

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Telaah Pustaka

1. Laboratorium Kimia Klinik

a. Pengertian Laboratorium Kimia Klinik

Kimia klinik merupakan cabang dari ilmu Teknologi Laboratorium Medis yang berfokus pada analisis komponen kimia dalam cairan tubuh untuk mendeteksi, mendiagnosis, dan memantau penyakit. Pemeriksaan kimia klinik bertujuan untuk memperoleh informasi kuantitatif mengenai zat biokimia dalam tubuh yang mencerminkan fungsi organ tertentu seperti hati, ginjal, dan pankreas (Najat, 2017). Pemeriksaan ini dilakukan berdasarkan prinsip reaksi kimia yang diukur melalui instrumen spektrofotometri untuk menentukan konsentrasi zat tertentu. Kualitas hasil pemeriksaan sangat dipengaruhi oleh tahapan pra-analitik, analitik, dan pasca-analitik, serta penerapan *Standard Operating Procedure* (SOP) yang sesuai dengan regulasi seperti Permenkes No. 43 Tahun 2013 dan Permenkes No. 34 Tahun 2022 tentang cara penyelenggaraan laboratorium klinik yang baik (Alcantara, dkk., 2022).

b. Tahapan Pemeriksaan

Pemeriksaan laboratorium terdiri dari tiga tahap utama yaitu pra analitik, analitik, dan pasca analitik. Ketiga tahap kegiatan

laboratorium ini sama-sama penting untuk dilaksanakan sebaik mungkin, agar mendapatkan hasil pemeriksaan yang berkualitas tinggi, mempunyai ketelitian dan ketepatan sehingga membantu klinisi dalam rangka menegakkan diagnosa, pengobatan atau pemulihan kesehatan pasien yang ditanganinya (Lin, dkk., 2025).

1) Tahap Pra-Analitik

Tahap pra analitik adalah tahap mulai mempersiapkan pasien, mengambil spesimen, menerima spesimen, memberi identitas spesimen, mengirim spesimen rujukan sampai dengan menyimpan specimen (Sianipar, 2019). Tahap pra-analitik mencakup rangkaian proses yang dilakukan sebelum analisis spesimen, mulai dari persiapan pasien, penerimaan dan pengambilan sampel, pelabelan identitas, hingga penyimpanan spesimen. Pengendalian pada tahap ini bertujuan memastikan bahwa setiap spesimen yang masuk sesuai dengan identitas pasien yang tepat serta memenuhi kriteria kualitas yang ditetapkan. (Sela, dkk., 2025).

2) Tahap Analitik

Tahap analitik melibatkan pemeliharaan dan kalibrasi alat, serta pemeriksaan dan pengawasan terhadap ketelitian dan akurasi hasil. Uji ketelitian disebut juga pemantapan presisi, dan dapat dijadikan indikator adanya penyimpangan akibat kesalahan acak (Fitri, 2021). Uji ketepatan disebut juga

pemantapan akurasi, dan dapat digunakan untuk mengenali adanya kesalahan sistemik. Kegiatan pada tahap ini meliputi pengolahan spesimen, pemeliharaan dan kalibrasi alat, pelaksanaan pemeriksaan spesimen, pengawasan ketelitian dan ketepatan pemeriksaan (Sun, 2023).

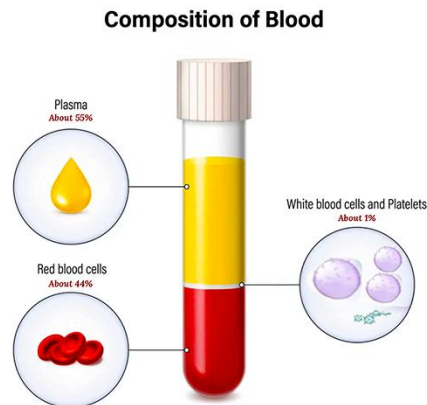
3) Tahap Pasca-Analitik

Kegiatan laboratorium yang dilakukan pada tahap pasca analitik yaitu sebelum hasil pemeriksaan diserahkan ke pasien, meliputi pencatatan hasil pemeriksaan dan pelaporan hasil. Kesalahan pada tahap pasca analitik dapat berupa penulisan dan penginputan hasil, kesalahan pencatatan atau kesalahan perhitungan jika masih menggunakan metode manual. Kegiatan pada tahap pasca-analitik meliputi pencatatan hasil pemeriksaan, verifikasi dan validasi hasil, laporan hasil pemeriksaan, penyerahan hasil kepada pasien atau dokter (Siregar, 2018).

