

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Telaah Pustaka

1. Laboratorium Klinik

Pelayanan kesehatan yang berkualitas adalah salah satu kebutuhan fundamental bagi setiap individu. Salah satu penyedia layanan kesehatan adalah laboratorium klinik (Aryani, 2024). Menurut Permenkes RI No. 411/Menkes/Per/III/2010, laboratorium klinik merupakan laboratorium kesehatan yang melaksanakan pelayanan pemeriksaan spesimen klinik untuk mendapatkan informasi tentang kesehatan perorangan terutama untuk menunjang upaya diagnosis penyakit, penyembuhan penyakit dan pemulihan kesehatan (Cahyani dan Parwati, 2022).

Pemeriksaan laboratorium perlu dilakukan sesuai dengan prosedur yang telah ditetapkan agar menghasilkan akurat, cepat dan dapat dipercaya. Menurut Siregar, dkk. (2018) proses pengujian di laboratorium terdiri dari 3 tahap yaitu:

a. Praanalitik

Fase praanalitik adalah langkah-langkah yang dilakukan di laboratorium sebelum pemeriksaan spesimen. Tahap ini meliputi: persiapan pasien, pemberian identitas spesimen, pengambilan dan penampungan spesimen, penanganan spesimen, pengiriman spesimen dan persiapan sampel untuk dianalisis.

b. Analitik

Analitik adalah fase pengujian sampel untuk mendapatkan hasil pemeriksaan. Fase ini meliputi: pemeriksaan spesimen, pemeliharaan dan kalibrasi alat, uji kualitas reagen dan uji ketelitian-ketepatan.

c. Pascaanalitik

Kegiatan pada fase pascaanalitik dilakukan sebelum hasil pemeriksaan diberikan kepada pasien yaitu meliputi: penulisan hasil, interpretasi hasil dan pelaporan.

2. Spesimen Darah

Darah merupakan jaringan cair dalam tubuh manusia yang terbagi menjadi dua komponen yaitu plasma darah (bagian cair) yang menyusun sekitar 55% dan sel darah (bagian padat) yang mencakup sekitar 45%. Sel darah terdiri dari tiga jenis yaitu eritrosit, leukosit dan trombosit. Volume total darah pada orang dewasa berkisar antara 5-6 liter setara dengan 7%-8% dari berat tubuh individu (Maharani dan Noviar, 2018).

Darah yang digunakan dalam pemeriksaan laboratorium dibagi menjadi 3 yaitu:

a. Darah utuh (*whole blood*)

Darah utuh atau *whole blood* merupakan spesimen darah yang mengandung semua komponen darah secara lengkap dan kondisinya sama seperti saat berada di aliran darah dalam tubuh. Spesimen darah

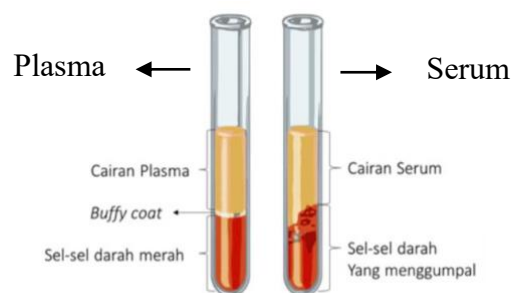
utuh diperoleh dengan menambahkan antikoagulan yang berfungsi untuk mencegah terjadinya pembekuan darah (Yuliana, 2016).

b. Plasma

Plasma merupakan cairan matriks ekstraseluler yang jernih dengan sedikit warna kekuningan yang terdiri dari berbagai komponen termasuk air 92% dan 8% lainnya meliputi glukosa, lemak, protein, vitamin, hormon, enzim, antibodi, karbondioksida, serta mineral lainnya (Rosita, dkk., 2019).

c. Serum

Cairan yang dihasilkan dari pemisahan bekuan darah berwarna kuning disebut sebagai serum. Serum adalah cairan darah yang tidak mengandung fibrinogen karena pada proses pembekuan tidak ditambahkan antikoagulan sehingga fibrinogen diubah menjadi fibrin. Sebaliknya, jika darah diberi antikoagulan maka fibrinogen tidak akan berubah menjadi fibrin sehingga cairan darah tersebut masih mengandung fibrinogen dan dikenal sebagai plasma. Itulah perbedaan antara plasma dan serum (Maharani dan Noviar, 2018).



