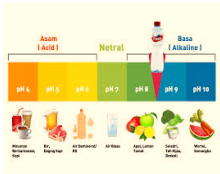
- 1. Kognitif 25 %
- 2. Psikomotor 60 %
- 3. Afektif 15 %



DAFTAR PUSTAKA

- Agbecha, A. (2022). Magnesium Metabolism and Its Assessment. *International Journal of Frontiers in Chemistry and Pharmacy Research*.
<https://doi.org/10.53294/ijfcpr.2021.1.1.0055>
- Al Alawi, A. M., Majoni, S. W., & Falhammar, H. (2018). Magnesium and Human Health: Perspectives and Research Directions. *International Journal of Endocrinology*.
<https://doi.org/10.1155/2018/9041694>
- Białas, F., Machaj, D., Baciur, P., Skowrońska, K., & Chmura, A. (2022). The Role of Magnesium Deficiency in the Pathogenesis of Hypertension and the Influence of Magnesium Supplementation on Blood Pressure – Literature Review. *Journal of Education Health and Sport*. <https://doi.org/10.12775/jehs.2022.12.09.010>
- Burtis, C. A., & Bruns, D. E. (2015). *Tietz Fundamentals of Clinical Chemistry and Molecular Diagnostics*, 7th Edition. Elsevier.
- Fiorentini, D., Cappadone, C., Farruggia, G., & Prata, C. (2021). Magnesium: Biochemistry, Nutrition, Detection, and Social Impact of Diseases Linked to Its Deficiency. *Nutrients*.
<https://doi.org/10.3390/nu13041136>
- Gratya, R., Martuti, S., & Salimo, H. (2017). Pengaruh Hipomagnesemia Terhadap Mortalitas Pasien Anak Di Ruang Rawat Intensif. *Sari Pediatri*.
<https://doi.org/10.14238/sp18.4.2016.308-313>
- Herroeder, S., Schönherr, M. E., Hert, S. De, Hollmann, M. W., & Warner, D. S. (2011). Magnesium—Essentials for Anesthesiologists. *Anesthesiology*.
<https://doi.org/10.1097/aln.0b013e318210483d>
https://archive.org/details/tietzfundamental0000carl/page/22/mode/2up?utm_source=chatgpt.com
- Hypomagnesemia in Type 2 Diabetes: A Vicious Circle? *Diabetes*.
<https://doi.org/10.2337/db15-1028>
- Lippi, G., & Plebani, M. (2012). Electrolytes and blood gas testing: principles and clinical applications. *Clinical Chemistry and Laboratory Medicine*, 50(4), 601–610.
- M. Gommers, L. M., Hoenderop, J. G. J., Bindels, R. J. M., & F. Baaij, J. H. (2015).

- McPherson, R. A., & Pincus, M. R. (2021). *Henry's Clinical Diagnosis and Management by Laboratory Methods*, 24th Edition. Elsevier.
- Prasetyorini, T., Lestari, D. A., & Eka Putri, W. N. (2023). Hubungan Antara Kadar Magnesium Serum Dengan HbA1c Pada Penderita Diabetes Mellitus Tipe 2 Di RSUP Fatmawati Jakarta. *Borneo Journal of Medical Laboratory Technology*. <https://doi.org/10.33084/bjmlt.v6i1.6089>
- Price SA, W. L. (2005). *Patofisiologi: Konsep Klinis Proses-proses Penyakit* (6th ed.). EGC.
- Rosanoff, A. J., Dai, Q., & Shapses, S. A. (2016). Essential Nutrient Interactions: Does Low or
- Siyani, M. H., Zandiyeh, F., Zaremoghadam, E., Dehghan, S., Sadeghian, R., Aboulfathiyarmohammadyar, Z., & Alipoor, M. (2023). Association of Parathyroid Hormone With Plasma Magnesium in Health and Disease; A Review. *Journal of Parathyroid Disease*. <https://doi.org/10.34172/jpd.2023.11211>
- Suboptimal Magnesium Status Interact With Vitamin D and/or Calcium Status? *Advances in Nutrition*. <https://doi.org/10.3945/an.115.008631>
- Thygesen, K., Alpert, J. S., Jaffe, A. S., Simoons, M. L., Chaitman, B. R., White, H. D., Thygesen, K., Alpert, J. S., White, H. D., Jaffe, A. S., Katus, H. A., Apple, F. S., Lindahl, B., Morrow, D. A., Chaitman, B. A., Clemmensen, P. M., Johanson, P., Hod, H., Underwood, R., ... Mendis, S. (2012). Third universal definition of myocardial infarction. *European Heart Journal*, 33(20), 2551–2567. <https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehs184>
- Xu, J., Xu, W., Yao, H., Sun, W., Zhou, Q., & Cai, L. (2013). Associations of Serum and Urinary Magnesium With the Pre-Diabetes, Diabetes and Diabetic Complications in the Chinese Northeast Population. *Plos One*. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0056750>
- Yusran, A. F., Syafrita, Y., & Permana, H. (2022). Hubungan Kadar Magnesium Serum Dan Hba1c Dengan Severitas Neuropati Diabetik. *Jurnal Ilmu Kedokteran (Journal of Medical Science)*. <https://doi.org/10.26891/jik.v16i1.2022.22-29>



MODUL 7

PEMERIKSAAN GANGGUAN KESEIMBANGAN ASAM BASA

PENDAHULUAN

Homeostasis merupakan salah satu upaya untuk terjadinya kondisi stabil dan seimbang untuk fungsi fisiologis yang optimal. Salah satu aspek penting dalam prosesnya adalah menjaga keseimbangan asam basa. Apabila dalam sistem ini terjadi ketidakseimbangan, maka akan menyebabkan gangguan serius pada berbagai sistem organ. Beberapa reaksi biokimia berlangsung pada rentang pH darah antara 7,35-7,45. Penyimpangan pada pH ini bisa mengganggu fungsi sistem saraf pusat, sistem pernapasan, sistem kardiovaskular, dan sistem metabolik lainnya. Hal ini dapat menyebabkan kematian apabila tidak ditangani dengan cepat dan tepat (Kosasih and Kosasih, 2008).

Dalam keadaan normal, pH arteri ada dalam rentang 7,35-7,45, hal ini menunjukkan keseimbangan antara asam (donor H⁺) dan basa (akseptor H⁺). Untuk mencegah ketidakseimbangan ini, tubuh memiliki sistem regulasi yang terdiri dari sistem buffer, sistem pernapasan, dan sistem ginjal. Sistem buffer (penyangga) merupakan sistem buffer bikarbonat (HCO₃⁻/H₂CO₃) dan CO₂, protein, dan fosfat. Komponen-komponen ini bekerja sangat cepat dalam hitungan detik hingga menit untuk menjaga kestabilan pH (Silbernagl and Lang, 2011).

Sistem buffer dalam tubuh mengikuti persamaan berikut:



HCO₃ berfungsi untuk senyawa alkali dan CO₂ berfungsi sebagai senyawa asam. Sehingga peningkatan HCO₃ dan penurunan CO₂ bisa menyebabkan darah menjadi lebih alkali, begitupun sebaliknya. CO₂ secara fisiologi diatur oleh sistem pernapasan melalui pernapasan, sedangkan HCO₃ diatur oleh sistem ginjal dengan laju reabsorpsi.

Sistem penyangga lain dalam tubuh manusia meliputi sistem penyangga fosfat, protein, dan hemoglobin. Semua ini mengandung basa yang menerima ion hidrogen, yang menjaga pH agar tidak turun drastis. Sistem penyangga fosfat penting untuk pengaturan pH urin. Protein membantu pengaturan pH intraseluler. Sel darah merah menggunakan reaksi di atas untuk membantu

hemoglobin melakukan penyangga; karbon dioksida dapat berdifusi melintasi sel darah merah dan bergabung dengan air. Hal ini saja akan menyebabkan peningkatan ion hidrogen; namun, hemoglobin dapat mengikat ion hidrogen. Hemoglobin juga dapat mengikat karbon dioksida tanpa reaksi ini. Hal ini bergantung pada jumlah oksigen yang terikat pada hemoglobin. Ini disebut efek Haldane dan efek Bohr. Ketika hemoglobin jenuh dengan oksigen, ia memiliki afinitas yang lebih rendah terhadap CO₂ dan ion hidrogen dan mampu melepaskannya (Bishop, 2018; Brickell and Arneson, 2007).

Hubungan antara pH dan buffer sesuai dengan rumus Henderson-Hasselbach:

$$pH = PK + \log \frac{HCO_3 \text{ (ginjal)}}{H_2CO_3 \text{ (paru-paru)}}$$

Sistem pernapasan bertugas untuk mengontrol kadar karbon dioksida (CO₂), komponen asam volatile utama dalam tubuh. Hal ini berhubungan dengan frekuensi dan kedalaman pernapasan. Karena karbon dioksida membentuk asam karbonat dalam tubuh saat bercampur dengan air, jumlah karbon dioksida yang dikeluarkan dapat menyebabkan pH meningkat atau menurun. Saat sistem pernapasan mengompensasi gangguan pH metabolik, efeknya terjadi dalam hitungan menit hingga jam.

Sistem ginjal merupakan salah satu komponen penting untuk menjaga keseimbangan dengan mengatur ekskresi ion hidrogen dan reabsorpsi bikarbonat. ginjal mengeluarkan atau menyerap kembali zat-zat ini, yang memengaruhi pH. Nefron adalah unit fungsional ginjal. Pembuluh darah yang disebut glomerulus mengangkut zat-zat yang ditemukan dalam darah ke tubulus ginjal sehingga sebagian dapat disaring sementara yang lain diserap kembali ke dalam darah dan didaur ulang. Hal ini berlaku untuk ion hidrogen dan bikarbonat. Jika bikarbonat diserap kembali dan/atau asam disekresikan ke dalam urin, pH menjadi lebih basa (meningkat). Bila bikarbonat tidak diserap kembali, atau asam tidak dikeluarkan ke dalam urin, pH menjadi lebih asam (menurun). Sistem ini bekerja dalam jangka waktu yang lebih lambat hitungan jam hingga hari (Hopkins et al., 2025).

Ketidakseimbangan dalam gangguan asam basa ini diklasifikasikan sebagai asidosis dan alkalosis. Asidosis kondisi di mana pH darah di bawah 7,35. Alkalosis merupakan kondisi pH darah di atas 7,45. Gangguan asidosis dan alkalosis bisa disebabkan karena gangguan metabolik maupun respiratorik (Wu, 2006).

- 1. Asidosis metabolik** disebabkan adanya peningkatan produksi asam non volatil seperti asam laktat atau keton, bisa juga terjadi karena kehilangan bikarbonat secara berlebihan, serta berkurangnya kemampuan ginjal untuk mengeluarkan asam yang berlebih. Asidosis bergantung juga pada keberadaan gangguan asam basa lain, hal ini menyebabkan kadar pH pada orang

dengan asidosis metabolik bisa berkisar dari rendah hingga tinggi.

2. **Asidosis respiratorik** disebabkan oleh hipovekilasi (ventilasi menurun) akibat gangguan eliminasi CO_2 sehingga kadar CO_2 di dalam darah meningkat hal ini menurunkan pH darah. Apabila paru-paru tidak mengeluarkan CO_2 secara memadai maka akan menyebabkan peningkatan pCO_2 (hiperkapnia). Peningkatan pCO_2 dapat menurunkan rasio $\text{HCO}_3^-/\text{pCO}_2$ dan menurunkan pH.
3. **Alkalosis metabolik** terjadi akibat kehilangan ion hidrogen yang menyebabkan peningkatan bikarbonat HCO_3^- .
4. **Alkalosis respiratorik** terjadi akibat hiperventilasi yang menyebabkan penurunan kadar CO_2 arteri secara bersamaan.
5. **Gangguan tidak terkompensasi** yaitu kondisi di mana tubuh belum mampu menyesuaikan dengan kondisi gangguan asam basa.
6. **Gangguan terkompensasi** yaitu tubuh telah beradaptasi untuk mengoreksi pH, meskipun penyebab utama gangguan masih ada.
7. **Gangguan Sebagian terkoreksi** yaitu kondisi tubuh dalam keadaan pH masih abnormal, namun sudah ada kompensasi dari sistem tubuh lain.

Parameter yang berhubungan dengan evaluasi status asam basa

Untuk mengevaluasi status asam basa dalam tubuh secara objektif, diperlukan pemeriksaan gas darah arteri (*arterial blood gas/ABG*) (Arneson and Brickell, 2007; Indrawati et al., 2023; Kapoor et al., 2014; Kosasih and Kosasih, 2008). Parameter tersebut adalah:

1. pH darah

pH merupakan indikator utama status asam basa. Penurunan pH ($<7,35$) menandakan asidosis, sedangkan peningkatan pH ($>7,45$) menandakan alkalosis.

Nilai referensi: 7,35-7,45

2. pCO_2 (tekanan parsial karbon dioksida)

pCO_2 mencerminkan komponen respiratorik dari gangguan asam basa.

- a. Peningkatan $\text{pCO}_2 \rightarrow$ asidosis respiratorik
- b. Penurunan $\text{pCO}_2 \rightarrow$ alkalosis respiratorik

Nilai referensi: 35-45 mmHg

3. HCO_3^- (bikarbonat)

Bikarbonat adalah buffer basa utama dalam darah dan dikontrol oleh ginjal. HCO_3^- mencerminkan komponen metabolik dari gangguan asam basa.

- a. Penurunan $\text{HCO}_3^- \rightarrow$ asidosis metabolik
- b. Peningkatan $\text{HCO}_3^- \rightarrow$ alkalosis metabolic

Nilai referensi: 22-26 mmol/L

4. Saturasi oksigen

Saturasi oksigen merupakan persentase hemoglobin dalam darah arteri yang diikat oleh oksigen. Saturasi oksigen berhubungan dengan keseimbangan asam basa melalui mekanisme respirasi, metabolisme, dan perfusi jaringan. Bila saturasi oksigen menurun (hipoksemia), jaringan akan kekurangan oksigen, maka metabolisme menjadi anaerob, hal ini menyebabkan asam laktat sebagai produk samping. Akumulasi asam laktat menyebabkan pH menurun (asidosis metabolic). Apabila saturasi oksigen turun akibat hipoventilasi, menyebabkan peningkatan pCO_2 menyebabkan asidosis respiratorik. Dalam kondisi asidosis afinitas hemoglobin menurun sehingga hemoglobin lebih mudah melepaskan oksigen, sebaliknya pada alkalosis oksigen lebih sulit dilepaskan ke jaringan.