2. Spesimen Darah

Darah merupakan cairan biologis khusus yang tersusun dari empat komponen utama: plasma, eritrosit, leukosit, dan trombosit. Darah yang beredar melalui arteri, vena, dan kapiler disebut darah lengkap, yang komposisinya terdiri dari sekitar 55% plasma dan 45% unsur seluler.

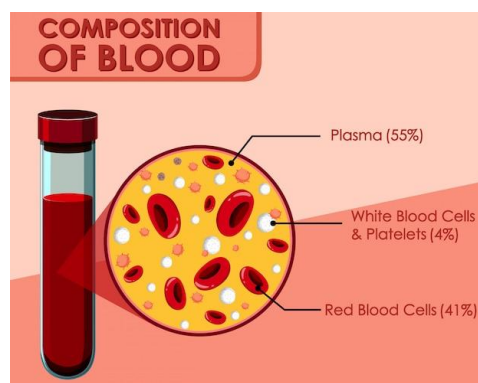
Secara keseluruhan, volume darah dalam tubuh manusia berkisar antara 7% hingga 8% dari total berat badan (*American Society of Hematology*, 2021).



Gambar 1. Komponen Darah
Sumber : *American Society of Hematology, 2021*

Darah yang digunakan dalam pemeriksaan laboratorium dibagi menjadi 3 yaitu :

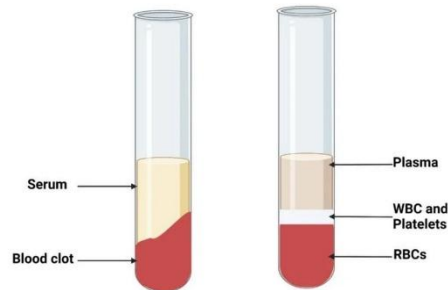
- a. Darah utuh (*whole blood*)



Gambar 2. Whole Blood
Sumber : *Clinical Biochemistry and Hematology, 2012*

Whole blood merupakan darah utuh yang mengandung seluruh komponen penting, meliputi sel darah merah, sel darah putih, trombosit, serta plasma. Penilaian kualitas WB dilakukan melalui pemeriksaan volume, hematokrit, serta keberadaan dan aktivitas dari komponen tersebut (Saiba dan Prastayaswati, 2025).

b. Plasma



Gambar 3. Serum dan Plasma
 Sumber : *Microbiology Note*, 2023

Plasma, atau plasma darah, merupakan bagian cair berwarna kekuningan atau menyerupai warna jerami yang berfungsi sebagai medium dasar dari darah lengkap. Plasma diperoleh dari darah tanpa komponen seluler seperti eritrosit, leukosit, dan trombosit, serta sering disalahartikan sebagai serum, padahal serum adalah plasma yang telah kehilangan fibrinogen. Komponen ini mengandung sekitar 91–92% air dan 8–9% zat padat. Dalam plasma terdapat koagulan seperti fibrinogen yang berperan dalam proses pembekuan darah, protein plasma seperti albumin dan globulin yang berfungsi menjaga tekanan osmotik koloid, berbagai elektrolit termasuk natrium, kalium, bikarbonat, klorida, dan kalsium yang membantu mempertahankan keseimbangan pH darah, serta imunoglobulin yang berperan dalam sistem pertahanan tubuh bersama sejumlah kecil enzim, hormon, dan vitamin lain yang mendukung fungsi fisiologis (Joscilin, dkk., 2023).

c. Serum

Serum merupakan bagian cair dari darah yang muncul setelah darah utuh mengalami proses pembekuan. Mekanisme pembekuan ini penting untuk mencegah kehilangan darah yang berlebihan ketika terjadi cedera ringan. Dalam prosedur laboratorium, sampel darah yang sudah membeku kemudian diproses dengan sentrifugasi agar komponen cairnya terangkat ke permukaan, terpisah dari bekuan. Kandungan serum terutama terdiri atas air serta beragam molekul biologis termasuk protein, peptida, asam amino, hormon, senyawa nitrogen, elektrolit dan mineral, fragmen asam nukleat dalam jumlah kecil, berbagai metabolit, dan komponen lipid (Kiseleva, dkk., 2022).

Macam-macam serum tidak normal yang dapat mengganggu hasil pemeriksaan yaitu :

1) Serum hemolisis

Serum hemolisis merupakan sampel serum yang tampak kemerahan akibat keluarnya hemoglobin dari sel darah merah yang mengalami kerusakan. Perubahan warna merah pada serum atau plasma ini menjadi penanda terjadinya hemolisis. Kondisi hemolisis *in vitro* dapat muncul karena teknik pengambilan darah yang kurang tepat, misalnya penggunaan jarum dengan diameter terlalu kecil atau proses penarikan darah menggunakan

sputit yang tidak berjalan mulus akibat vena tidak tertusuk secara optimal (Yang, dkk, 2022).