Gambar 1. Plasma dan Serum Darah
Sumber: Rosita, dkk., 2019.

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

1) Serum hemolisis

Serum hemolisis adalah serum yang memiliki warna kemerahan akibat pelepasan hemoglobin dari eritrosit yang mengalami kerusakan. Warna merah pada serum atau plasma menunjukkan adanya hemolisis. Hemolisis yang terjadi secara *in vitro* dapat disebabkan oleh penggunaan jarum yang berukuran terlalu kecil atau pengambilan darah dengan *sput* yang tidak lancar karena pembuluh darah tidak tertusuk dengan baik (Nugrahena, dkk., 2021).

2) Serum lipemik

Serum lipemik adalah serum yang tampak keruh dikarenakan peningkatan konsentrasi lipoprotein yang dapat dilihat secara langsung. Serum lipemik mengganggu hampir semua pengukuran spektrofotometri dengan cara menyerap dan menghamburkan cahaya. Selain itu, dapat meningkatkan penyerapan cahaya dan mengurangi transmisi yang diperlukan dalam analisis spektrofotometri (Martsiningsih, dkk., 2023).

3) Serum ikterik

Serum ikterik adalah serum yang memiliki warna kuning coklat akibat hiperbilirubinemia. Hiperbilirubinemia adalah

peningkatan kadar bilirubin dalam darah yang disebabkan oleh ikterik obstruktif, neoplasma empedu, hepatitis, sirosis hati, metastatis hati dan penyakit wilson (Nugrahena, dkk., 2021).

3. Tabung Penampung Darah

Tabung penampung darah dapat juga disebut dengan tabung *vacutainer* adalah wadah yang digunakan untuk menampung darah setelah proses pengambilan darah (*sampling*). Tabung penampung darah atau tabung *vacutainer* tersedia dalam berbagai ukuran volume. Pemilihan tabung dilakukan berdasarkan jenis pemeriksaan (*order of draw*), usia pasien serta volume yang dibutuhkan untuk pengujian (Arshita, 2019). Ketika tabung ini terhubung dengan jarum, darah akan mengalir ke dalamnya dan aliran darah akan terhenti setelah volume yang ditentukan tercapai (Anwari, 2023). Sekarang, tabung *vacutainer* yang tersedia terbuat dari plastik dan kaca. Banyak laboratorium sudah berganti ke tabung plastik karena alasan keamanan. Tabung *vacutainer* memiliki tutup dengan berbagai warna yang menyatakan jenis antikoagulan /zat aditif yang ada di dalam tabung (Arshita, 2019).

a. Tabung *Plain*

Tabung *vacutainer plain* adalah tabung penampung darah yang digunakan sebagai *gold standard* dalam pengambilan sampel darah karena tidak mengandung zat aditif (seperti antikoagulan atau aktivator pembekuan). Dalam tabung ini, proses pembekuan terjadi secara

normal dalam rentang waktu 15-30 menit (Djohan, dkk., 2023). Tabung *vacutainer plain* dipakai untuk melakukan pemeriksaan dalam bidang kimia darah, imunologi dan serologi, serta untuk keperluan bank darah (*crossmatch*) (Aryani, 2022).

b. *Serum Separator Tube* (SST)

Tabung tutup kuning atau disebut dengan *Serum Separator Tube* (SST) adalah tabung *vacutainer* yang mengandung *gel separator* yang berfungsi untuk memisahkan serum dari sel darah. Gel yang digunakan dalam tabung relatif *inert* (Guler, dkk., 2023). Setelah disentrifugasi, serum akan berada di atas gel sementara sel darah akan terletak di bawahnya. Proses pembekuan yang optimal memerlukan waktu minimal 30 menit. Tabung ini umumnya digunakan untuk pemeriksaan kimia, imunologi dan serologi (Aryani, 2022).