Nilai referensi: >95 %

5. pO_2 (tekanan parsial oksigen)

pO_2 adalah tekanan parsial oksigen yang terlarut dalam plasma darah/ tidak terikat pada hemoglobin. pO_2 menunjukkan efisiensi paru-paru mengambil oksigen dari udara dan memasukan ke dalam darah. Bila pO_2 menurun (hipoksemia) jaringan tubuh akan kekurangan oksigen yang menyebabkan asidosis metabolic (pH darah menurun). Penurunan pO_2 pun dapat memicu kompensasi respirasi (hiperventilasi) menyebabkan peningkatan O_2 sehingga penurunan pCO_2 sehingga terjadi alkalosis respiratorik

Nilai referensi: 80-100 mmHg

6. *Base Excess* (BE)

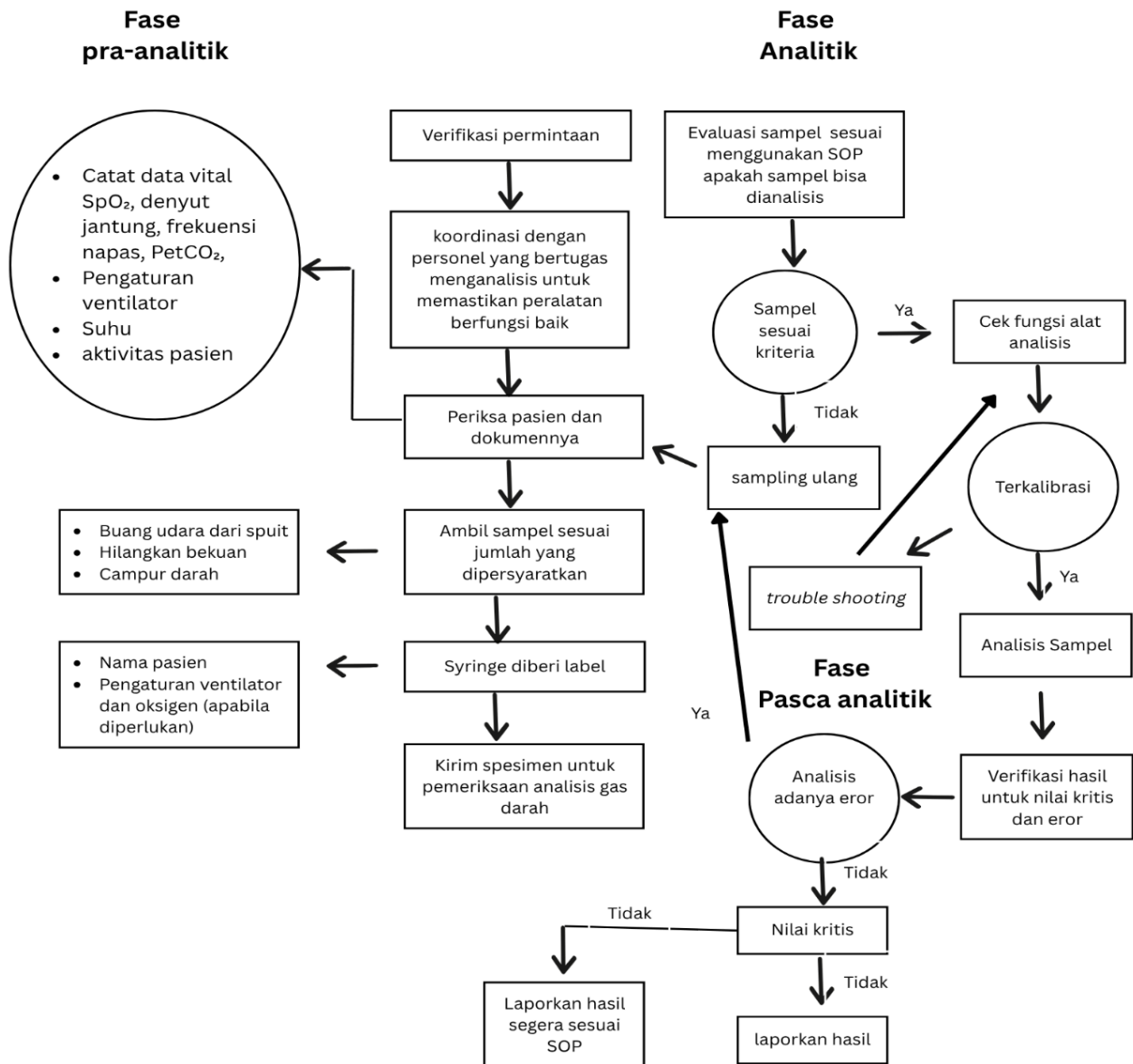
Menggambarkan jumlah kelebihan basa (+) atau kekurangan basa (-) dalam sistem. Nilai BE membantu memperjelas gangguan metabolik dalam keseimbangan asam basa, yang bebas dari pengaruh respiratorik. BE negative (kurang dari -2) merupakan defisit basa yaitu asidosis metabolik. BE positif (lebih dari +2) merupakan kelebihan basa yaitu alkalosis metabolic. BE dihitung berdasarkan pH, pCO_2 , dan HCO_3^- , dan merefleksikan jumlah asam atau basa kuat (dalam mmol/L) yang perlu ditambahkan atau diambil dari darah untuk mengembalikan pH ke 7,40 pada pCO_2 normal (40 mmHg).

Nilai referensi: -2 hingga +2 mmol/L

PENDAHULUAN

Homeostasis merupakan salah satu upaya untuk terjadinya kondisi stabil dan seimbang untuk fungsi fisiologis yang optimal. Salah satu aspek penting dalam prosesnya adalah menjaga keseimbangan asam basa. Apabila dalam sistem ini terjadi ketidakseimbangan, maka akan menyebabkan gangguan serius pada berbagai sistem organ. Upaya untuk menyeimbangkan dengan sistem buffer, sistem pernapasan, dan sistem ginjal. Beberapa gangguan keseimbangan asam basa berupa asidosis metabolik, asidosis respiratorik, alkalosis metabolik, dan alkalosis respiratorik. Parameter pemeriksaan untuk menilai gangguan asam basa adalah pH, pCO₂, pO₂, HCO₃, *base excess*, dan saturasi oksigen. Spesimen yang digunakan merupakan darah arteri yang diambil dari arteri radialis dengan menggunakan *syringe* heparin. Pemeriksaan parameter ini bisa dilakukan dengan POCT AGD dan AGD *analyzer*. Proses pemeriksaan parameter AGD perlu melewati fase pra analitik, analitik, dan pasca analitik. Proses kontrol kualitas perlu dipastikan pada setiap fase pemeriksaan.

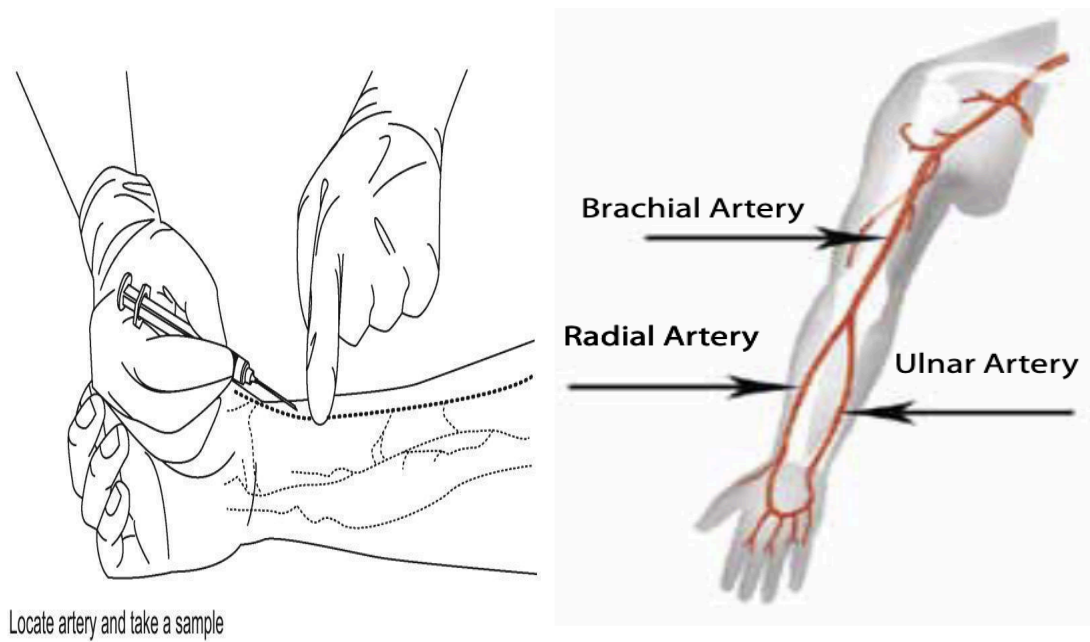
PEMERIKSAAN



Gambar 13. Skema fase pemeriksaan parameter gas darah (Delost, 2012; Volsko et al., 2016)

A. Pra analitik

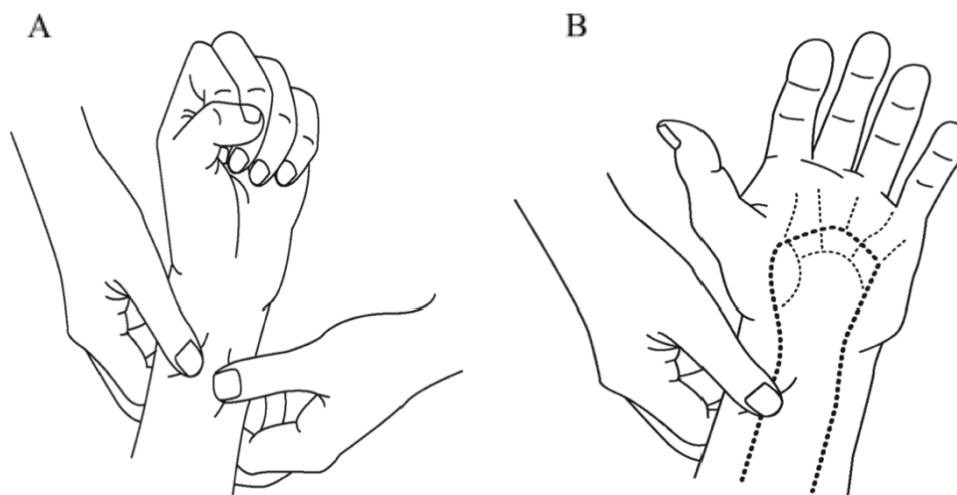
1. Tujuan Pemeriksaan
 - a. Memahami teknik pengambilan sampel darah arteri secara aseptik
 - b. Mengetahui prosedur analisis gas darah menggunakan AGD POCT dan Analisis gas darah (AGD) *analyzer*
 - c. Melatih kemampuan interpretasi hasil gas darah arteri
2. Metode
 - a. AGD POCT
 - b. Analisis gas darah (AGD) *analyzer*
3. Prinsip
 - a. Penggunaan specimen darah yang tepat
 - b. Lokasi pengambilan darah yang tepat
 - c. Alat pengambilan sampel yang tepat
 - d. Teknik pengambilan darah yang tepat dan aseptik
 - e. Volume specimen cukup untuk pemeriksaan
 - f. Tidak ada kontaminasi udara
 - g. Waktu dan suhu transportasi harus disesuaikan
 - h. Persiapan pasien
4. Jenis dan kriteria specimen/syarat sampel
 - a. Darah arteri merupakan specimen yang tepat untuk pemeriksaan analisis gas darah (AGD). Darah arteri dapat mencerminkan status oksigenasi dan kondisi asam basa sistemik. Penggunaan darah vena maupun kapiler hanya bisa pada kondisi tertentu karena nilai pO₂ tidak representatif (Higgins, 2011).
 - b. Lokasi pengambilan darah yang tepat
Beberapa arteri yang berbeda dapat digunakan untuk pengambilan darah. Pilihan pertama adalah arteri radial, yang terletak di sisi ibu jari pergelangan tangan; karena ukurannya yang kecil, penggunaan arteri ini memerlukan keterampilan khusus dalam pengambilan sampel darah arteri. Lokasi alternatif untuk akses adalah arteri brakialis atau femoralis (Gambar 14)
 - c. Pengambilan sampel menggunakan jarum dan syringe khusus untuk gas darah (*heparinized syringe*), biasanya sudah berisi *heparin bebas natrium/litium* untuk mencegah pembekuan. Komposisi darah dan heparin harus ideal. Adanya kelebihan heparin dapat berpengaruh terhadap hasil bisa menyebabkan hasil pH lebih rendah karena adanya pengenceran



Gambar 14. Lokasi pengambilan sampel arteri radial untuk pengambilan specimen AGD (Dukić et al., 2016; WHO, 2010)

- d. Pengambilan secara aseptik dan harus minimal dari trauma untuk mencegah hemolisis, pembekuan darah, dan pencampuran dengan udara
 - e. Setelah pengambilan specimen, keluarkan gelembung udara dari *syringe*, segera tutup rapat, dan campurkan sampel secara perlahan. Keberadaan udara dalam *syringe* akan meningkatkan pO_2 dan menurunkan pCO_2 , hal ini akan menyebabkan Kesimpulan alkalosis palsu.
 - f. Waktu analisis
Setelah semua syarat heparin terpenuhi maka harus segera dianalisis. Jarak waktu pengambilan ke proses analisis berkisar antara 10-15 menit. Penundaan pemeriksaan, dapat menyebabkan penurunan pO_2 , penurunan pH.
 - g. Suhu penyimpanan dan transportasi pada specimen, apabila terdapat penundaan, specimen perlu diperlakukan pada suhu $0-4^{\circ}C$.
5. Proses pengambilan sampel
- a. Cek identitas dan dokumen pasien, pastikan pasien sesuai dengan formulir permintaan
 - b. Petugas sampling menggunakan alat pelindung diri yang lengkap
 - c. Petugas sampling memperkenalkan diri dan meminta pasien menyebutkan Namanya
 - d. Sebelum pengambilan sampel, lakukan tes Allen untuk memastikan sirkulasi kolateral, sebagai berikut:

- 1) Persiapan: Pasien diminta untuk mengepalkan tangan dengan kuat untuk menekan aliran darah di tangan, yang menyebabkan telapak tangan menjadi pucat.
- 2) Penyumbatan: Beri tekanan pada arteri radial dan ulnaris di pergelangan tangan, sehingga tersumbat.
- 3) Melepas: Pasien membuka tangannya, tangan pasien akan tampak pucat. Petugas sampling melepaskan tekanan pada arteri ulnaris sambil mempertahankan penyumbatan arteri radial.
- 4) Pengamatan: Jika arteri ulnaris paten (terbuka dan berfungsi), tangan akan cepat memerah (kembali ke warna normal) saat aliran darah kembali mengalir. Hal ini menunjukkan aliran kolateral yang baik
- 5) Pengulangan: Pengujian kemudian diulang dengan arteri radial untuk memastikan arteri tersebut juga dapat menyediakan aliran darah yang cukup jika diperlukan.
- 6) Tes Allen termodifikasi positif – Jika tangan memerah dalam waktu 5–15 detik, hal ini menunjukkan bahwa arteri ulnaris memiliki aliran darah yang baik; pembilasan tangan yang normal ini dianggap sebagai tes positif.
- 7) Tes Allen termodifikasi negatif – Jika tangan tidak memerah dalam waktu 5–15 detik, hal ini menunjukkan bahwa sirkulasi ulnaris tidak memadai atau tidak ada; dalam situasi ini, arteri radial yang memasok darah arteri ke tangan tersebut tidak boleh tertusuk