2) Serum lipemik

Serum lipemik adalah sampel serum (atau plasma) yang tampak keruh, putih kekuningan seperti susu, karena adanya akumulasi partikel lipoprotein terutama kilomikron dan VLDL yang menandakan kadar lemak (trigliserida/lipid) yang sangat tinggi dalam darah (Listyaningrum 2019). Kondisi lipemia ini dapat mengganggu analisis laboratorium karena partikel lemak tersebut menghamburkan cahaya atau menyerap pada panjang gelombang tertentu, sehingga menyebabkan interferensi pada metode spektrofotometri dan mengakibatkan hasil pemeriksaan yang kurang akurat (Soh, dkk., 2022).

Adiga dan Malawadi (2016) menjelaskan bahwa lipemia diukur menggunakan *lipemic index* sebagai indikator otomatis dari kekeruhan akibat lipoprotein, dan bahwa lipemia sering menyebabkan hasil analit yang salah naik atau turun pada pengujian klinis.

3) Serum ikterik

Serum ikterik adalah sampel serum yang memiliki warna kuning-coklat akibat tingginya kadar bilirubin (baik bilirubin terkonjugasi maupun tidak) dalam darah kondisi ini disebut ikterus atau hiperbilirubinemia. Kadar bilirubin yang berlebihan

bisa mengganggu hasil pemeriksaan kimia klinik melalui dua mekanisme utama: (1) interferensi spektral, karena bilirubin dan produk pemecahannya menyerap cahaya pada panjang gelombang yang digunakan dalam uji laboratorium, dan (2) reaksi kimia dengan reagen enzimatik, yang dapat mengubah laju atau hasil reaksi analitik (Merrill, dkk., 2022)

3. Diabetes Melitus

a. Pengertian

Menurut *American Diabetes Association*, Diabetes melitus adalah sekelompok gangguan metabolik pada metabolisme karbohidrat di mana glukosa tidak dimanfaatkan secara optimal sebagai sumber energi dan diproduksi berlebihan akibat glukoneogenesis dan glikogenolisis yang tidak tepat, yang mengakibatkan hiperglikemia.

Diabetes dapat didiagnosis dengan menunjukkan konsentrasi glukosa yang meningkat dalam plasma vena atau peningkatan A1C dalam darah. Diabetes secara konvensional diklasifikasikan ke dalam beberapa kategori klinis misalnya, diabetes tipe 1 atau tipe 2, diabetes gestasional, dan jenis-jenis spesifik lainnya yang disebabkan oleh faktor lain, seperti penyebab genetik, gangguan pankreas eksokrin, dan obat-obatan (*American Diabetes Association, 2024*).

b. Klasifikasi

1) Diabetes tipe 1

Diabetes melitus tipe 1 merupakan gangguan endokrin akibat kerusakan autoimun pada sel β pankreas sehingga produksi insulin berhenti, menyebabkan hiperglikemia dan ketosis yang memerlukan terapi insulin seumur hidup. Kondisi ini paling sering muncul pada masa pubertas atau awal dewasa, namun dapat terjadi pada semua usia, dan prevalensinya tinggi pada orang dewasa karena harapan hidup yang panjang. Gejala utamanya meliputi poliuria, polidipsia, dan penurunan berat badan, dengan risiko komplikasi akut seperti ketoasidosis serta komplikasi jangka panjang berupa kerusakan mikrovaskular dan makrovaskular. Penderita juga berisiko mengalami penyakit autoimun lain dan masalah psikososial. Penatalaksanaan berfokus pada pengendalian glukosa yang optimal untuk mencegah komplikasi jangka pendek maupun panjang. (Syed, 2022).

2) Diabetes tipe 2

Diabetes Mellitus Tipe 2 (T2DM), salah satu gangguan metabolik paling umum, disebabkan oleh kombinasi dua faktor utama: sekresi insulin yang tidak normal oleh sel β pankreas dan ketidakmampuan jaringan yang sensitif terhadap insulin untuk merespons insulin secara tepat. Karena pelepasan dan aktivitas

insulin merupakan proses esensial untuk homeostasis glukosa, mekanisme molekuler yang terlibat dalam sintesis, pelepasan, dan deteksi insulin diatur dengan ketat. Gangguan pada mekanisme mana pun yang terlibat dalam proses-proses ini dapat menyebabkan ketidakseimbangan metabolik yang bertanggung jawab atas perkembangan penyakit (Galiccia, dkk., 2020).