Teknologi tabung pemisah diperkenalkan pada tahun 1976 dengan menggunakan bahan pengaktif bekuan berbasis silika dan polimer gel di dalam tabung. Tujuannya adalah untuk membantu proses pembekuan darah dan mengurangi waktu sentrifugasi. Gel pemisah berfungsi untuk memisahkan serum dari bekuan atau cairan plasma dari sel darah. Dalam konteks ini, tabung *Serum Separator Tube* (SST) sangat praktis, memerlukan waktu pemrosesan yang singkat, menghasilkan lebih banyak serum, mengurangi risiko aerosol serta

hanya memerlukan satu tahap proses dengan menggunakan tabung utama untuk pengambilan sampel dan satu label (Furqon, dkk., 2015).

Penerapan teknologi tabung SST saat proses sentrifugasi gel kental berukuran tipis (*thixotropic*) yang terdapat di dalam tabung berada di antara sel-sel darah dan lapisan serum. Posisi gel setelah sentrifugasi dipengaruhi oleh karakteristik tabung seperti berat jenis, tekanan, viskositas, densitas dan bahan pembuatan tabung. Selain itu, faktor-faktor seperti suhu, kecepatan sentrifugasi, akselerasi dan deselerasi, serta kondisi pasien misalnya terapi heparin, hematokrit rendah, tingginya kadar protein plasma dan berat jenis serum/plasma juga dapat mempengaruhi. Karena berat jenis serum/plasma berkisar 1,026-1.031 g/cm³ dan berat jenis bekuan berada pada rentang 1,092-1,095 g/cm³, berat jenis gel sebaiknya berada di antara 1,03-1,09 g/cm³. Jika berat jenis serum/plasma meningkat akibat hiperproteinemia atau penggunaan zat kontras radioaktif, serum tersebut tidak akan mengapung di atas gel. Oleh karena itu, berat jenis lebih penting diperhatikan dibandingkan dengan faktor viskositas. Selain itu, penelitian menunjukkan adanya berat jenis gel separator yang digunakan pada berbagai tabung SST maupun diantara lot tabung (Furqon, dkk., 2015).

Produksi dan manufaktur tabung SST biasanya menunjukkan variasi berat jenis gel yang berbeda-beda untuk setiap pabrik. Tabung vacutainer SST umumnya dirancang untuk sekali pakai (*disposable*),

yang dapat meningkatkan biaya pengeluaran untuk pembelian tabung terutama saat digunakan dalam skala kecil di laboratorium klinik pada suhu ruangan. Hal ini berbeda dengan kebutuhan survei kesehatan masyarakat, yang menghadapi kendala jarak antara lokasi survei dan laboratorium analisis (Furqon, dkk., 2015).

c. *Rapid Serum Tube* (RST)

Rapid Serum Tube (RST) adalah tabung *vacutainer* yang memiliki dinding tabung yang dilapisi dengan aktivator pembekuan berbasis trombin yang dapat mempercepat waktu pembekuan sampel. Pembekuan pada tabung ini terjadi selama 5 menit setelah mengisi tabung dengan darah, berbeda dengan tabung *Serum Separator Tube* (SST) yang membutuhkan waktu pembekuan 30 menit (Ucar, dkk., 2015).



Gambar 2. (a) *Rapid Serum Tube* (RST) dan (b) *Serum Separator Tube* (SST)

Sumber: Dickinson, 2021.

Rapid Serum Tube (RST) memberikan waktu pembekuan yang cepat sehingga serum dapat dipisahkan dengan segera. Pembekuan yang terjadi dengan cepat pada spesimen tabung RST terutama pada individu sehat. Apabila pasien mendapatkan antikoagulan maka akan mengalami sedikit penundaan dalam waktu pembekuan yaitu sekitar 10 menit. Menurut penelitian, pasien dengan heparin dosis tinggi mempunyai waktu pembekuan pada tabung RST mencapai 20 menit atau lebih (Kosem, dkk., 2020).