Gambar 15. Tes Allen

(A) Ibu jari menyumbat arteri radial dan ulnaris. Pucat disebabkan oleh kepalan tangan (B) Ibu jari menutup arteri radial sementara arteri ulnaris dilepaskan dan paten. Tangan yang tidak dikepalkan kembali ke warna dasar karena arteri ulnaris dan lengkung penghubung

- e. Desinfeksi lokasi pengambilan sampel pada pasien dengan alkohol 70% dan biarkan hingga kering (gambar 15)
 - f. Pegang syringe dan jarum seperti anak panah, gunakan jari telunjuk untuk menemukan denyut nadi lagi, beri tahu pasien bahwa kulit akan ditusuk, lalu masukkan jarum pada sudut 45 derajat, sekitar 1 cm distal (yaitu menjauh dari) jari telunjuk, untuk menghindari kontaminasi pada area tempat jarum memasuki kulit.
 - g. Majukan jarum ke arteri radial hingga aliran balik darah muncul, lalu biarkan syringe terisi ke tingkat yang sesuai. JANGAN menarik kembali pendorong syringe.
 - h. Tarik jarum dan syringe; letakkan kain kasa atau kapas yang bersih dan kering di atas lokasi tersebut dan minta pasien atau asisten untuk memberikan tekanan yang kuat selama beberapa saat untuk menghentikan pendarahan. Periksa apakah pendarahan telah berhenti setelah 2–3 menit. Lima menit atau lebih mungkin diperlukan bagi pasien yang memiliki tekanan darah tinggi atau gangguan pendarahan, atau sedang mengonsumsi antikoagulan.
 - i. Pasang pengaman jarum untuk menutupi jarum sebelum meletakkannya di dalam wadah es. Jika tidak ada perangkat yang dirancang untuk keselamatan, gunakan teknik menyendok dengan satu tangan untuk menutup kembali jarum setelah dikeluarkan
 - j. Keluarkan gelembung udara, tutup syringe dan gulingkan spesimen di antara kedua tangan untuk mencampurnya dengan lembut. Tutup syringe untuk mencegah kontak antara sampel darah arteri dan udara, dan untuk mencegah kebocoran selama pengangkutan ke laboratorium.
 - k. Beri label pada syringe sampel
 - l. Buang semua bahan bekas dan peralatan pelindung diri dengan benar.
 - m. Lepas sarung tangan dan cuci tangan secara menyeluruh dengan sabun dan air, lalu keringkan menggunakan handuk sekali pakai; sebagai alternatif, gunakan larutan alkohol
 - n. Periksa bagian tubuh pasien untuk melihat apakah ada pendarahan (jika perlu, berikan tekanan tambahan) dan ucapkan terima kasih kepada pasien.
 - o. Segera bawa sampel ke laboratorium, dengan mengikuti prosedur penanganan laboratorium.
6. Alat dan bahan
- a. Alat pelindung diri: sarung tangan dan masker
 - b. *Syringe khusus AGD (pre-heparinized)*

- c. *Alcohol swab*
- d. Kapas steril
- e. Plester
- f. Es box (apabila ada penundaan)
- g. Alat AGD *analyzer*

B. Analitik

1. Prosedur kerja

- a. Pemeriksaan menggunakan alat POCT (Kapoor et al., 2014)

Alat ini sangat praktis, cepat memberikan hasil, dan alat kecil sehingga biasa digunakan di ruang gawat darurat, *intensive care unit/ICU*, ambulans, dan laboratorium kecil.

Prinsip pemeriksaan menggunakan alat AGD POCT ini adalah berdasarkan biosensor mikrofluidik dan elektrokimia dalam kartrid sekali pakai. Komponen pada alat POCT adalah kartrid berisi panel uji gas darah, sensor mini, *chip and microcontroller* dan lubang untuk mengisi sampel. Elektroda yang digunakan pada alat POCT biasanya ada sensor pH, sensor pCO₂, sensor pO₂, sensor HCO₃⁻ (perhitungan menggunakan data pH dan pCO menggunakan rumus Henderson-Hasselbach). Chip & mikrokontroler: menganalisis sinyal listrik dari elektroda dan mengubahnya menjadi nilai digital (mmHg, mmol/L).



Gambar 16 Alat POCT arteri gas darah (Abbot, 2025; Siemens, 2025)

- 1) Melakukan proses kontrol kualitas
 - a) Cek *electronic simulator* untuk menguji fungsi elektronik dan sensor alat
 - b) Cek *built-in internal quality control system*, fungsi ini otomatis berjalan saat kartrid dimasukkan

c) Catat penggunaan alat agar bisa tetap dievaluasi

2) Proses analisis

- a) Specimen yang sudah didapatkan dimasukkan pada katrid alat POCT sekitar 2-3 tetes
- b) Katrid dimasukkan ke dalam alat POCT
- c) Sensor dalam kartrid mendeteksi nilai parameter AGD (pH, pCO₂, PO₂, HCO₃)
- d) Hasil akan terlihat pada layar alat sekitar 1-2 menit setelah specimen dimasukkan. Hasil akan dilengkapi dengan *flag* (jika ada) dan nilai referensi.
- e) Hasil dapat disimpan di alat, dicetak, atau dikirim ke *laboratory information system* (LIS)

b. Pemeriksaan menggunakan AGD *analyzer* (Hassan and Martinez, 2025)

Alat AGD analyzer memiliki prinsip pemeriksaan berdasarkan sensor dan elektroda yang menjadi komponen alat. Untuk pH menggunakan elektroda pH yang memanfaatkan potensial Listrik akibat perubahan konsentrasi H⁺. PCO₂ menggunakan elektroda Severinghaus yang mengukur PCO₂ berdasar perubahan pH. PO₂ diukur menggunakan elektroda Clark yang mengukur arus Listrik proporsional terhadap O₂ yang direduksi di elektroda. Saturasi O₂ menggunakan sensor optic dengan berdasarkan pada kurva disosiasi oksigen-Hb. HCO₃⁻ menggunakan rumus Henderson-Hasselbach. BE dihitung menggunakan rumus Van Slyke (Siggaard-Andersen, 1977) atau Siggaard-Anderson (Mardiana et al., 2013).

Langkah kerja pemeriksaan AGD menggunakan AGD analyzer:

1) Melakukan proses kontrol kualitas

- a) Kontrol kualitas dilakukan dengan *internal quality control* (IQC) dan *external quality control* (EQC)
- b) QC menggunakan cairan kontrol dengan level *low*, *normal*, dan *high*. Hasil QC dicatat pada form QC dan plot pada grafil Levey-Jennings. Evaluasi menggunakan aturan Westgard
- c) Melakukan kalibrasi menggunakan kalibrator gas/buffer standar. Kalibrasi otomatis dilakukan sesuai jadwal penggunaan alat. Apabila terjadi penggantian sensor, kalibrasi manual dilakukan sesuai dengan panduan alat.
- d) Perlu dilakukan perawatan harian berupa cek kondisi elektroda dan sistem hisap. Permukaan analyzer perlu dibersihkan. Limbah dibuang setiap penuh.
- e) Ikuti *external quality control* (EQC) secara rutin

2) Proses analisis

- a) Hidupkan alat dan tunggu sampai siap digunakan (*warm-up* & kalibrasi otomatis)
- b) Masukkan identitas pasien, suhu tubuh (jika perlu), dan parameter lainnya
- c) Masukkan atau suntikkan sampel ke dalam inlet alat
- d) Proses analisis akan muncul sekitar 1–2 menit
- e) Cetak atau catat hasil (pH, PaCO₂, PaO₂, HCO₃⁻, BE, SpO₂)

2. Nilai Normal

- a. pH: 7,35 – 7,45
- b. pCO₂: 35 – 45 mmHg
- c. pO₂: 80 – 100 mmHg
- d. HCO₃⁻: 22 – 26 mmol/L
- e. BE: -2 – +2 mmol/L
- f. SaO₂: > 95%

3. Nilai Kritis

Tabel 1. Intepretasi gangguan berdasarkan hasil parameter gas darah

Jenis gangguan	pH	pCO ₂	HCO ₃	BE
Asidosis metabolik				
Tidak terkompensasi	↓	N	↓	↓
Terkompensasi sebagian	↓	↓	↓	↓
Terkompensasi	N	↓	↓	↓
Asidosis respiratorik				
Tidak terkompensasi	↓	↑	N	N
Terkompensasi sebagian	↓	↑	↓	↑
Terkompensasi	N	↑	↓	↑
Alkalosis metabolik				

Jenis gangguan	pH	pCO ₂	HCO ₃	BE
Tidak terkompensasi	↑	N	↑	↑
Terkompensasi sebagian	↑	↑	↑	↑
Terkompensasi	N	↑	↑	↑
Alkalosis respiratorik				
Tidak terkompensasi	↑	↓	N	N
Terkompensasi sebagian	↑	↓	↓	↓
Terkompensasi	N	↓	↓	↓

4. Perhitungan

- a. Kadar HCO₃ dihitung dengan rumus Henderson-Hasselbach
- b. Base excess bisa dihitung dengan rumus Van Slyke (Siggaard-Andersen, 1977) atau Siggaard-Anderson (Mardiana et al., 2013)

$$1) \text{ Van Slyke} = a - 24,4 = - (2,3xb + 7,7) \times (c - 7,4) + \frac{d}{(1-0,023xb)}$$

Di mana:

a= konsentrasi bikarbonat dalam plasma (mmol/L)

b= konsentrasi hemoglobin (mmol/L)

c= pH pada 37°C

d= konsentrasi base excess dalam darah (mmol/L)

$$2) \text{ Siggaard-Anderson} = 0.02786 \times \text{pCO}_2 \times 10^{(\text{pH} - 6,1)} + 13.77 \times \text{pH} - 124.58$$

C. Pasca analitik

1. Pelaporan hasil
 - a. Identitas pasien dicek kembali
 - b. Identitas pemeriksaan (tanggal dan waktu pengambilan specimen)
 - c. Lokasi pengambilan specimen
 - d. Hasil pemeriksaan parameter analisis gas darah
2. Sumber kesalahan pemeriksaan
 - a. Pra analitik
 - 1) Salah identitas pasien

- 2) Kondisi spesimen: beku, hemolisis, lipemik
- 3) Pengenceran heparin yang tidak ideal
- 4) Kontaminasi udara
- 5) Sampel tidak segera diperiksa
- 6) Sampel tidak disimpan di es pada suhu 0- 4°C

b. Analitik

- 1) Tidak melakukan QC dengan baik
- 2) Tidak melakukan kalibrasi alat dengan baik
- 3) Tidak melakukan pemeriksaan sesuai *standar operational procedure* (SOP)
- 4) Tidak menindaklanjuti error yang terdeteksi

3. Jaminan mutu pemeriksaan

- a. Kalibrasi alat
- b. Pemeliharaan alat harian
- c. *Internal quality control*
- d. *External quality control*

D. Jurnal Praktikum/laporan sementara

Judul	:
Tujuan	:
Prinsip	:
Spesimen	:
Pemeriksaan	

Alat dan Bahan :
Langkah Kerja :
Hasil : Data pasien
Kesimpulan :

--

Paramater	Hasil	Satuan	Nilai Normal
pH			
PCO ₂			
PO ₂			
SaO ₂			
HCO ₃			
BE			

Bandung,

Pembimbing

Praktikan

()

()



EVALUASI

A. Tugas

Mahasiswa membuat ringkasan sebagai berikut :

1. Menjelaskan tentang pemeriksaan gangguan keseimbangan asam basa
2. Menjelaskan tentang pemeriksaan hubungan gas darah dengan gangguan keseimbangan asam basa
3. Menjelaskan parameter pemeriksaan gangguan asam basa
4. Menjelaskan langkah pra analitik, analitik, dan pasca analitik pemeriksaan gangguan keseimbangan asam basa
5. Menjelaskan jaminan mutu dan validasi hasil dari keseimbangan asam basa

B. Tes

1. Seorang Tenaga Teknologi Laboratorium Medik (TTLM) akan melakukan pemeriksaan gas darah arteri pada pasien dengan gangguan pernapasan akut. Sebelum prosedur, TTLM tersebut melakukan tes Allen dan mendapati telapak tangan pasien tetap pucat setelah 15 detik meskipun tekanan pada arteri ulnaris sudah dilepaskan. Apa yang harus dilakukan TTLM pada kasus tersebut?
 - A. Melanjutkan pengambilan darah dari arteri radialis
 - B. Mengulangi tes Allen beberapa kali hingga tangan memerah
 - C. Melanjutkan prosedur dengan catatan hasil tes Allen
 - D. Menggunakan vena median cubiti sebagai alternatif
 - E. Memindahkan lokasi pengambilan ke arteri brakialis atau femoralis
2. Seorang TTLM mendapatkan order pemeriksaan analisis gas darah seorang pasien. TTLM mendapatkan specimen darah arteri dengan syringe biasa tanpa heparin dan tidak mendinginkan sampel padahal pemeriksaan ditunda 25 menit. Efek yang paling mungkin terjadi terhadap hasil pemeriksaan gas darah adalah...
 - A. $p\text{CO}_2$ menurun dan pH meningkat

- B. pO_2 menurun dan pH menurun
C. HCO_3^- meningkat dan pO_2 meningkat
D. pH tetap stabil, tetapi BE meningkat
E. pCO_2 meningkat, pO_2 meningkat, dan pH meningkat
3. Seorang TTLM melakukan pemeriksaan gas darah menggunakan AGD analyzer. Hasil pemeriksaan menunjukkan pO_2 sangat tinggi, tetapi nilai pH dan pCO_2 masih dalam batas normal. Ia menduga ada kesalahan pra-analitik. Apa kemungkinan penyebab utama dari hasil pO_2 yang tidak wajar tersebut?
- A. Kalibrasi alat tidak dilakukan dengan larutan buffer
B. Kesalahan penginputan suhu tubuh pasien
C. Sampel darah tercampur udara saat dalam syringe
D. Pemeriksaan dilakukan terlalu cepat sebelum homogenisasi
E. Pasien menerima terapi oksigen tinggi sesaat sebelum pemeriksaan
4. Seorang pasien datang ke IGD dengan nafas cepat dan dalam. Hasil gas darah menunjukkan:
- pH: 7,28
 - pCO_2 : 28 mmHg
 - HCO_3^- : 14 mmol/L
- Apa interpretasi yang paling tepat berdasarkan hasil tersebut?
- A. Asidosis metabolik tidak terkompensasi
B. Asidosis metabolik dengan kompensasi respiratorik
C. Asidosis respiratorik tidak terkompensasi
D. Alkalosis metabolik dengan kompensasi respiratorik
E. Alkalosis respiratorik dengan kompensasi metabolik
5. Seorang analis menggunakan alat POCT untuk pemeriksaan gas darah. Setelah memasukkan kartrid dan tetesan darah, layar menampilkan sensor error pada pCO_2 . Apa tindakan terbaik yang harus dilakukan oleh analis tersebut?
- A. Ulangi pengambilan sampel dari pasien
B. Laporkan hasil tanpa nilai pCO_2
C. Gunakan kembali kartrid yang sama dengan sampel baru
D. Lakukan kalibrasi alat dengan gas standar dan lanjutkan
E. Ganti kartrid baru dan periksa sensor pCO_2