3) Diabetes gestasional

Diabetes gestasional adalah kondisi ketika intoleransi glukosa pertama kali muncul atau pertama kali terdeteksi selama kehamilan. Kondisi ini terjadi karena perubahan hormonal yang menyebabkan resistensi insulin meningkat, sehingga kadar gula darah menjadi lebih tinggi dari normal. Biasanya terdiagnosis pada trimester kedua atau ketiga, ketika hormon kehamilan mencapai puncaknya. Ibu hamil dengan diabetes gestasional memiliki risiko lebih tinggi mengalami komplikasi seperti preeklamsia, persalinan sesar, dan bayi dengan makrosomia. Meski demikian, kondisi ini umumnya membaik setelah melahirkan, namun meningkatkan risiko diabetes tipe 2 di kemudian hari (McIntyre, dkk., 2019).

4) Diabetes tipe spesifik

Diabetes melitus tipe spesifik adalah kondisi yang terjadi karena kelainan kromosom dan mitokondria DNA. Infeksi

seperti rubella congenital dan cytomegalovirus juga dapat memicu munculnya diabetes ini. Selain itu, penyakit eksokrin pancreas seperti fibrosis kistik dan pankreatitis berkontribusi terhadap perkembangan diabetes tipe spesifik. Penggunaan obat atau zat kimia seperti glukokortikoid yang sering digunakan dalam terapi HIV/AIDS atau setelah transplantasi organ juga menjadi penyebab lainnya (Azizah, dkk., 2024).

c. Diagnosis Diabetes Melitus

Diagnosis Diabetes Melitus (DM) ditentukan berdasarkan pemeriksaan kadar gula darah. Pemeriksaan yang dianjurkan adalah pemeriksaan glukosa secara enzimatik menggunakan sampel plasma vena. Pemantauan efektivitas pengobatan dapat dilakukan melalui pemeriksaan glukosa darah kapiler dengan alat glukometer. Diagnosis tidak hanya dapat didasarkan pada keberadaan glucosuria (Widiasari dkk, 2021).

Tabel 1. Kadar Tes Laboratorium Untuk Diagnosis Diabetes Dan Prediabetes

Kategori	HbA1c (%)	GDP (mg/dL)	GD 2 jam setelah TTGO (mg/dL)
Diabetes	≥ 6,5	≥ 126	≥ 200
Prediabetes	5,7 – 6,4	100 – 125	140 – 199
Normal	< 5,7	70 – 99	70 – 139

Sumber : PERKENI, 2021

Hasil pemeriksaan yang tidak sesuai dengan kriteria normal atau kriteria diabetes melitus dikategorikan sebagai prediabetes yang mencakup toleransi glukosa terganggu (TGT) dan glukosa

darah puasa terganggu (GDPT) (PERKENI, 2021).

4. Enzim *Alanine Aminotransferase* (ALT)

a. Definisi enzim

Enzim merupakan biomolekul berbasis protein yang berfungsi sebagai katalis biologis yang mempercepat reaksi kimia tanpa mengubah keseimbangan akhir reaksi. Aktivitas enzim bergantung pada struktur tiga dimensinya, terutama pada sisi aktif tempat substrat berikatan secara spesifik. Sifat katalitik ini memungkinkan metabolisme sel berlangsung pada suhu tubuh yang relatif rendah dan dalam kondisi fisiologis yang stabil (Ohkawara, dkk., 2021). Setiap enzim memiliki spesifisitas yang khas terhadap substrat tertentu, yang menjadi karakteristik utama dari enzim. Enzim disintesis dalam bentuk inaktif dan akan diaktifkan ketika berada dalam kondisi lingkungan yang sesuai (Febriani, dkk., 2023).

Enzim memiliki selektivitas yang sangat tinggi terhadap substrat tertentu dan dapat mempercepat reaksi kimia dengan menurunkan energi aktivasi, bekerja paling efektif pada rentang suhu serta pH yang sesuai. Molekul ini berperan sentral dalam berbagai proses biokimia sehingga metabolisme dapat berlangsung secara teratur dan efisien. Selain memfasilitasi pembentukan makromolekul dari prekursor sederhana, enzim juga mengarahkan jalur metabolik yang penting bagi keberlangsungan hidup (Mahé, dkk., 2023).

Enzim mampu meningkatkan kecepatan reaksi karena sebagai katalis alami, hingga jutaan kali lipat tanpa mengubah posisi kesetimbangan reaksi. Secara struktural, enzim tersusun atas apoenzim (komponen proteinnya) dan gugus prostetik non-protein yang bersama-sama membentuk holoenzim. Aktivitas katalitik berlangsung pada sisi aktif enzim, tempat substrat berinteraksi secara spesifik. Keseimbangan aktivitas enzim dibutuhkan agar metabolisme berjalan normal, memungkinkan produksi energi dan pembentukan komponen penting tubuh. Ketidakseimbangan enzim dapat memicu gangguan metabolik maupun penyakit. Enzim juga digunakan sebagai indikator diagnosis medis dan dimanfaatkan secara luas dalam berbagai sektor industri. Seperti halnya katalis lain, enzim tidak mengalami perubahan permanen selama reaksi dan kembali ke bentuk awal setelah proses selesai (Godfrey dan Kornberg, 2020).