Tabel 1. Perbandingan Karakteristik antara Tabung RST dan SST

Karakteristik	RST	SST
Gel pemisah	Gel polimer	Gel polimer
Dimensi tabung (mm)	13 x 100	13 x 75 13 x 100 16 x 100
Volume (ml)	4	3-10
Aktivator gumpalan	Trombin	Silika
Waktu pembekuan (menit)	5	30
Penutup	Penutup karet konvensional	Penutup karet konvensional dan penutup BD hemogard

Sumber: Ucar, dkk., 2015.

Tabung RST dan SST sama-sama menggunakan gel polimer sebagai gel pemisah (*separator*). *Gel separator* ini memiliki fungsi untuk memastikan stabilitas analit yang lebih besar dari waktu ke waktu tanpa adanya pengaruh dari lama penyimpanan (Risfianty dan Dewi, 2020).

Aktivator gumpalan pada tabung RST berupa trombin. Trombin dikenal sebagai faktor IIa adalah protease serin globular, mirip tripsin,

berukuran ~36 kD dalam jalur koagulasi umum. Trombin adalah protein penting dalam hemostatis dan trombosis. Trombin memulai proses pembentukan bekuan fibrin dan merangsang aktivasi trombosit. Trombin dihasilkan secara enzimatik dari prekursornya yaitu protrombin melalui aksi faktor Xa dari kompleks protrombinase yang juga mencakup fosfolipid, kalsium dan faktor Va. Secara fisiologis, trombin mengubah fibrinogen menjadi fibrin yang pada akhirnya menyebabkan pembentukan bekuan darah. Trombin juga mengaktifkan faktor XIII yang selanjutnya mengikat fibrin sehingga memperkuat bekuan yang terbentuk (Aliter dan Al-Horani, 2021).

4. Diabetes Melitus (DM)

a. Pengertian Diabetes Melitus (DM)

Diabetes Melitus (DM) atau biasa disebut kencing manis adalah suatu kondisi tubuh mengalami gangguan metabolisme yang terjadi karena hormon insulin tidak berhasil dalam mengendalikan glukosa darah akibatnya terjadi peningkatan persentase kandungan glukosa di dalam darah (hiperglikemia) (Febrinasari, dkk., 2020). Kekambuhan pada individu yang menderita diabetes melitus sering kali disebabkan oleh faktor-faktor seperti stres, infeksi dan penggunaan obat-obatan tertentu. Di samping itu, keadaan darurat juga dapat muncul pada penderita pada penderita diabetes melitus akibat ketidakseimbangan dalam pola makan dan tingkat aktivitas fisik (Mukhlisin dan Suwanti, 2023).

b. Klasifikasi Diabetes Melitus

Berdasarkan *American Diabetes Association* (2016), diabetes dapat diklasifikasikan sebagai berikut:

1) Diabetes Tipe 1

Diabetes Melitus Tipe 1 (DMT1) adalah gangguan sistemik yang disebabkan oleh masalah dalam metabolisme glukosa yang ditandai dengan hiperglikemia kronik. Penyakit ini terjadi akibat kerusakan sel beta pankreas, baik karena proses autoimun maupun penyebab lain yang mengakibatkan penurunan atau penghentian produksi insulin (UKK Endokrinologi IDAI, 2017).

2) Diabetes tipe 2

Diabetes Melitus Tipe 2 (DMT2) adalah suatu penyakit metabolik yang diakibatkan oleh resistensi insulin dan gangguan fungsi sel beta pankreas. Meningkatnya jumlah penderita DMT2 disebabkan oleh perubahan gaya hidup masyarakat, kurangnya kesadaran akan pentingnya deteksi dini penyakit diabetes, minimnya aktivitas fisik serta kesalahan dalam pengaturan pola makan (Murtiningsih, dkk., 2021).