Kunci jawaban

1. E

2. B
3. C
4. B
5. E

C. Penilaian (Kognitif, Psikomotor, Afektif)

- a. Kognitif = 30%
- b. Psikomotor = 40%
- c. Afektif = 30%



DAFTAR PUSTAKA

- Abbot, 2025. i-STAT 1 [WWW Document]. URL <https://www.globalpointofcare.abbott/ww/en/product-details/apoc/i-stat-system.html> (accessed 6.28.25).
- Arneson, W.L., Brickell, J.M., 2007. *Clinical Chemistry: A Laboratory Perspective*. F.A. Davis Company, Philadelphia.
- Bishop, M.L., 2018. *Clinical Chemistry: Principles, Techniques, Correlations: Principles, Techniques, Correlations*. Jones & Bartlett Learning, Philadelphia.
- Brickell, J., Arneson, W. (Eds.), 2007. *Clinical chemistry: a laboratory perspective*. F.A. Davis Co, Philadelphia.
- Delost, M., 2012. *Blood Gas and Critical Care Analyte Analysis*.
- Dukić, L., Kopčinović, L.M., Dorotić, A., Baršić, I., 2016. Blood gas testing and related measurements: National recommendations on behalf of the Croatian Society of Medical Biochemistry and Laboratory Medicine. *Biochem Med* 26, 318–336. <https://doi.org/10.11613/BM.2016.036>
- Hassan, W., Martinez, S., 2025. Arterial Blood Gas Sampling [ABG Machine Use], in: *StatPearls*. StatPearls Publishing, Treasure Island (FL).
- Higgins, C., 2011. Central venous blood gas analysis [WWW Document]. URL <https://acute-care-testing.org/en/articles/central-venous-blood-gas-analysis>
- Hopkins, E., Sanvictores, T., Sharma, S., 2025. Physiology, Acid Base Balance, in: *StatPearls*. StatPearls Publishing, Treasure Island (FL).
- Indrawati, G.D., Lawang, S.A., Ganda, I.J., Rauf, S., L, A., Aras, J., 2023. Perbandingan hasil analisis gas darah arteri antara alat point of care testing (POCT) dan Laboratory Blood gas

analyzer pasien pneumonia. E-Jurnal Medika Udayana 12, 23–31.
<https://doi.org/10.24843/MU.2023.V12.i03.P05>

Kapoor, D., Srivastava, M., Singh, P., 2014. Point of care blood gases with electrolytes and lactates in adult emergencies. *Int J Crit Illn Inj Sci* 4, 216–222.
<https://doi.org/10.4103/2229-5151.141411>

Kosasih, E.N., Kosasih, A.S., 2008. Tafsiran Hasil Pemeriksaan Laboratorium Klinik Edisi Kedua. Karisma Publishing Group.

Mardiana, M., Chairlan, C., Rismini, S., Ekawati, E., 2013. Penggunaan perhitungan manual nilai base excess pada keadaan asidosis. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kesehatan* 1, 1–4.

Siemens, 2025. epoc® Blood Analysis System [WWW Document]. URL <https://www.siemens-healthineers.com/en-us/blood-gas/blood-gas-systems/epoc-blood-analysis-system> (accessed 6.28.25).

Siggaard-Andersen, O., 1977. The van Slyke equation. *Scand J Clin Lab Invest Suppl* 146, 15–20.
<https://doi.org/10.3109/00365517709098927>

Silbernagl, S., Lang, F., 2011. *Color Atlas of Pathophysiology*. Thieme.

Volsko, T.A., Chatburn, R.L., El-Khatib, M.F. (Eds.), 2016. *Equipment for respiratory care*. Jones & Bartlett Learning, Burlington, MA.

WHO, 2010. Arterial blood sampling, in: *WHO Guidelines on Drawing Blood: Best Practices in Phlebotomy*. World Health Organization.

Wu, A., 2006. *Tietz Clinical Guide to Laboratory Tests Fourth Edition*. Saunders, Chantilly



GLOSARIUM

A

α -amilase	Enzim hidrolitik yang memecah pati (amilum) menjadi disakarida maltosa; diproduksi oleh pankreas dan kelenjar saliva.
α -ketoglutarat	Senyawa dalam siklus Krebs yang menerima gugus amino dari asam amino dalam reaksi transaminasi.
Acinar cells (sel asinus)	Sel yang menghasilkan enzim pencernaan pankreas dalam bentuk tidak aktif (zymogen).
Adenoma vilosa	Tumor kolon yang dapat menyebabkan kehilangan elektrolit melalui diare kronis.
ADH (Antidiuretic Hormone)	Hormon yang diproduksi hipotalamus dan disekresi oleh kelenjar hipofisis; mengatur retensi air oleh ginjal.
Adrenokortikal hiperfungsi	Kondisi berlebihnya hormon kortikosteroid dari adrenal, dapat menyebabkan retensi natrium dan klorida.
Aktin dan myosin	Protein kontraktil utama dalam otot; interaksi keduanya diatur oleh kompleks troponin untuk memungkinkan kontraksi otot.
Alanin	Asam amino yang digunakan ALT untuk reaksi transaminasi, menghasilkan asam piruvat.
Aktivitas enzimatik	Tingkat kerja atau fungsi dari suatu enzim dalam mengkatalisis reaksi kimia dalam tubuh.
Alanin Aminotransferase (ALT)	Enzim yang terlibat dalam metabolisme asam amino, khususnya alanin; digunakan sebagai indikator kerusakan hati.

Alkaline phosphatase (ALP)	Enzim lain yang digunakan sebagai indikator fungsi hati dan gangguan saluran empedu.
Algoritma pembelajaran mesin	Proses analitik berbasis kecerdasan buatan yang digunakan dalam penelitian untuk mengolah dan memprediksi data medis secara lebih akurat.
Alkalosis metabolik	Kondisi di mana pH darah meningkat akibat hilangnya ion hidrogen atau kelebihan bikarbonat, sering menyebabkan hipoklorinemia.
Amilase	Enzim yang memecah karbohidrat; dihasilkan oleh pankreas dan kelenjar ludah.
Amilase pankreas	Alfa-amilase yang diproduksi pankreas dan disekresikan ke dalam usus halus untuk melanjutkan pencernaan karbohidrat.
Amilase saliva	Alfa-amilase yang diproduksi oleh kelenjar saliva (air liur), aktif dalam pencernaan karbohidrat di mulut.
Amilase urin	Alfa-amilase yang terdeteksi dalam urin, mencerminkan kadar amilase dalam darah.
Amilum	Polisakarida kompleks yang terdiri dari rantai glukosa, merupakan sumber energi utama yang dipecah oleh amilase.
Anemia hemolitik	Kondisi di mana sel darah merah hancur terlalu cepat, sering menyebabkan peningkatan kadar LDH.
Anemia perniosa klorida	Anemia akibat defisiensi vitamin B12 yang juga bisa disertai penurunan kadar klorida.
Anion	Ion bermuatan negatif, seperti Cl^- , HCO_3^- , PO_4^{3-} .
Aritmia	Irama jantung tidak teratur, dapat terjadi pada tirotoksikosis.
Aspartat aminotransferase (AST)	Enzim yang terlibat dalam metabolisme asam amino; digunakan sebagai indikator kerusakan hati, jantung, atau otot.
Asam Alfa-ketoglutarat	Senyawa penerima gugus amino dalam reaksi transaminasi oleh ALT, menghasilkan glutamat.
Asam Piruvat	Produk dari transaminasi alanin, dapat digunakan dalam siklus energi (siklus Krebs).
Asinus	Unit eksokrin pankreas yang menghasilkan dan mensekresi enzim pencernaan ke duodenum.

Asidosis hiperkloremik	Asidosis metabolik dengan peningkatan klorida serum, sering menandakan disfungsi tubulus ginjal.
Asidosis metabolik	Penurunan pH darah akibat penumpukan asam atau kehilangan bikarbonat, bisa terjadi bersamaan dengan hiperklorinemia.
Asidosis respiratorik	Kenaikan kadar CO ₂ dalam darah akibat gangguan ventilasi; dapat memicu kompensasi ginjal yang mempengaruhi kadar klorida.

B

β ₂ -agonis	Obat yang menstimulasi reseptor beta-adrenergik, dapat menyebabkan perpindahan kalium ke dalam sel.
Base Excess (BE)	Jumlah basa yang berlebih atau kekurangan untuk menetralkan pH darah. Normal: -2 hingga +2 mmol/L.
Batu empedu	Endapan padat yang terbentuk di kantong empedu, bisa menyumbat saluran empedu dan menyebabkan cholestasis.
Bilirubin	Produk akhir dari pemecahan hemoglobin yang terjadi di hati, berfungsi sebagai indikator kesehatan hati dan saluran empedu.
Bilirubin total	Jumlah keseluruhan bilirubin dalam darah, terdiri dari bilirubin langsung dan tidak langsung.
Bilirubin langsung (konjugasi)	Bentuk bilirubin yang telah diproses (dikonjugasikan) di hati dan dapat larut dalam air; peningkatan kadar ini sering menunjukkan sumbatan empedu.
Bilirubin tidak langsung (non-konjugasi)	Bentuk awal bilirubin yang belum diproses oleh hati, tidak larut dalam air; peningkatan biasanya menunjukkan masalah hemolitik atau gangguan pemrosesan di hati.
Buffer (Penyangga)	Sistem dalam tubuh yang berfungsi menetralkan kelebihan asam atau basa, termasuk sistem bikarbonat, protein, fosfat, dan hemoglobin.
Biomarker	Penanda biologis yang dapat diukur untuk menunjukkan kondisi fisiologis atau patologis, seperti kerusakan hati atau infeksi.
Bradikardia	Detak jantung yang lambat, sering ditemukan pada hipotiroidisme.

C

Cairan di luar sel, termasuk plasma darah dan cairan interstitial, kaya akan natrium
Cairan ekstrasel dan klorida.

Cairan intrasel Cairan di dalam sel, yang mengandung konsentrasi tinggi kalium dan fosfat.

Caput Pancreatis Bagian kepala pankreas yang terletak dalam lekukan duodenum, tempat awal sistem duktus pankreas.

Cauda Pancreatis Ujung ekor pankreas yang terhubung dengan ligamentum lienorenalis dan dekat dengan limpa.

Cholestatic liver disease Penyakit hati yang ditandai oleh gangguan atau sumbatan pada aliran empedu, seperti kolestasis intrahepatik atau ekstrahepatik.

Choledocholithiasis Kehadiran batu empedu di saluran empedu utama, salah satu penyebab pankreatitis akut.

CK-MM Isoenzim CK yang dominan di otot rangka.

CK-MB Isoenzim CK yang dominan di otot jantung, digunakan sebagai biomarker dalam diagnosis infark miokard (serangan jantung).

CK-BB Isoenzim CK yang dominan di jaringan otak dan sistem saraf pusat.

Collum Pancreatis Leher pankreas yang menghubungkan caput dan corpus, terletak di depan vena porta.

Common Bile Duct (CBD) Saluran utama yang mengangkut empedu dari hati dan kantong empedu ke duodenum.

Contrast-enhanced CT (CECT) CT scan dengan bahan kontras untuk melihat detail anatomi pankreas, digunakan untuk mendiagnosis pankreatitis berat.

Corpus Pancreatis Bagian tubuh pankreas yang memanjang ke kiri dan atas, sedikit berbentuk segitiga.

C-reactive protein (CRP) Protein fase akut yang meningkat pada peradangan; digunakan untuk menilai tingkat keparahan pankreatitis.

Creatine kinase (CK) Enzim yang mengkatalisis konversi kreatin dan ATP menjadi fosfokreatin; berperan penting dalam penyimpanan dan pelepasan energi, terutama di otot dan otak.

D

Mekanisme tubuh untuk menyesuaikan perubahan fisiologis guna menjaga Daya kompensasi homeostasis.

Dehidrasi hiperosmotik Kehilangan cairan lebih besar dibanding elektrolit, sehingga konsentrasi natrium meningkat di luar sel.

Dephosphorylation Proses biokimia penghilangan gugus fosfat dari molekul, yang penting dalam metabolisme fosfor dan aktivitas enzimatik.

Detoksifikasi Proses pembuangan atau netralisasi racun dalam tubuh, terutama dilakukan oleh hati.

Diabetes insipidus Gangguan yang ditandai oleh defisiensi ADH atau respon ginjal terhadap ADH yang buruk, menyebabkan kehilangan air dan hipernatremia.

Diare osmotik Diare akibat penarikan air ke lumen usus karena zat osmotik (misalnya laktulosa, sorbitol) tidak diserap sempurna.

Diagnosis banding Proses menilai beberapa kemungkinan penyebab dari gejala yang sama sebelum menentukan penyebab pasti.

Difusi Proses alami perpindahan zat dari konsentrasi tinggi ke rendah, tanpa memerlukan energi.

Diuretik Obat yang meningkatkan ekskresi urin, sering digunakan untuk mengatasi hipertensi atau edema, tapi dapat menyebabkan gangguan elektrolit.

Duktus koligentes Saluran akhir nefron yang berperan dalam reabsorpsi air dan natrium, dipengaruhi oleh ADH dan aldosteron.

Duct cells (sel duktulus) Sel eksokrin pankreas yang mensekresi cairan bikarbonat untuk menetralkan asam lambung.

E

Efek Bohr & Haldane Mekanisme interaksi hemoglobin dengan O₂ dan CO₂ yang memengaruhi pH dan afinitas terhadap gas.

Efek hepatotoksik Efek merugikan terhadap hati yang disebabkan oleh zat atau obat tertentu.

Ekskresi	Proses pembuangan zat dari tubuh, misalnya kalium melalui urine, feses, dan keringat.
Eksokrin	Fungsi pankreas dalam mensekresikan enzim pencernaan ke saluran cerna.
Elektrokardiogram (EKG)	Pemeriksaan grafik aktivitas listrik jantung; digunakan untuk mendeteksi gangguan irama akibat kelainan kadar kalium.
Eliminasi ginjal	Proses pembuangan zat dari darah melalui ginjal ke dalam urin.
Elektrolit	Zat kimia yang dapat menghantarkan listrik dalam larutan karena terionisasi; berperan penting dalam keseimbangan cairan, metabolisme, dan fungsi sel.
Empedu (Bile)	Cairan yang diproduksi oleh hati untuk membantu pencernaan lemak di usus halus.
Endokrin	Fungsi pankreas dalam mensekresikan hormon langsung ke aliran darah untuk pengaturan metabolisme.
Enzim hidrolisis	Enzim yang memecah ikatan kimia dalam molekul besar (seperti karbohidrat) menggunakan molekul air.
Epidemiologi	Ilmu yang mempelajari distribusi dan determinan kondisi kesehatan dalam populasi.
Eutiroid	Kondisi di mana fungsi hormon tiroid normal meskipun terdapat perubahan morfologi kelenjar, seperti pembesaran tiroid tanpa gangguan fungsi hormonal.
Evaluasi prognosis	Penilaian terhadap kemungkinan perkembangan atau hasil jangka panjang dari suatu penyakit berdasarkan parameter klinis.