1) Suhu

Enzim memiliki suhu optimum tempat aktivitasnya paling tinggi. Peningkatan suhu akan mempercepat reaksi hingga titik tertentu, tetapi suhu terlalu tinggi dapat merusak struktur enzim (denaturasi), sehingga aktivitasnya menurun drastis (Eğilmez dan Haspolat, 2024).

2) Derajat keasaman (pH)

Enzim bekerja optimal pada rentang pH tertentu. Perubahan

pH yang ekstrem dapat mengubah bentuk sisi aktif maupun muatan ionik enzim, sehingga mengganggu ikatan dengan substrat (Zhao, dkk., 2025).

3) Konsentrasi enzim

Substrat yang tersedia cukup, peningkatan konsentrasi enzim akan meningkatkan laju reaksi karena lebih banyak molekul enzim yang dapat mengikat substrat (Zhao, dkk., 2025).

4) Konsentrasi substrat

Semakin tinggi konsentrasi substrat, semakin cepat laju reaksi hingga mencapai titik jenuh (V_{max}). Pada tahap ini semua enzim telah berikatan dengan substrat dan kecepatan reaksi tidak dapat meningkat lagi (Silverstein, 2019).

5) Zat penghambat (Inhibitor)

Kerja enzim dapat dihambat oleh zat penghambat atau inhibitor. Terdapat dua jenis inhibitor, yaitu inhibitor kompetitif dan inhibitor nonkompetitif.

(a) Inhibitor kompetitif

Inhibitor kompetitif menurunkan aktivitas enzim dengan berikatan langsung pada sisi aktif, sehingga bersaing dengan substrat untuk menempati posisi tersebut. Molekul penghambat ini umumnya memiliki kesamaan struktur dengan substrat alami, sehingga mampu meniru interaksi yang terjadi pada pusat aktif. Ketika enzim berikatan dengan

inhibitor, kemampuan enzim untuk menjalankan fungsi katalitiknya menjadi terhambat (Wahyudiati, 2017).

(b) Inhibitor nonkompetitif

Berbeda dari inhibitor kompetitif, inhibitor nonkompetitif tidak berebut tempat dengan substrat pada sisi aktif enzim. Molekul penghambat ini menempel pada bagian enzim yang terletak di luar pusat aktif. Ikatan tersebut menyebabkan perubahan konfigurasi enzim, sehingga bentuk sisi aktif berubah dan substrat tidak lagi dapat berinteraksi dengan enzim secara normal. Beberapa ion logam berat, termasuk Ag^+ , Hg^{2+} , dan Pb^{2+} , diketahui bertindak sebagai inhibitor nonkompetitif karena kemampuannya mengganggu struktur protein enzim (Wahyudiati, 2017).

b. Pengertian enzim *Alanine Aminotransferase* (ALT)

Menurut kendrin, dkk 2017 dalam (Anwar dkk, 2023:158) Enzim Alanine aminotransferase (ALT) adalah enzim yang diproduksi oleh hepatosit dan paling banyak ditemukan di jaringan hati, dengan jumlah yang jauh lebih sedikit pada jantung dan otot rangka dibandingkan *Aspartate aminotransferase* (AST). ALT terutama berada di sitoplasma sel-sel parenkim hati dan berperan penting dalam proses pemindahan karbon serta nitrogen dari jaringan otot menuju hati. Pada otot rangka, piruvat diubah melalui

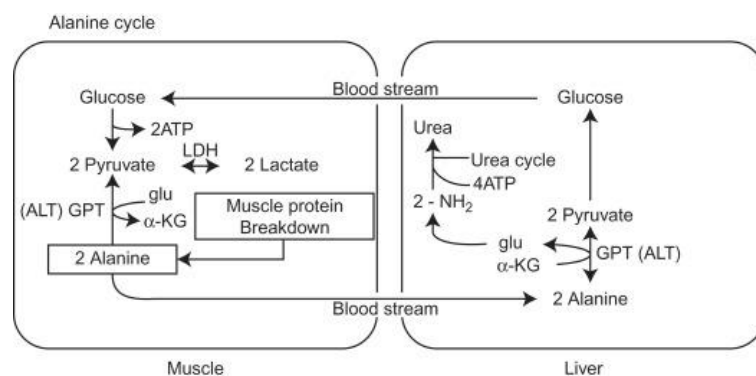
reaksi transaminasi menjadi alanin yang kemudian membawa nitrogen ke hati sebagai bagian dari mekanisme transport metabolik. Dengan lokalisasinya yang dominan di hepar, ALT menjadi penanda yang lebih spesifik untuk mendeteksi cedera atau kerusakan sel hati.