3) Diabetes gestasional

Diabetes Melitus Gestasional (DMG) merupakan gangguan toleransi glukosa yang dideteksi pertama kalinya pada wanita

hamil. Kondisi ini muncul pada wanita yang sebelumnya tidak memiliki riwayat diabetes, tetapi menunjukkan kadar glukosa tinggi selama masa kehamilan. DMG sangat berkaitan dengan berbagai komplikasi selama kehamilan seperti meningkatnya kebutuhan untuk melakukan operasi sesar, risiko ketonemia, preeklampsia, infeksi saluran kemih serta berbagai masalah perinatal (Adli, 2021).

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 pankreas 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 (Febrinasari, dkk., 2020).

c. Faktor Risiko Diabetes Melitus

Faktor risiko terbagi menjadi 2 yaitu faktor risiko yang dapat diubah dan tidak dapat diubah (Isnaini dan Ratnasari, 2018). Faktor risiko yang dapat diubah dan tidak dapat diubah yaitu:

1) Faktor risiko dapat diubah

a) Pola makan

Pola makan seseorang memiliki kaitan erat dengan kadar glukosa darah yang dimilikinya. Semakin buruk pola makan seseorang maka semakin besar kemungkinan terjadinya peningkatan kadar glukosa darah yang berkaitan dengan munculnya penyakit diabetes melitus terutama tipe 2 (Astutisari, dkk., 2022).

b) Aktivitas fisik

Individu yang memiliki gaya hidup kurang aktif (kurang berolahraga/kurang bergerak) lebih rentan terkena diabetes melitus tipe 2 karena saat beraktivitas fisik, otot cenderung menggunakan lebih banyak glukosa dibandingkan saat tidak bergerak sehingga kadar gula dalam darah dapat menurun dan insulin dapat berfungsi dengan lebih efektif (Ullly, dkk., 2024).

c) Pengelolaan stres

Penderita diabetes sering mengalami stres yang disebabkan oleh berbagai faktor, termasuk perubahan fisik dan masalah dalam kehidupan sehari-hari. Stres yang berat dapat memicu perasaan lapar yang berlebihan, meningkatkan nafsu makan, rasa gelisah saat tidur dan berbicara lebih sedikit dari biasanya (Nursucita dan Handayani, 2021).

2) Faktor risiko tidak dapat diubah

a) Usia

Usia berperan dalam penurunan fungsi di seluruh sistem tubuh termasuk pada sistem endokrin. Seiring bertambahnya usia, terjadi resistensi terhadap insulin yang dapat mengakibatkan ketidakstabilan kadar glukosa darah. Oleh karena itu, banyak kasus diabetes melitus terjadi sebagai akibat dari faktor usia yang menyebabkan penurunan fungsi tubuh secara degeneratif (Isnaini dan Ratnasari, 2018).

b) Jenis kelamin

Hasil penelitian menunjukkan bahwa persentase pasien diabetes pada perempuan lebih tinggi dibandingkan pada laki-laki. Hal ini disebabkan oleh komposisi lemak tubuh perempuan yang cenderung lebih besar sehingga mereka lebih rentan mengalami kelebihan berat badan yang berhubungan dengan risiko obesitas dan diabetes melitus (Komariah dan Rahayu, 2020).

c) Riwayat keluarga yang memiliki diabetes

Riwayat keluarga dengan diabetes melitus tipe 2 memberikan peluang sebesar 15% untuk menderita penyakit ini serta meningkatkan risiko mengalami intoleransi glukosa yang berkaitan dengan ketidakmampuan metabolisme karbohidrat

secara normal hingga 30%. Faktor genetik secara langsung mempengaruhi sel beta dan mengubah kemampuannya mengenali dan merespons rangsangan untuk sekresi insulin (Ully, dkk., 2024).

d. 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 glukosuria (Menkes, 2020).

Tabel 2. Kadar Tes Laboratorium untuk Diagnosis Diabetes dan Prediabetes

Kelompok	HbA1c (%)	Glukosa darah puasa (mg/dL)	Glukosa plasma 2 jam setelah TTGO (mg/dL)
Diabetes	$\geq 6,5$	≥ 126	≥ 200
Prediabetes	5,7-6,4	100-125	140-199
Normal	$< 5,7$	70-99	70-139

Sumber: Perkeni, 2019.