F

Free T4 Bebas)	(T4 Hormon tiroksin yang tidak terikat protein dan aktif secara biologis; lebih akurat mencerminkan status tiroid.
Fully Compensated	Gangguan dengan kompensasi penuh sehingga pH kembali normal meskipun penyebab utama masih ada.

G

Gangguan endokrin	Kondisi medis akibat disfungsi kelenjar endokrin seperti tiroid, pankreas, adrenal, atau gonad yang mengganggu regulasi metabolisme, pertumbuhan, dan reproduksi.
Gas Darah	
Arteri (ABG)	Pemeriksaan darah dari arteri untuk menilai keseimbangan asam basa dan status respirasi. Spesimen diambil dari arteri radialis menggunakan syringe heparin.
Gastritis atrofik	Peradangan kronis mukosa lambung yang menyebabkan penurunan produksi asam lambung dan bisa menurunkan kadar klorida.
Glomerulus	Struktur penyaring di ginjal tempat filtrasi awal darah terjadi.
Glomerulus	Bagian awal nefron di ginjal tempat penyaringan awal darah dan filtrasi natrium.
Glutamat	Asam amino non-esensial yang dihasilkan dalam proses transaminasi, penting untuk sintesis protein dan neurotransmisi.

H

Hati (Liver)	Organ vital terbesar kedua dalam tubuh manusia yang menjalankan berbagai fungsi metabolisme seperti sintesis protein, detoksifikasi, dan metabolisme lemak serta glukosa.
HCO ₃ ⁻ (Bikarbonat)	Ion penyangga asam-basa yang konsentrasinya sering berbanding terbalik dengan klorida untuk menjaga keseimbangan muatan anion dalam darah.
Hemoglobin	Protein dalam sel darah merah yang membawa oksigen; bila terurai menghasilkan bilirubin.
Hemolisis	Penghancuran sel darah merah yang dapat mempengaruhi hasil pemeriksaan laboratorium, termasuk kadar AST.
Hepatitis	Peradangan hati yang bisa disebabkan oleh infeksi virus, alkohol, obat, atau penyakit autoimun.
Hepatitis virus	Peradangan hati yang disebabkan oleh infeksi virus hepatitis A, B, C, D, atau E.
Hepatoseluler	Berhubungan dengan sel-sel hati.
Hepatosit	Sel utama penyusun hati, bertanggung jawab atas berbagai fungsi metabolik termasuk konjugasi bilirubin.
Hiperkalemia	Kadar kalium serum > 5,3 mEq/L; dapat menyebabkan aritmia, kelumpuhan otot, dan henti jantung.

Hiperklorinemia	Kadar klorida dalam serum di atas nilai normal; biasanya terkait dengan asidosis metabolik, dehidrasi, atau penggunaan berlebihan larutan saline.
Hipernatremia	Kadar natrium plasma di atas nilai normal (>145 mEq/L); menyebabkan dehidrasi seluler, gejala neurologis, dan potensi koma.
Hipertiroidisme	Kondisi kelebihan hormon tiroid yang menyebabkan metabolisme meningkat, penurunan berat badan, jantung berdebar, diare, tremor, dan kecemasan.
Hipofisis (Pituitari)	Kelenjar endokrin di otak yang menghasilkan TSH (Thyroid Stimulating Hormone) dan hormon pengatur lainnya.
Hipokalemia	Kadar kalium serum < 3,5 mEq/L; dapat menyebabkan kelemahan otot, gangguan irama jantung, dan kelumpuhan.
Hipoklorinemia	Kadar klorida dalam serum di bawah nilai normal; dapat disebabkan oleh muntah, retensi bikarbonat, atau gangguan metabolik lain.
Hiponatremia	Kadar natrium plasma di bawah nilai normal (<135 mEq/L); dapat menyebabkan edema otak, kejang, hingga koma.
Hipoosmolalitas / Hiperosmolalitas	Rendah/tingginya konsentrasi zat terlarut dalam plasma darah; hiponatremia menyebabkan hipoosmolalitas, hipernatremia menyebabkan hiperosmolalitas.
Hipotalamus	Bagian otak yang mengatur homeostasis dan menghasilkan hormon seperti TRH (Thyrotropin-Releasing Hormone).
Hipotiroidisme	Gangguan hormonal akibat kurangnya produksi hormon tiroid; dapat menyebabkan peningkatan CK.
Homeostasis	Proses fisiologis tubuh untuk mempertahankan kondisi internal yang stabil, termasuk keseimbangan asam basa.
Homeostasis cairan	Keseimbangan cairan dan elektrolit dalam tubuh untuk menjaga fungsi fisiologis normal.
Homeostasis Nitrogen	Keseimbangan kadar nitrogen dalam tubuh yang dijaga melalui metabolisme protein dan ekskresi urea.

Indikator Kesehatan Hepatik

Penanda biologis yang mencerminkan kondisi atau fungsi hati.

Indikator prognostik	Penanda yang memberikan informasi mengenai kemungkinan perjalanan atau hasil suatu penyakit, misalnya kadar ALP pada kanker metastatik.
Infark miokard (MI)	Kematian jaringan otot jantung akibat kurangnya suplai darah; CK-MB dan troponin I digunakan sebagai biomarker diagnosis.
Infeksi HIV	Penyakit yang menyerang sistem kekebalan tubuh; dapat menyebabkan gangguan hati sebagai komplikasi atau akibat pengobatan.
Insensible water loss	Kehilangan air dari tubuh melalui penguapan yang tidak disadari, seperti melalui kulit dan pernapasan.
Insulin	Hormon yang menurunkan kadar glukosa darah dan juga mendorong masuknya kalium ke dalam sel.
Interpretasi hasil	Proses penilaian terhadap nilai-nilai laboratorium untuk menentukan diagnosis atau tindakan medis.
Inulin	Serat prebiotik yang ditemukan pada tumbuhan tertentu, dapat memengaruhi metabolisme dan aktivitas enzim termasuk ALP.
Iodium radioaktif	Terapi untuk menghancurkan jaringan tiroid berlebih pada kasus hipertiroidisme.
Iskemia miokardial	Kekurangan suplai oksigen ke otot jantung yang menyebabkan kerusakan jaringan.
Islet cells (sel islet)	Sel endokrin pankreas yang mensekresi hormon ke dalam aliran darah.

K

Kadar Normal ALT	Rentang nilai ALT yang dianggap wajar untuk individu sehat; dapat bervariasi tergantung usia, jenis kelamin, dan teknik pengukuran.
Kalium (K ⁺)	Kation utama dalam cairan intraseluler yang penting dalam menjaga keseimbangan osmotik, transmisi impuls saraf, kontraksi otot, dan regulasi asam-basa.
Katabolisme	Proses pemecahan jaringan tubuh menjadi senyawa lebih sederhana, dapat menyebabkan pelepasan kalium dari sel.
Kation	Ion bermuatan positif, seperti Na ⁺ , K ⁺ , Ca ²⁺ , Mg ²⁺ .

Kelainan ginjal	Gangguan fungsi ginjal yang dapat mempengaruhi ekskresi amilase dari tubuh, menyebabkan peningkatan kadar amilase serum.
Kelenjar endokrin	Kelenjar tanpa saluran yang melepaskan hormon langsung ke aliran darah untuk mengatur berbagai fungsi tubuh. Kelenjar berbentuk kupu-kupu di leher depan yang menghasilkan hormon tiroid (T3 Kelenjar tiroid dan T4) yang mengatur metabolisme.
Keracunan Obat	Efek toksik pada hati akibat konsumsi obat-obatan dalam dosis tinggi atau dalam jangka waktu lama.
Keseimbangan Asam Basa	Keadaan di mana pH darah berada dalam rentang normal (7,35–7,45), dijaga oleh sistem buffer, pernapasan, dan ginjal.
Klorida (Cl ⁻)	Anion utama dalam cairan ekstraseluler yang berperan dalam menjaga keseimbangan cairan, tekanan osmotik, dan pengangkutan karbon dioksida dalam darah.
Kolesistitis	Peradangan pada kantong empedu, sering disebabkan oleh batu empedu, dapat menyebabkan peningkatan kadar lipase.
Kolesistokinin (CCK)	Hormon dari duodenum yang merangsang sekresi enzim pencernaan oleh pankreas sebagai respons terhadap lemak dan protein.
Kolestasis	Gangguan aliran empedu, dapat menyebabkan penumpukan zat beracun dalam hati.
Kompensasi	Mekanisme tubuh untuk menyeimbangkan gangguan asam basa, bisa melalui sistem respirasi atau ginjal.
Kontraksi otot	Proses fisiologis yang dipengaruhi oleh aliran ion kalium, kalsium, dan natrium; gangguan kadar K ⁺ memengaruhi kekuatan dan irama otot, termasuk jantung.

L

Laktat (LDH)	dehidrogenase Enzim yang mengkatalisis konversi laktat ↔ piruvat dalam glikolisis; digunakan sebagai penanda non-spesifik kerusakan sel.
Lengkung Henle & Duktus koligentes	Struktur nefron yang berperan dalam konsentrasi urin dan reabsorpsi elektrolit.
Lipase	Enzim pencernaan yang lebih spesifik dibandingkan amilase untuk mendeteksi pankreatitis; digunakan untuk konfirmasi diagnosis.

M

Magnetic Resonance Cholangiopancreatography (MRCP)	Pemeriksaan non-invasif untuk mengevaluasi saluran empedu dan pankreas menggunakan MRI.
Maltosa	Disakarida hasil pemecahan pati oleh amilase, terdiri dari dua molekul glukosa.
Manitol / Sorbitol	Zat osmotik yang dapat menyebabkan diare osmotik dan kehilangan cairan berlebih.
Manitol & Glisin	Zat osmotik yang dapat memengaruhi status cairan tubuh dan mengganggu interpretasi kadar natrium.
Membran semipermeabel	Membran yang hanya memungkinkan zat tertentu untuk melewati, seperti air dan ion tertentu, berdasarkan ukuran dan muatan.
Metabolisme	Proses kimia dalam tubuh yang mengubah makanan menjadi energi dan zat yang dibutuhkan sel.
Metabolisme Asam Amino	Proses biokimia yang mengubah atau menggunakan asam amino untuk energi, sintesis protein, atau senyawa lain yang dibutuhkan tubuh.
Metabolisme fosfor	Proses tubuh dalam mengatur kadar fosfat untuk pembentukan tulang, produksi energi (ATP), dan fungsi seluler lainnya.
Metode analisis	Teknik laboratorium yang digunakan untuk mengukur parameter biologis, seperti kadar lipase; kualitas metode ini memengaruhi akurasi diagnosis.
Mineralisasi tulang	Proses pembentukan matriks tulang yang diperkuat dengan pengendapan mineral seperti kalsium dan fosfat.
Mineralokortikoid	Hormon adrenal (seperti aldosteron) yang mempengaruhi keseimbangan natrium dan kalium di ginjal.
Miopati	Kelainan otot yang menyebabkan kelemahan atau disfungsi otot, sering dikaitkan dengan peningkatan kadar CK.

N

Natrium (Na^+)	Kation utama dalam cairan ekstrasel, berperan penting dalam mengatur tekanan osmotik, volume cairan tubuh, impuls saraf, dan kontraksi otot.
Natrium bikarbonat (NaHCO_3)	Garam natrium yang berperan dalam penyangga asam-basa tubuh.
Natrium klorida (NaCl)	Senyawa utama yang menyumbang tekanan osmotik cairan ekstrasel; dikenal juga sebagai garam dapur.
Nekrosis seluler	Kematian sel yang tidak terprogram (patologis), sering menyebabkan pelepasan LDH dan enzim lain ke dalam sirkulasi.
Nilai rujukan	Rentang kadar normal dari suatu parameter laboratorium dalam populasi sehat.

O

Obat antitiroid	Obat yang digunakan untuk menurunkan produksi hormon tiroid, biasanya diberikan pada hipertiroidisme.
Obat Antituberkulosis (OAT)	Obat yang digunakan untuk mengobati tuberkulosis, dapat memiliki efek samping hepatotoksik termasuk peningkatan kadar bilirubin.
Obstruksi usus	Penyumbatan pada saluran pencernaan yang dapat memengaruhi enzim pankreas, termasuk menyebabkan peningkatan lipase.
Oksaloasetat	Senyawa hasil dari reaksi transaminasi oleh AST; juga berperan dalam siklus Krebs.

Osmolaritas	Konsentrasi total zat terlarut dalam cairan; berkaitan dengan distribusi air antar kompartemen tubuh.
Osmolaritas urine	Konsentrasi zat terlarut dalam urin; dapat rendah pada hiponatremia akibat gangguan sekresi ADH.
Overhidrasi	Kondisi kelebihan cairan dalam tubuh yang dapat menyebabkan dilusi elektrolit seperti natrium.

P

Pankreas	Organ kelenjar retroperitoneal dengan fungsi eksokrin (pencernaan) dan endokrin (pengaturan glukosa), terletak di belakang lambung dan terhubung ke duodenum.
Pankreatitis	Peradangan pankreas yang dapat bersifat akut atau kronik, sering disebabkan oleh batu empedu atau alkohol.
Pankreatitis akut	Peradangan akut pada pankreas yang menyebabkan peningkatan kadar enzim pencernaan (seperti amilase dan lipase) dalam darah.
Pankreatitis kronis	Peradangan pankreas jangka panjang yang menyebabkan kerusakan permanen pada struktur dan fungsi pankreas.
Pankreatitis nekrotik	Bentuk berat dari pankreatitis yang melibatkan kematian jaringan pankreas.
Paralisis periodik hipokalemik	Gangguan genetik yang menyebabkan episode kelumpuhan sementara akibat pergeseran kalium ke dalam sel.
Parotitis	Peradangan pada kelenjar parotis (kelenjar saliva terbesar), salah satu penyebab peningkatan amilase selain gangguan pankreas.
Partially Compensated	Gangguan dengan respons sebagian tubuh, namun pH belum normal.
Patologi	Cabang ilmu kedokteran yang mempelajari penyebab dan perkembangan penyakit.
pCO ₂	Tekanan parsial karbon dioksida dalam darah, mencerminkan komponen respiratorik. Normal: 35–45 mmHg.
PCOS (Polycystic Ovary Syndrome)	Gangguan hormonal pada wanita usia reproduksi yang ditandai oleh siklus haid tidak teratur, kelebihan androgen, dan sering disertai resistensi insulin.
Pemeriksaan bilirubin	Tes laboratorium untuk mengukur kadar bilirubin dalam darah, digunakan untuk mengevaluasi fungsi hati dan kondisi saluran empedu.