Sampel pemeriksaan ALT berdasarkan Keputusan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 1792/MENKES/SK/XII/200 dapat menggunakan serum dan plasma EDTA. Serum merupakan bagian cair darah yang tidak mengandung fibrinogen, karena fibrinogen telah berubah menjadi benang fibrin saat proses pembekuan (Anwar, dkk., 2023). Serum didapat dari spesimen yang tidak ditambahkan antikoagulan, sehingga darah akan membeku dalam waktu kurang lebih 15 menit. Darah yang membeku dilakukan sentrifugasi agar terjadi pemisahan antara cairan dan sel darah, cairan berwarna kekuningan. Menurut Nugraha, 2017 dalam (Anwar, dkk., 2023). Sedangkan plasma masih mengandung fibrinogen yang tidak dapat berubah menjadi fibrin karena adanya antikoagulan (Rosati, dkk., 2018).

c. Mekanisme enzim *Alanine Aminotransferase* (ALT)

Alanine aminotransferase (ALT) berperan dalam proses metabolisme asam amino, khususnya yang berkaitan dengan jalur urea. Enzim ini mengkatalisis pemindahan gugus amino ($-NH_2$) dari alanin ke α -ketoglutarat, sehingga menghasilkan piruvat serta glutamat. Proses katalitik tersebut memerlukan piridoksal fosfat,

bentuk aktif vitamin B6, sebagai koenzim. ALT yang terdeteksi di dalam serum hadir dalam bentuk holoenzim yang telah berikatan lengkap dengan kofaktornya. Seperti halnya *Aspartate aminotransferase* (AST), ALT digunakan secara luas sebagai indikator biokimia dalam evaluasi fungsi hati (Washington dan Van Hoosier, 2019).



Gambar 4. Mekanisme enzim *Alanine Aminotransferase*

Sumber : *Clinical Biochemistry and Hematology*, 2012

d. Faktor yang mempengaruhi enzim *Alanine Aminotransferase* (ALT)

Faktor yang berkontribusi terhadap peningkatan kadar ALT secara umum dikelompokkan menjadi faktor fisiologis dan patologis. Dari aspek fisiologis, kadar ALT dipengaruhi oleh jenis kelamin, di mana laki-laki cenderung memiliki nilai yang lebih tinggi karena perbedaan regulasi hormonal. Indeks massa tubuh yang meningkat, aktivitas fisik intens, serta ritme sirkadian juga berperan, dengan konsentrasi ALT terendah biasanya muncul sekitar pukul 04.00 dan mencapai puncaknya sekitar pukul 16.00, yakni sekitar 12 jam kemudian. Selain itu, variasi etnis turut memengaruhi

nilai ALT, dan penelitian menunjukkan bahwa individu keturunan Meksiko-Amerika memiliki kadar ALT lebih tinggi dibanding kelompok etnis lainnya (Ruhl dan Everhart, 2013).

Kenaikan aktivitas ALT mencapai tingkat tertinggi pada kondisi hepatitis akut dan berbagai bentuk hepatotoksisitas yang memicu nekrosis hepatoseluler, termasuk paparan obat atau bahan kimia yang bersifat toksik terhadap hati. Peningkatan dengan derajat sedang umumnya terlihat pada sirosis, karsinoma hepatoseluler, gagal jantung kongestif, serta intoksikasi alkohol akut. Selain itu, sejumlah agen farmakologis diketahui dapat memicu elevasi ALT, antara lain antibiotik, analgesik narkotik, metildopa (Aldomet), guanetidin, preparat digitalis, indometasin (Indocin), salisilat, kontrasepsi oral, serta paparan timah maupun heparin, yang kesemuanya berpotensi mengganggu integritas atau fungsi hepatosit (Dikko dkk, 2024).

e. Prinsip dan metode pemeriksaan kadar *Alanine Aminotransferase* (ALT)

Enzim *Alanine aminotransferase* (ALT) juga dikenal sebagai Serum Glutamate Pyruvate Transaminase (SGPT) berfungsi mengkatalisis reaksi transaminase antara alanin dan α -ketoglutarat, menghasilkan piruvat dan glutamat.

Menurut DiaSys (2021) Pemeriksaan aktivitas enzim Alanine Aminotransferase (ALT) dilakukan menggunakan metode kinetik

spektrofotometri berdasarkan pedoman dari *International Federation of Clinical Chemistry and Laboratory Medicine* (IFCC).