Pemeriksaan laboratorium	Prosedur analitik yang dilakukan di laboratorium klinik untuk mendiagnosis, memantau, atau mengevaluasi kondisi medis pasien.
Pemeriksaan lipase	Tes laboratorium untuk mengukur kadar enzim lipase dalam darah, digunakan terutama dalam mendiagnosis gangguan pankreas, khususnya pankreatitis akut.
Penanda non-invasif	fibrotik Metode diagnostik yang menilai tingkat fibrosis (jaringan parut) pada hati tanpa memerlukan prosedur invasif seperti biopsi.
Penyakit Addison	Gangguan pada kelenjar adrenal yang menyebabkan defisiensi aldosteron dan kortisol, dapat menyebabkan hiponatremia dan retensi kalium.
Penyakit perlemakan hati non-alkoholik (NAFLD)	Akumulasi lemak pada hati bukan akibat konsumsi alkohol.
pH	Ukuran keasaman/basa dalam darah; normal: 7,35–7,45.
pO ₂	Tekanan parsial oksigen terlarut dalam plasma. Normal: 80–100 mmHg.
Preeklampsia Eklampsia	/ Komplikasi kehamilan yang
Prematur	Bayi yang lahir sebelum 37 minggu kehamilan; rentan terhadap gangguan tiroid dan metabolisme.
Probiotik	Mikroorganisme hidup yang memberikan manfaat kesehatan jika dikonsumsi, termasuk peningkatan penyerapan nutrisi dan potensi pengaruh terhadap aktivitas enzim.
Processus Uncinatus	Perpanjangan dari caput pancreatis yang menjulur ke kiri di belakang pembuluh mesenterika superior.
Protein kinase	Enzim yang mengatur aktivitas protein, termasuk kanal ion, melalui fosforilasi; berperan dalam sekresi klorida di saluran pencernaan.
Pseudohiperkalemia	Peningkatan palsu kadar kalium akibat hemolisis, keterlambatan pengujian, atau teknik pengambilan darah yang salah.
Pseudohipoklorinemia	Penurunan klorida serum semu akibat kondisi laboratorium seperti hiperlipidemia atau hipoproteinemia berat (tidak disebut dalam teks, tapi sering relevan klinis).
Pseudohiponatremia	Nilai natrium serum tampak rendah secara artifisial karena peningkatan lipid, protein, atau glukosa dalam plasma.

Pseudohiponatremia Hasil pemeriksaan natrium serum yang tampak rendah secara artifisial akibat hiperlipidemia, hiperglikemia, atau hiperproteinemia.

Pulau Langerhans (Islet of Langerhans) Kumpulan sel endokrin di pankreas yang menghasilkan hormon seperti insulin, glukagon, dan somatostatin.

R

Re-infarction Infark miokard berulang; CK-MB dapat digunakan untuk memantau kejadian ini karena kembali normal dalam 2–4 hari.

Reabsorpsi Proses penyerapan kembali zat seperti klorida dan air oleh ginjal dari filtrat urine ke dalam sirkulasi darah.

Reabsorpsi Proses penyerapan kembali zat dari filtrat di ginjal ke sirkulasi, termasuk kalium dan natrium.

Resistensi insulin Kondisi ketika sel tubuh tidak merespons insulin dengan baik, berhubungan dengan gangguan tiroid dan metabolisme.

Retensi air Penimbunan air dalam tubuh, dapat menyebabkan hiponatremia akibat pengenceran natrium dalam darah.

Retensi cairan Penumpukan air dalam tubuh, bisa disebabkan oleh gangguan hormon, fungsi ginjal, atau jantung.

Saluran empedu (Biliary tract) Struktur tubular yang mengangkut empedu dari hati ke usus halus, berperan penting dalam pencernaan lemak dan penyerapan vitamin larut lemak.

S

Saluran empedu (Biliary tract) Struktur tubular yang mengangkut empedu dari hati ke usus halus, berperan penting dalam pencernaan lemak dan penyerapan vitamin larut lemak.

Saturasi Oksigen (SaO₂) Persentase hemoglobin yang terikat oleh oksigen. Normal: >95%.

Sekretin	Hormon dari duodenum yang merangsang sel pankreas untuk mensekresi bikarbonat.
Sel alfa	Sel pada pulau Langerhans yang mensekresikan glukagon untuk meningkatkan kadar glukosa darah.
Sel beta	Sel utama pada pulau Langerhans yang mensekresikan insulin untuk menurunkan kadar glukosa darah.
Sel delta	Sel pada pulau Langerhans yang mensekresikan somatostatin, hormon penghambat aktivitas sel alfa dan beta.
Sel Hepar	Sel-sel hati (hepatosit), tempat utama aktivitas enzim ALT.
Sensitivitas	Kemampuan suatu tes untuk mengidentifikasi pasien yang benar-benar sakit secara akurat (menghindari hasil negatif palsu).
Sepsis	Infeksi berat sistemik yang dapat memengaruhi fungsi tiroid, khususnya menurunkan kadar T3.
Serum Glutamat Piruvat Transaminase (SGPT)	Nama lain dari ALT.
Serum glutamate-oxaloacetate transaminase (SGOT)	Nama lain dari AST.
Sindrom Bartter Gitelman	/Kelainan ginjal bawaan yang menyebabkan kehilangan kalium dan menyebabkan hipokalemia.
Sindrom metabolik	Sekelompok faktor risiko metabolik yang meliputi obesitas sentral, hipertensi, hiperglikemia, dan dislipidemia.
Sintesis Protein	Proses pembentukan protein dari asam amino di dalam sel, yang merupakan fungsi utama hati.
Sirosis	Kondisi kronis pada hati yang ditandai oleh pembentukan jaringan parut dan gangguan fungsi hati.
Sistem Ginjal	Mekanisme pengaturan pH tubuh melalui ekskresi ion H ⁺ dan reabsorpsi HCO ₃ ⁻ untuk menjaga keseimbangan asam basa.
Sistem hepatobiliari	Sistem yang mencakup hati, kantong empedu, dan saluran empedu, berperan dalam produksi dan pengeluaran empedu serta metabolisme zat-zat dalam tubuh.
Sistem Respirasi	Mekanisme pengaturan pH tubuh melalui pengeluaran atau retensi CO ₂ yang mempengaruhi keseimbangan asam.

Sitoplasma	Kompartemen cairan di dalam sel tempat berbagai reaksi metabolik terjadi, termasuk di dalam sel-sel hati.
Spesifisitas	Kemampuan suatu pemeriksaan laboratorium untuk secara tepat mengidentifikasi individu yang <i>tidak</i> memiliki penyakit (menghindari hasil positif palsu).
Statin	Obat penurun kolesterol yang kadang dapat menyebabkan efek samping berupa kerusakan otot dan peningkatan kadar CK.

T

T4 Total	Jumlah seluruh T4 dalam darah, termasuk bentuk terikat dan bebas.
Tekanan osmotik	Tekanan yang ditimbulkan oleh zat terlarut dalam cairan tubuh; berpengaruh pada distribusi cairan antar kompartemen sel.
Tes fungsi hati	Pemeriksaan laboratorium untuk menilai kesehatan dan fungsi hati melalui pengukuran enzim dan zat lainnya dalam darah, termasuk ALP.
Tiroksin (T4)	Hormon tiroid utama yang diproduksi dalam bentuk tidak aktif dan dikonversi menjadi T3 di jaringan target.
Tirotoksikosis	Kondisi klinis akibat kelebihan hormon tiroid dalam sirkulasi, sering terjadi pada hipertiroidisme.
Torniket	Alat karet pengikat lengan atas saat pengambilan darah; jika tidak dilepas dengan benar bisa menyebabkan hasil kalium palsu tinggi.
Transaminasi	Reaksi pemindahan gugus amino dari satu asam amino ke senyawa lain, membentuk senyawa baru, biasanya melibatkan ALT atau AST.
Transport aktif	Proses pemindahan ion melawan gradien konsentrasi dengan menggunakan energi, seperti pompa Na^+/K^+ .
Transporter $\text{Na}^+/\text{K}^+/\text{Cl}^-$	Protein membran yang memfasilitasi masuknya ion natrium, kalium, dan klorida secara bersama-sama melintasi membran sel.
Tremor halus	Getaran ringan pada tangan, umum terjadi pada hipertiroidisme.
TRH (Thyrotropin Releasing Hormone)	Hormon dari hipotalamus yang merangsang pituitari untuk menghasilkan TSH.

Triiodotironin (T3) Bentuk aktif dari hormon tiroid yang memengaruhi metabolisme, fungsi jantung, otot, dan suhu tubuh.

Troponin I (TnI) Subunit troponin yang spesifik untuk otot jantung, digunakan sebagai biomarker utama dalam diagnosis kerusakan miokardial.

Trypsin inhibitor Senyawa dalam pankreas yang mencegah aktivasi prematur enzim proteolitik seperti tripsin di dalam pankreas.

TSH (Thyroid Stimulating Hormone) Hormon dari kelenjar pituitari yang merangsang kelenjar tiroid untuk menghasilkan T3 dan T4.

Tubulus proksimal / distal Bagian dari nefron ginjal yang berfungsi untuk reabsorpsi dan sekresi zat terlarut seperti natrium dan air.

U

Ultrasonografi (USG) Pemeriksaan radiologi menggunakan gelombang suara untuk mendeteksi kelainan struktur pankreas dan batu empedu.

Uncompensated Gangguan asam basa tanpa respons adaptif tubuh.

Urea Senyawa tidak beracun hasil metabolisme nitrogen yang dikeluarkan tubuh melalui ginjal.

V

Virus hepatitis Virus yang menyebabkan peradangan hati, seperti hepatitis A, B, C, D, dan E.

Z

Zymogen Bentuk tidak aktif dari enzim pencernaan pankreas, yang diaktifkan di lumen usus agar tidak mencerna jaringan pankreas sendiri.



DAFTAR PUSTAKA

- Abbasi, B. Al, Torres, P. I., Ramos-Tuarez, F., Dewaswala, N., Abdallah, A., Chen, K., Qader, M. A., Job, R., Aboulenain, S., Dziadkowiec, K. N., Bhopalwala, H., Pino, J., & Chait, R. D. (2020). Cardiac Troponin-I and COVID-19: A Prognostic Tool for in-Hospital Mortality. *Cardiology Research*. <https://doi.org/10.14740/cr1159>
- Abbot, 2025. i-STAT 1 [WWW Document]. URL <https://www.globalpointofcare.abbott/ww/en/product-details/apoc/i-stat-system.html> (accessed 6.28.25).
- Afroza, S., Begum, M., Chowdhury, I. H., & Hossain, M. M. (2018). Troponin I, a Biomarker of Diagnosis of SIRS, Sepsis and Septic Shock. *Journal of the Bangladesh Society of Anaesthesiologists*. <https://doi.org/10.3329/jbsa.v31i1.66252>
- Agbecha, A. (2022). Magnesium Metabolism and Its Assessment. *International Journal of Frontiers in Chemistry and Pharmacy Research*. <https://doi.org/10.53294/ijfcpr.2021.1.1.0055>
- Al Alawi, A. M., Majoni, S. W., & Falhammar, H. (2018). Magnesium and Human Health: Perspectives and Research Directions. *International Journal of Endocrinology*. <https://doi.org/10.1155/2018/9041694>
- Alkaç, Ç., Akbaş, F., Alkac, B., & Atmaca, H. U. (2014). Obesity and Thyroid Functions. *Journal of Academic Research in Medicine*. <https://doi.org/10.5152/jarem.2014.466>
- Alonso, Á., Misialek, J. R., Amiin, M. A., Hoogeveen, R. C., Chen, L. Y., Agarwal, S., Loehr, L. R., Soliman, E. Z., & Selvin, E. (2014). Circulating Levels of Liver Enzymes and Incidence of Atrial Fibrillation: The Atherosclerosis Risk in Communities Cohort. *Heart*. <https://doi.org/10.1136/heartjnl-2014-305756>

- Alyahya, B., Alalshaikh, A., Altaweel, A., Alsaleh, G., Alsaeed, A., Somily, H., Alotaibi, T., Alaqeel, M., Mehliasi, A. Al, Abuguyan, F., Altuwajiri, F., & Aseri, Z. Al. (2023). The Prevalence of Simultaneously Ordering Amylase and Lipase for Diagnosing Pancreatitis. *Emergency Medicine International*. <https://doi.org/10.1155/2023/3988278>
- American Association for the Study of Liver Diseases (AASLD). (2021). *Practice Guidelines*. <https://www.aasld.org/practice-guideline>.
- Amin, F., Yanti, N. I., Sartini, S., & Sumarheni, S. (2019). Efek Pemberian Ekstrak Etanol Rimpang Temu Putih (*Curcuma Zedoaria* (Berg.) Roscoe) Terhadap Perubahan Kadar Protein Total Dan Alkali Fosfatase Pada Tikus (*Rattus Norvegicus*) Yang Dipaparkan Asap Rokok. *Majalah Farmasi Dan Farmakologi*. <https://doi.org/10.20956/mff.v22i3.5861>
- Anwar, A., Faisal, R., & Sharif, A. (2017). Creatine Kinase-Mb; Comparison of Creatine Kinase-Mb in Male and Female Acute Myocardial Infarct Patients Before and After the Treatment. *The Professional Medical Journal*. <https://doi.org/10.17957/tpmj/17.3821>
- Askandar Tjokroprawiro, Poernomo Boedi Setiawan, Djoko Santoso, G. S. (2007). *Buku Ajar Ilmu Penyakit Dalam*. Airlangga University Press.
- Ateia HME, Ahmed SMA, A. S. & R. S. (2025). Pancreas: Anatomy, Histology and Physiology. *Zagazig University Medical Journal*, 31(1), 70–75.
- Aydın, S., Uğur, K., Aydın, S., Şahin, İ., & Yardım, M. (2019). \≪p\>Biomarkers in Acute Myocardial Infarction: Current Perspectives\≪/P\>. *Vascular Health and Risk Management*. <https://doi.org/10.2147/vhrm.s166157>
- Ayudhia, S., & Rini, E. A. (2020). Gangguan Endokrin Pada Pasien Thalassemia B Mayor Di Rsup M Djamil Padang. *Human Care Journal*. <https://doi.org/10.32883/hcj.v5i2.708>
- Bahar, M., & Manik, M. (2023). Gambaran Aktivitas Enzim Alkalin Phosphatase Pada Penderita Hepatitis B. *Mitra Raflesia (Journal of Health Science)*. <https://doi.org/10.51712/mitraraflesia.v15i1.143>
- Balakrishna, S., & Prabhune, A. (2014). Effect of pH on the Hydrolytic Kinetics of Gamma-Glutamyl Transferase From *Bacillus Subtilis*. *The Scientific World Journal*. <https://doi.org/10.1155/2014/216270>
- Bahrin, M., Mamada, S. S., Lallo, S., & Sumarheni, S. (2019). Pengaruh Pemberian Ekstrak Temu Putih (*Curcuma Zedoaria* (Berg.) Roscoe) Terhadap Kadar Enzim Ldh Tikus Putih (*Rattus Norvegicus*) Yang Diinduksi Asap Rokok. *Majalah Farmasi Dan Farmakologi*.

<https://doi.org/10.20956/mff.v23i2.8324>

- Białas, F., Machaj, D., Baciur, P., Skowrońska, K., & Chmura, A. (2022). The Role of Magnesium Deficiency in the Pathogenesis of Hypertension and the Influence of Magnesium Supplementation on Blood Pressure – Literature Review. *Journal of Education Health and Sport*. <https://doi.org/10.12775/jehs.2022.12.09.010>
- Bishop, M.L., 2018. *Clinical Chemistry: Principles, Techniques, Correlations: Principles, Techniques, Correlations*. Jones & Bartlett Learning, Philadelphia..
- Bodegraven, E. A. van, Lof, S., Jones, L., Aussilhou, B., Gao, Y., Jishu, W., Klotz, R., Rocha-Castellanos, D. M., Matsumoto, I., Ponthaud, C. de, Tanaka, K., Biesel, E., Kauffmann, E., Dumitraşcu, T., Nagakawa, Y., Martí-Cruchaga, P., Roeyen, G., Zerbi, A., Goetz, M., ... Dokmak, S. (2023). Tailoring the Use of Central Pancreatectomy Through Prediction Models for Major Morbidity and Postoperative Diabetes. In *Annals of Surgery Open*. <https://doi.org/10.1097/sla.0000000000006157>
- Bokern, H., Jonker, N., & Cohen, D. (2020). Creatine Kinase Elevation and Discontinuation of Clozapine: Fear-Driven Clinical Practice in a Forensic Case With Treatment-Resistant Schizophrenia and Persistent Violent Behaviour. *Bjpsych Open*. <https://doi.org/10.1192/bjo.2020.134>
- Brickell, J., Arneson, W. (Eds.), 2007. *Clinical chemistry: a laboratory perspective*. F.A. Davis Co, Philadelphia
- Büyüktiryaki, M., Çakır, U., Tayman, C., & Yarcı, E. (2018). The Relationship Between Congenital Hypothyroidism and Neonatal Sepsis in Premature Infants. *İstanbul Kanuni Sultan Süleyman Tıp Dergisi*. <https://doi.org/10.5222/iksst.2018.77487>
- Campbell, S., Eley, S., McKechnie, A. G., & Stanfield, A. C. (2016). Endocrine Dysfunction in Female FMR1 Premutation Carriers: Characteristics and Association With Ill Health. In *Genes*. <https://doi.org/10.3390/genes7110101>
- Carvalho, G., & Rassi, S. (2016). The Prognostic Value of CK-MB in Acute Myocardial Infarction in Developing Countries: A Descriptive Study. *Angiology Open Access*. <https://doi.org/10.4172/2329-9495.1000183>
- Castera, L. (2015). Noninvasive Assessment of Liver Fibrosis. *Digestive Diseases (Basel, Switzerland)*, 33(4), 498–503. <https://doi.org/10.1159/000374097>
- Che, Y., Shimizu, Y., Hayashi, T., Suzuki, J., Pu, Z., Tsuzuki, K., Narita, S., Shibata, R., &

- Murohara, T. (2024). Chronic Circadian Rhythm Disorder Induces Heart Failure With Preserved Ejection Fraction-Like Phenotype Through the Clock-sGC-cGMP-Pkg1 Signaling Pathway. In *Scientific Reports*. <https://doi.org/10.1038/s41598-024-61710-2>
- Cleveland Clinic. (2022, February). *Hormon Tiroid*. <https://my.clevelandclinic.org/health/articles/22391-thyroid-hormone>
- Ciara, W. (2023). Understanding Pancreas Anatomy : Structure and Function. *Pancreatic Disorders & Theraphy*, 13(5), 1–2.
- Clinical and Laboratory Standards Institute (CLSI). (2012). *CLSI document Evaluation of Detection Capability for Clinical Laboratory Measurement Procedures; Approved Guideline*.
- Darmawan, D. (2019). profil kesehatan Indonesia 2019. In *Journal of Chemical Information and Modeling*.
- Delost, M., 2012. Blood Gas and Critical Care Analyte Analysis.
- Dukić, L., Kopčinović, L.M., Dorotić, A., Baršić, I., 2016. Blood gas testing and related measurements: National recommendations on behalf of the Croatian Society of Medical Biochemistry and Laboratory Medicine. *Biochem Med* 26, 318–336. <https://doi.org/10.11613/BM.2016.036>
- dr. Anies, M. K. P. K. K. (2016). *Ensiklopedia Penyakit*. PT Kanisius. <https://books.google.co.id/books?id=3kfnEAAAQBAJ>
- Dr. Ida Ayu Putri Wirawati. (2017). *Pemeriksaan Tiroid*. Universitas Udayana.
- Dyasis Diagnostics System GmbH. (2016). *Insert Kit Gamma-GT FS**.
- Dyasis Diagnostics System GmbH. (2019a). *Insert Kit Alat (gpt) fs** (Issue November).
- Dyasis Diagnostics System GmbH. (2019b). *Insert Kit Alkaline phosphatase*. (Vol. 13, Issue 11). <https://doi.org/10.1136/gut.13.11.926>
- Dyasis Diagnostics System GmbH. (2019c). *Insert Kit Asat (got) fs** (Issue November).
- Erdöl, Ş., & Sağlam, H. (2016). Endocrine Dysfunctions in Patients With Inherited Metabolic Diseases. In *Journal of Clinical Research in Pediatric Endocrinology*. <https://doi.org/10.4274/jcrpe.2288>
- European Association for the Study of the Liver (EASL). (2018). *Clinical Practice Guidelines*. <https://easl.eu/publications/clinical-practice-guidelines/>

- Fajrian, F. M. (2020). Enzim Transferase Dengan Bilirubin Total Penderita Ikterus Obstruktif. *Jurnal Ilmiah Kesehatan Sandi Husada*. <https://doi.org/10.35816/jiskh.v11i1.240>
- Fan, J., Hammonds, K., Izekor, B., Jones, C., McGrade, P., Michel, J. B., & Widmer, R. J. (2021). Association of Maximum Troponin Levels With Diagnosis of Acute Myocardial Infarction and Elevated Risk of Mortality. *Ochsner Journal*. <https://doi.org/10.31486/toj.20.0135>
- Fidianti, F. (2022). Korelasi Kadar Thyroid Stimulating Hormone (TSH) dan Kadar Free Throxine (FT4) pada Pasien Tiroid di RS Bhayangkara Tk.I Raden Said Sukanto. *Repository FK Universitas Binawan*, 04(03), 1–67.
- Fiorentini, D., Cappadone, C., Farruggia, G., & Prata, C. (2021). Magnesium: Biochemistry, Nutrition, Detection, and Social Impact of Diseases Linked to Its Deficiency. *Nutrients*. <https://doi.org/10.3390/nu13041136>
- Gratya, R., Martuti, S., & Salimo, H. (2017). Pengaruh Hipomagnesemia Terhadap Mortalitas Pasien Anak Di Ruang Rawat Intensif. *Sari Pediatri*. <https://doi.org/10.14238/sp18.4.2016.308-313>
- Gibson J. (2002). *Fisiologi dan Anatomi Modern untuk Perawat*. EGC.
- Ghosh, M. D., Paul, D., Islam, M. S., Ghosh, G. C., Alam Bhuiyan, M. M., Akter, S., Sultana, T., Rahman, M. Q., & Ahmed, A. N. N. (2016). Gamma-Glutamyl Transferase Is an Indicator of Gestational Diabetes Mellitus. *Bangladesh Medical Journal*. <https://doi.org/10.3329/bmj.v44i3.27375>
- Gunawan, R. G., & Pratama, M. I. (2024). Analisa Kinerja Algoritma Machine Learning Untuk Prediksi Virus Hepatitis C. In *Jurnal Coscitech (Computer Science and Information Technology)*. <https://doi.org/10.37859/coscitech.v4i3.6513>
- Gomez, D., Addison, A., Rosa, A., Brooks, A., & Cameron, I. C. (2012). Retrospective Study of Patients With Acute Pancreatitis: Is Serum Amylase Still Required? *BMJ Open*. <https://doi.org/10.1136/bmjopen-2012-001471>
- Griffith, D., Hanna, T., Wong, K., Reece-Smith, A. M., Aroori, S., Bowles, M., Stell, D., & Briggs, C. (2018). Comparison of Lipase and Amylase for Diagnosing Post-operative Pancreatic Fistulae. *Anz Journal of Surgery*. <https://doi.org/10.1111/ans.14266>
- Gu, L., Yang, J., Gong, Y., Ma, Y., Yan, S., Huang, Y., Wang, Y., & Peng, Y. (2020). Lower Free Thyroid Hormone Levels Are Associated With High Blood Glucose and Insulin Resistance; These Normalize With Metabolic Improvement of Type 2 Diabetes. *Journal of Diabetes*.

<https://doi.org/10.1111/1753-0407.13118>

Hall, J. E., & Guyton, A. C. (2019). Guyton dan Hall Buku Ajar Fisiologi Kedokteran 13th Edition. *Egc*, 12, 898–900.

Hanifa, N. I., & Widyaningsih, W. (2020). No Title. *Acta Pharmaciae Indonesia Acta Pharm Indo*.
<https://doi.org/10.20884/1.api.2020.8.2.2929>

Hassan, W., Martinez, S., 2025. Arterial Blood Gas Sampling [ABG Machine Use], in: StatPearls. StatPearls Publishing, Treasure Island (FL).

Herroeder, S., Schönherr, M. E., Hert, S. De, Hollmann, M. W., & Warner, D. S. (2011). Magnesium—Essentials for Anesthesiologists. *Anesthesiology*.
<https://doi.org/10.1097/aln.0b013e318210483d>

Hikmah, N., Irawiraman, H., & Kesuma, S. (2024). Gambaran Hasil Pemeriksaan Laktat Dehidrogenase (Ldh) Berdasarkan Level Hemolisis. *Jurnal Medika Malahayati*.
<https://doi.org/10.33024/jmm.v8i1.13369>

Higgins, C., 2011. Central venous blood gas analysis [WWW Document]. URL
<https://acutecaretesting.org/en/articles/central-venous-blood-gas-analysis>

Hofmeyr, S., Meyer, C., & Warren, B. (2014). Serum Lipase Should Be the Laboratory Test of Choice for Suspected Acute Pancreatitis. *South African Journal of Surgery*.
<https://doi.org/10.7196/sajs.2003>

Hopkins, E., Sanvictores, T., Sharma, S., 2025. Physiology, Acid Base Balance, in: StatPearls. StatPearls Publishing, Treasure Island (FL).

Ihim, A. C., Habeeb, Y., Manafa, P. O., Nwobodo, E. I., Edward, U., & Chinedu, P. (2023). Effect of Exposure to Soot on Activities of Alanine Transaminase, Gamma Glutamyl Transferase and Lipase Among Cooks in Nnewi. *Journal of Drug Delivery and Therapeutics*.
<https://doi.org/10.22270/jddt.v13i4.5793>

Indrawati, G.D., Lawang, S.A., Ganda, I.J., Rauf, S., L, A., Aras, J., 2023. Perbandingan hasil analisis gas darah arteri antara alat point of care testing (POCT) dan Laboratory Blood gas analyzer pasien pneumonia. *E-Jurnal Medika Udayana* 12, 23–31.
<https://doi.org/10.24843/MU.2023.V12.i03.P05>

Irene, A., Alkaf, S., Zulissetiana, E. F., Usman, F., & Larasaty, V. (2020). Hubungan Pola Makan Dengan Risiko Terjadinya Sindrom Ovarium Polikistik Pada Remaja. *Sriwijaya Journal of Medicine*. <https://doi.org/10.32539/sjm.v3i1.141>

- Jaya, M., & Fanrezha, A. (2023). Keterlibatan Masyarakat Sebagai Mitra Polisi Dalam Penanganan Narkoba Dusun Pelayang Kecamatan Bathin II Pelayang Kabupaten Bungo. In *Jurnal Politik Dan Pemerintahan Daerah*. <https://doi.org/10.36355/jppd.v5i1.111>
- Kapoor, D., Srivastava, M., Singh, P., 2014. Point of care blood gases with electrolytes and lactates in adult emergencies. *Int J Crit Illn Inj Sci* 4, 216–222. <https://doi.org/10.4103/2229-5151.141411>
- Kartika, T., Adelin, P., & Amelia, R. (2019). Hubungan Kadar Laktat Dehidrogenase Dengan Derajat Preeklampsia-Eklampsia Di RSUP Dr.M.Djamil Padang Tahun 2017. *Health & Medical Journal*. <https://doi.org/10.33854/heme.v1i1.212>
- Kitterer, D., Artunç, F., Segerer, S., Alscher, M. D., Braun, N., & Latus, J. (2015). Evaluation of Lipase Levels in Patients With Nephropathia Epidemica - No Evidence for Acute Pancreatitis. *BMC Infectious Diseases*. <https://doi.org/10.1186/s12879-015-1031-8>
- Kosasih, E.N., Kosasih, A.S., 2008. Tafsiran Hasil Pemeriksaan Laboratorium Klinik Edisi Kedua. Karisma Publishing Group.
- Kurniawan, L. B., Nurulita, A., & Bahrin, U. (2018). Pneumatic Tube Terhadap Darah Rutin Dan Laktat Dehidrogenase. *Indonesian Journal of Clinical Pathology and Medical Laboratory*. <https://doi.org/10.24293/ijcpml.v2i1.1087>
- Kurniawati, E. Y., Hutabarat, N. C., & Noviasari, E. (2023). Status Gizi Dan Gaya Hidup Wanita Dengan Sindrom Ovarium Polikistik (PCOS) Di Yogyakarta. *Jurnal Kesehatan Perintis (Perintis S Health Journal)*. <https://doi.org/10.33653/jkp.v10i1.971>
- Liu, Y., Tang, X., Ni, Y., Duan, L.-Z., & Jing, F.-J. (2024). Diagnostic Value of the Creatine Kinase-Mb/Creatine Kinase and Neutrophil/Lymphocyte Ratios in Acute Myocardial Infarction. *Journal of Cardiothoracic Surgery*. <https://doi.org/10.1186/s13019-024-02740-9>
- Mahayasa, M., & Lesmana, T. (2018). Hepatolitis: Kasus Serial Di RSUD Dr. Soetomo. *JBN (Jurnal Bedah Nasional)*. <https://doi.org/10.24843/jbn.2018.v02.i01.p02>
- Mardiati, M., & Maulina, F. (2019). McCune-Albright Syndrome (Mas). *Averrous Jurnal Kedokteran Dan Kesehatan Malikussaleh*. <https://doi.org/10.29103/averrous.v5i2.2085>
- Mardiana, M., Chairlan, C., Rismini, S., Ekawati, E., 2013. Penggunaan perhitungan manual nilai base excess pada keadaan asidosis. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kesehatan* 1, 1–4.
- Mentary Sudibia, N. K. (2024). Analisis Pemeriksaan Laboratorium Pada Penyakit Tiroid. *Action Research Literate*. <https://doi.org/10.46799/ar.v8i8.482>