Metode ini terbagi menjadi dua pendekatan, yaitu:

- 1) Metode IFCC dengan Piridoksal-5-Fosfat (P-5-P) atau substrate start, yang menggunakan reagen tunggal (monoreagen) tanpa perlu pembuatan reagen kerja tambahan.
- 2) Metode IFCC tanpa Piridoksal-5-Fosfat (sample start), yang dilakukan dengan mencampurkan reagen kerja (biasanya perbandingan 4 bagian reagen 1 dan 1 bagian reagen 2) tanpa penambahan P-5-P.

Kedua metode ini digunakan untuk mengukur aktivitas ALT dalam serum, dengan prinsip memantau perubahan absorbansi NADH pada panjang gelombang 340 nm secara kontinu.

Enzim Alanine Aminotransferase (ALT) berperan sebagai katalis dalam proses transfer gugus amino dari L-alanin ke 2-oksoglutarat, membentuk L-glutamat dan piruvat. Selanjutnya, piruvat direduksi menjadi L-laktat melalui reaksi yang dikatalisis oleh enzim Laktat Dehidrogenase (LDH) dengan memanfaatkan Nikotinamida Adenin Dinukleotida tereduksi (NADH) sebagai kofaktor. Selama proses ini, NADH mengalami oksidasi menjadi NAD^+ , dan penurunan intensitas absorbansi pada panjang gelombang 340 nm mencerminkan aktivitas enzim ALT secara kuantitatif. Metode ini merupakan dasar dari pengukuran kinetik

spektrofotometrik untuk aktivitas ALT di laboratorium klinik (Rosati dkk, 2018).

f. Komposisi reagen pemeriksaan kadar *Alanine Aminotransferase* (ALT)

Berdasarkan data dari Glory Diagnostic (2024), Reagen untuk pemeriksaan kadar ALT menggunakan metode kinetik tersedia secara komersial dalam bentuk dua jenis reagen :

- 1) Reagen 1 :
 - TRIS pH 7,3 : 150 mmol/L
 - L-Alanine* : 750 mmol/L
 - LDH : > 1350 U/L
- 2) Reagen 2 :
 - 2-oxoglutarate : 75 mmol/L
 - NADH : 1,3 mmol/L

g. Nilai normal aktivitas enzim *Alanine Aminotransferase* (ALT)

Tabel 2. Nilai Normal ALT

Jenis kelamin	Nilai normal
Laki-laki	< 45 U/L
Perempuan	< 34 U/L

Sumber : BioSystem, 2023.

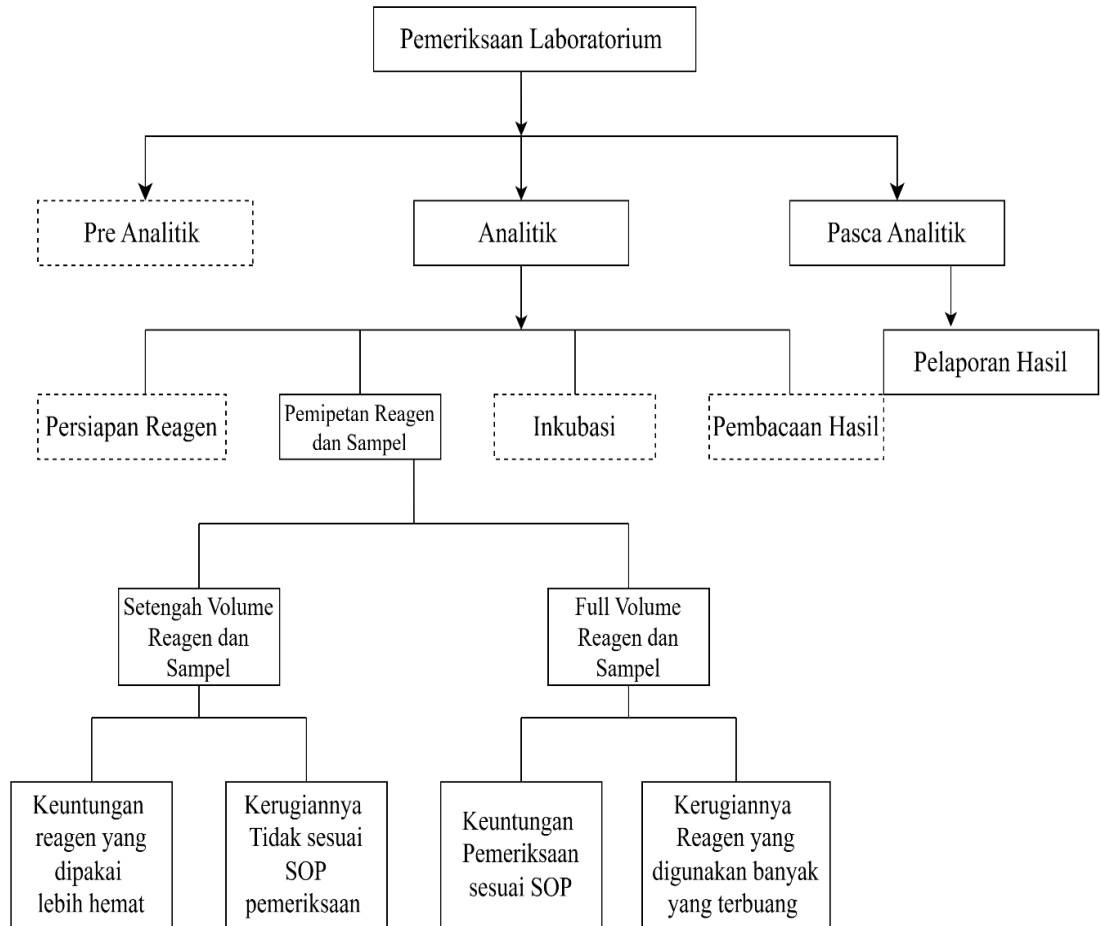
h. Hubungan kadar *Alanine Aminotransferase* (ALT) dengan diabetes melitus