- Meriko, C., & Hadiwirawan, O. (2019). Kesejahteraan Psikologis Perempuan Yang Berperan Ganda. In *Seurune Jurnal Psikologi Unsyiah*. <https://doi.org/10.24815/s-jpu.v2i1.13273>
- Merung, M., Toreh, C., Astram, A., & Langi, F. G. (2023). Penentuan Model Prediktif Metastasis Tulang Dan Prognosis Kanker Prostat Menggunakan Alkalin Fosfatase Dan Skor Gleason. *Medical Scope Journal*. <https://doi.org/10.35790/msj.v6i1.48491>
- Mexitalia, M., Fahmi, I., Susanto, R., & Yamauchi, T. (2016). Hubungan Fungsi Tiroid Dengan Energy Expenditure Pada Remaja. *Sari Pediatri*. <https://doi.org/10.14238/sp12.5.2011.323-7>
- Miftah Amarullah. (2021). *Gambaran Kualitas Hidup Pada Pasien Jantung Koroner*. Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- M. Gommers, L. M., Hoenderop, J. G. J., Bindels, R. J. M., & F. Baaij, J. H. (2015). Hypomagnesemia in Type 2 Diabetes: A Vicious Circle? *Diabetes*. <https://doi.org/10.2337/db15-1028>
- MT, W.L.A.M., MT, J.M.B.E.M., 2007. *Clinical Chemistry: A Laboratory Perspective*. F.A. Davis Company, Philadelphia.
- National Institute of Diabetes and Digestive and Kidney Diseases. (2025). *Diagnosis of Pancreatitis*. www.niddk.nih.gov/health-information/digestive-diseases/pancreatitis/diagnosis
- Ota, T., Hasegawa, Y., Murata, E., Tanaka, N., & Fukuoka, M. (2020). False-Positive Elevation of CK-MB Levels With Chest Pain in Lung Adenocarcinoma. *Case Reports in Oncology*. <https://doi.org/10.1159/000505724>
- Patra, S., Bera, S., Roy, S. S., Ghoshal, S., Ray, S., Basu, A., Schlattner, U., Wallimann, T., & Ray, M. (2008). Progressive Decrease of Phosphocreatine, Creatine and Creatine Kinase in Skeletal Muscle Upon Transformation to Sarcoma. *Febs Journal*. <https://doi.org/10.1111/j.1742-4658.2008.06475.x>
- Permatasari, I. I., Kurniawan, L. S., Kusuma Wardani, I. A., & ANA MAHARDIKA, I. K. (2025). Gangguan Astenik Organik Pada Pasien Graves' Disease Dan Stroke Non-Hemoragik: Laporan Kasus. *Paedagogy Jurnal Ilmu Pendidikan Dan Psikologi*. <https://doi.org/10.51878/paedagogy.v5i1.4740>
- Prasetyawan, P. A., Suarsana, I. N., & Kendran, A. S. (2021). Kadar Alanin Aminotransferase, Aspartat Aminotransferase Dan Gambaran Histologi Hati Tikus Putih Yang Diberikan Ekstrak Kulit Pisang Kepok Dan Latihan Intensif. In *Buletin Veteriner Udayana*. <https://doi.org/10.24843/bulvet.2021.v13.i01.p14>

- Prasetyorini, T., Lestari, D. A., & Eka Putri, W. N. (2023). Hubungan Antara Kadar Magnesium Serum Dengan HbA1c Pada Penderita Diabetes Mellitus Tipe 2 Di RSUP Fatmawati Jakarta. *Borneo Journal of Medical Laboratory Technology*. <https://doi.org/10.33084/bjmlt.v6i1.6089>
- Price SA, W. L. (2005). *Patofisiologi: Konsep Klinis Proses-proses Penyakit* (6th ed.). EGC.
- Putri, M. P. (2023). Kadar Gamma Glutamyl Transferase (Ggt) Pada Nelayan Peminum Tuak Dan Arak. *Jurnal Sintesis Penelitian Sains Terapan Dan Analisisnya*. <https://doi.org/10.56399/jst.v3i1.34>
- Putri, W. R., Widada, S. T., & Setiawan, B. (2021). Penurunan Kadar Bilirubin Total Serum Yang Diencerkan Pada Penderita Tuberkulosis. *Jurnal Analis Laboratorium Medik*. <https://doi.org/10.51544/jalm.v6i1.1725>
- Purnamasari, L. (2023). Mengenal Perawakan Pendek Abnormal Pada Anak. *Cermin Dunia Kedokteran*. <https://doi.org/10.55175/cdk.v50i4.639>
- Putri, S. I., Ka'arayeno, A. J., Widiyanto, A., & Asiyah, S. (2024). Pelatihan Pencegahan Gangguan Metabolisme Kronis Melalui Konseling Dan Pemeriksaan Kadar Gula Darah. *Darmabakti Jurnal Pengabdian Dan Pemberdayaan Masyarakat*. <https://doi.org/10.31102/darmabakti.2024.5.02.278-285>
- Ritter, J., Ghirimoldi, F., Manuel, L., Moffett, E., Novicki, T. J., McClay, J. C., Shireman, P. K., & Brimhall, B. B. (2019). Cost of Unnecessary Amylase and Lipase Testing at Multiple Academic Health Systems. *American Journal of Clinical Pathology*. <https://doi.org/10.1093/ajcp/aqz170>
- Rosanoff, A. J., Dai, Q., & Shapses, S. A. (2016). Essential Nutrient Interactions: Does Low or Suboptimal Magnesium Status Interact With Vitamin D and/or Calcium Status? *Advances in Nutrition*. <https://doi.org/10.3945/an.115.008631>
- Sacher, R. A. (2004). *Tinjauan Klinis Hasil Pemeriksaan Laboratorium*. (II). EGC.
- Sihombing, R. D., Stella, S., & Lannasari. (2021). Hubungan Status Hipertiroid Dengan Tingkat Depresi Usia Dewasa Tengah Di Komunitas Pita Tosca Wilayah DKI Jakarta. *Journal of Nursing Education and Practice*. <https://doi.org/10.53801/jnep.v1i2.33>
- Siemens, 2025. epoc® Blood Analysis System [WWW Document]. URL <https://www.siemens-healthineers.com/en-us/blood-gas/blood-gas-systems/epoc-blood-analysis-system> (accessed 6.28.25).

- Siggaard-Andersen, O., 1977. The van Slyke equation. *Scand J Clin Lab Invest Suppl* 146, 15–20.
<https://doi.org/10.3109/00365517709098927>
- Silbernagl, S., Lang, F., 2011. *Color Atlas of Pathophysiology*. Thieme.
- Soesanti, F. (2019). Osteoporosis Dan Osteodistrofi Pada Anak. *Sari Pediatri*.
<https://doi.org/10.14238/sp21.2.2019.138-44>
- Srikandi, P. R. (2020). Hipertiroidismee Graves Disease:case Report. *Jurnal Kedokteran Raflesia*.
<https://doi.org/10.33369/juke.v6i1.10986>
- Siyani, M. H., Zandiyeh, F., Zaremoghadam, E., Dehghan, S., Sadeghian, R., Aboulfathiyarmohammadyar, Z., & Alipoor, M. (2023). Association of Parathyroid Hormone With Plasma Magnesium in Health and Disease; A Review. *Journal of Parathyroid Disease*.
<https://doi.org/10.34172/jpd.2023.11211>
- S Doley, J., & SF Lok, A. (2019). Sherlock diseases of the liver and biliary system. *Sustainability (Switzerland)*, *11*(1), 1–14.
http://scioteca.caf.com/bitstream/handle/123456789/1091/RED2017-Eng-8ene.pdf?sequence=12&isAllowed=y%0Ahttp://dx.doi.org/10.1016/j.regsciurbeco.2008.06.005%0Ahttps://www.researchgate.net/publication/305320484_SISTEM_PEMBETUNGAN_TERPUSAT_STRATEGI_MELESTARI
- Singh Gill, M. P. (2013). Comparative Study of Serum Gamma Glutamyltransferase, 5' Nucleotidase and Alkaline Phosphatase in Icteric and an-Icteric Biliary Disease Patients. *Iium Medical Journal Malaysia*. <https://doi.org/10.31436/imjm.v12i1.2004>
- Siska, L., Suardi, A. U., & Alam, A. (2018). Hepatotoksisitas Pada Anak Penderita Human Immunodeficiency Virus Di Rumah Sakit Hasan Sadikin Bandung. *Sari Pediatri*.
<https://doi.org/10.14238/sp19.4.2017.214-19>
- Sunaidi, Y., Thaslifa, Fitriana, F., & B, S. A. (2023). Gambaran Serum Glutamic Pyruvic Transaminase Dan Serum Glutamic Oxaloacetic Transaminase Pada Penderita Covid-19. *Jurnal Kedokteran Universitas Palangka Raya*. <https://doi.org/10.37304/jkupr.v11i1.8661>
- Tade, G., Hsu, H., Woodiwiss, A. J., Peters, F., Robinson, C., Dlongolo, N., Teckie, G., Solomon, A., Norton, G. R., & Dessein, P. H. (2022). Uric Acid, Ferritin, Albumin, Parathyroid Hormone and Gamma-Glutamyl Transferase Concentrations Are Associated With Uremic Cardiomyopathy Characteristics in Non-Dialysis and Dialysis Chronic Kidney Disease Patients. *International Journal of Nephrology and Renovascular Disease*.

<https://doi.org/10.2147/ijnrd.s389539>

- Thygesen, K., Alpert, J. S., Jaffe, A. S., Simoons, M. L., Chaitman, B. R., White, H. D., Thygesen, K., Alpert, J. S., White, H. D., Jaffe, A. S., Katus, H. A., Apple, F. S., Lindahl, B., Morrow, D. A., Chaitman, B. A., Clemmensen, P. M., Johanson, P., Hod, H., Underwood, R., ... Mendis, S. (2012). Third universal definition of myocardial infarction. *European Heart Journal*, 33(20), 2551–2567. <https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehs184>
- Treacy, J., Williams, A., Bais, R., Willson, K., Worthley, C. S., Reece, J., Bessell, J. R., & Thomas, D. L. (2001). Evaluation of Amylase and Lipase in the Diagnosis of Acute Pancreatitis. *Anz Journal of Surgery*. <https://doi.org/10.1046/j.1445-2197.2001.02220.x>
- Trost, J. C., & Soong, C. (2017). Cardiac Biomarkers—Are We Testing Wisely? *Journal of Hospital Medicine*. <https://doi.org/10.12788/jhm.2851>
- Uk, P., Paul, D., Paul, U. K., Dey, B., Datta, P., & Khan, M. S. (2022). Prevalence of Elevated Troponin- I Among Hospitalized Patients With COVID- 19. *The Journal of Sylhet Women's Medical College*. <https://doi.org/10.47648/jswmc2022v12-02-47>
- Utami, A. D., & Rahmandani, A. (2023). Pengalaman Bekerja Sebagai Caregiver Di Wisma Tuna Ganda Pada Ibu Dengan Anak Balita. In *Jurnal Empati*. <https://doi.org/10.14710/empati.2023.28679>
- Venkataraman, P., Krishnamoorthy, G., Selvakumar, K., & Arunakaran, J. (2009). Oxidative Stress Alters Creatine Kinase System in Serum and Brain Regions of Polychlorinated Biphenyl (Aroclor 1254)-Exposed Rats: Protective Role of Melatonin. *Basic & Clinical Pharmacology & Toxicology*. <https://doi.org/10.1111/j.1742-7843.2009.00406.x>
- Volsko, T.A., Chatburn, R.L., El-Khatib, M.F. (Eds.), 2016. Equipment for respiratory care. Jones & Bartlett Learning, Burlington, MA.
- Wanti, H. D., Fadhilah, F. R., & Taufiqurrohman, O. (2020). Pengaruh Hemolisis Dalam Serum Terhadap Aktivitas Enzim Aspartat Aminotransferase Dengan Metode Kinetik-Ifcc. In *Journal of Indonesian Medical Laboratory and Science (Joimedlabs)*. <https://doi.org/10.53699/joimedlabs.v1i1.6>
- Whitfield, J. B. (2001). Gamma Glutamyl Transferase. *Critical Reviews in Clinical Laboratory Sciences*. <https://doi.org/10.1080/20014091084227>
- WHO. (2020). *Cardiac Disease*. <https://www.who.int/health-topics/cardiovascular-diseases>

- WHO, 2010. Arterial blood sampling, in: WHO Guidelines on Drawing Blood: Best Practices in Phlebotomy. World Health Organization.
- Wu, A., 2006. Tietz Clinical Guide to Laboratory Tests Fourth Edition. Saunders, Chantilly.
- Wu, X., Zhou, L., Zhan, X., Wen, Y., Wang, X., Feng, X., Wang, N., Peng, F., & Wu, J. (2022). Creatine Kinase and Mortality in Peritoneal Dialysis. *Frontiers in Cardiovascular Medicine*. <https://doi.org/10.3389/fcvm.2022.855891>
- Xu, J., Xu, W., Yao, H., Sun, W., Zhou, Q., & Cai, L. (2013). Associations of Serum and Urinary Magnesium With the Pre-Diabetes, Diabetes and Diabetic Complications in the Chinese Northeast Population. *Plos One*. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0056750>
- Yamashita, Y., Tanioka, K., Kawaji, Y., Tamura, T., Nuta, J., Hatamaru, K., Itonaga, M., Yoshida, T., Ida, Y., Maekita, T., Iguchi, M., & Kitano, M. (2020). Utility of Elastography With Endoscopic Ultrasonography Shear-Wave Measurement for Diagnosing Chronic Pancreatitis. In *Gut and Liver*. <https://doi.org/10.5009/gnl19170>
- Yazid, F., Luchman, N. A., Abdul Wahab, R. M., & Ariffin, Z. Z. (2019). Pencirian Dan Pembezaan Osteogenik Sel Stem Pulpa Gigi Kekal Dan Gigi Desiduos Manusia. *Sains Malaysiana*. <https://doi.org/10.17576/jsm-2019-4807-17>
- Yunus, M., Suthama, N., & Wahyuni, H. I. (2019). Kombinasi Penambahan Sumber Inulin Dan Lactobacillus Sp. Terhadap Aktivitas Fosfatase Alkalis Dan Ketersediaan Energi Pada Ayam Kampung Persilangan. *Jurnal Pengembangan Penyuluhan Pertanian*. <https://doi.org/10.36626/jppp.v13i23.112>
- Yusran, A. F., Syafrita, Y., & Permana, H. (2022). Hubungan Kadar Magnesium Serum Dan Hb1c Dengan Severitas Neuropati Diabetik. *Jurnal Ilmu Kedokteran (Journal of Medical Science)*. <https://doi.org/10.26891/jik.v16i1.2022.22-29>