Penelitian menunjukkan bahwa kadar *Alanine Aminotransferase* (ALT) atau yang dikenal sebagai *Serum Glutamic Pyruvic Transaminase* (SGPT) memiliki hubungan dengan faktor

risiko terjadinya diabetes melitus. Peningkatan enzim ini diduga berkaitan dengan resistensi insulin di hati, sehingga SGPT dapat berfungsi sebagai indikator biokimia (biomarker) yang mencerminkan adanya gangguan fungsi hati dan berpotensi meningkatkan risiko perkembangan diabetes melitus (Ginting dkk, 2024).

Penderita diabetes melitus, terjadi resistensi terhadap hormon insulin yang menyebabkan sel-sel hati menjadi kurang peka terhadap kerja insulin. Akibatnya, glukosa dalam darah tidak dapat masuk secara optimal ke dalam sel tubuh, sehingga kadar gula darah tetap tinggi. Sebagai respons, otak menstimulasi pankreas untuk memproduksi lebih banyak insulin, yang mengakibatkan hiperinsulinemia (peningkatan kadar insulin dalam darah). Kondisi ini mendorong peningkatan sintesis asam lemak, glikogen, dan protein di hati, yang dapat menimbulkan perubahan metabolik dan stres pada sel hati. Akibat proses tersebut, aktivitas enzim *Alanine Aminotransferase* (ALT) atau SGPT dalam darah dapat meningkat pada pasien diabetes melitus tipe 2 (Maulana dan Kuswarini, 2022).

B. Kerangka Teori



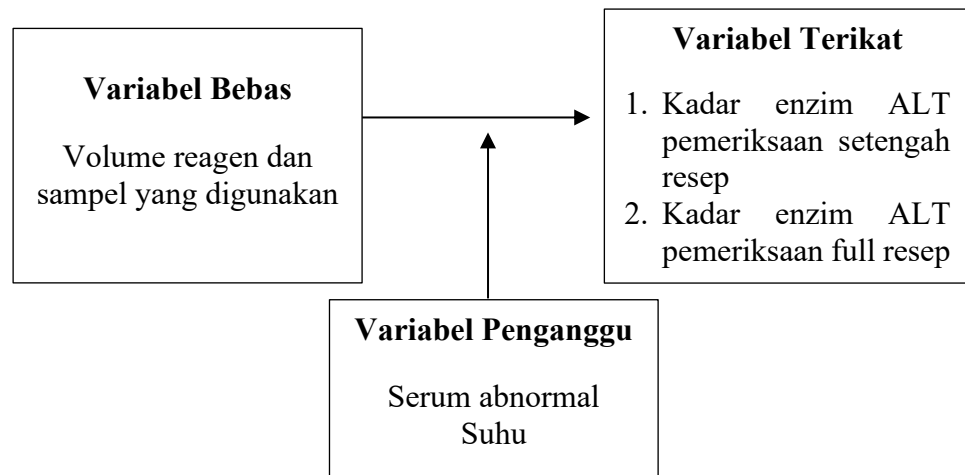
Gambar 5. Kerangka Teori

Keterangan :

———— : Diteliti

----- : Tidak diteliti

C. Hubungan Antar Variabel



Gambar 6. Kerangka Konsep

D. Pertanyaan peneliti

Apakah ada perbedaan kadar *Alanine aminotransferase* pada serum pasien diabetes melitus yang diperiksa dengan setengah resep dibandingkan dengan pemeriksaan menggunakan full resep.