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, 2019).

5. Enzim *Alanine Aminotransferase* (ALT)

a. Pengertian Enzim *Alanine Aminotransferase* (ALT)

Alanine Aminotransferase (ALT) dulu lebih sering disebut dengan *Serum Glutamic Pyruvic Transaminase* (SGPT) adalah enzim yang biasanya digunakan untuk mendiagnosis kerusakan hati dan menilai kesehatan secara keseluruhan (Kurniasiwati, dkk., 2023). Kerusakan pada hati akan menyebabkan enzim-enzim masuk ke aliran darah yang mengakibatkan peningkatan kadar enzim tersebut dalam darah dan menunjukkan adanya gangguan pada fungsi hati (Widarti dan Nurqaidah, 2019).

Alanine Aminotransferase (ALT) adalah enzim utama yang terdapat di hati. Namun, ALT juga dapat ditemukan di berbagai organ lain seperti otot jantung (miokardium), otot rangka, ginjal, pankreas, limpa, otak dan paru-paru. Jika dibandingkan dengan *Aspartate Aminotransferase* (AST), ALT lebih spesifik dalam menunjukkan fungsi hati. Data menunjukkan bahwa kadar ALT lebih banyak ditemui di hati daripada di jaringan otot jantung. Karena sifat spesifik ini, ALT sering digunakan dalam diagnosis penyakit atau gangguan hati serta untuk memantau durasi pengobatan pada kondisi seperti penyakit hati, sirosis postneurotik dan efek hepatotoksin dari obat yang dikonsumsi (Liana, dkk., 2022).

b. Faktor Penyebab Peningkatan *Alanine Aminotransferase* (ALT)

Secara umum, faktor yang dapat meningkatkan kadar ALT terbagi menjadi 2 yaitu faktor fisiologis dan patologis. Faktor fisiologis meliputi jenis kelamin laki-laki yang dipengaruhi oleh perbedaan hormonal, nilai indeks masa tubuh yang tinggi, aktivitas fisik yang berat, serta siklus harian kadar ALT (kadar terendah biasanya ditemukan pada pukul 04.00 dan tertinggi sekitar pukul 16.00, 12 jam setelahnya). Selain itu, perbedaan etnis juga berperan. Penelitian menunjukkan bahwa ras Meksiko-Amerika memiliki kadar ALT tertinggi (Liana, dkk., 2022).

Faktor patologi mencakup berbagai penyakit hati, seperti perlemakan hati (*fatty liver*), hepatitis virus (terutama tipe A, B atau C), hepatitis autoimun, sirosis aktif, obstruksi saluran empedu, konsumsi obat hepatotoksik, defisiensi enzim alfa-1 antitripsin, pengaruh lingkungan kerja, penggunaan suplemen herbal yang tidak terstandar dapat merusak hati, penyakit pembuluh darah, hemokromatosis (penumpukan zat besi berlebihan dalam tubuh), preeklamsia berat, leukemia limfoblastik akut (*Acute Lymphoblastic Leukemia*), serta kelainan genetik yang berpengaruh terhadap fungsi hati (Moriles dan Azer, 2020).

Peningkatan signifikan kadar ALT ditentukan jika terjadi kenaikan minimal dua kali lipat dari nilai normal. Di sisi lain, kadar

ALT juga dapat menurun dalam beberapa kondisi seperti individu yang melakukan aktivitas fisik ringan, pengguna kontrasepsi hormonal, terapi hormon, keadaan defisiensi vitamin B6, serta penderita penyakit ginjal kronis (Tello, 2021).

c. Hubungan Diabetes Melitus dengan *Alanine Aminotransferase* (ALT)

Penelitian menunjukkan ada hubungan antara kadar *Alanine Aminotransferase* (ALT) atau disebut dengan SGPT (*Serum Glutamic Pyruvic Transaminase*) dengan faktor risiko diabetes melitus. SGPT dianggap berhubungan dengan resistensi insulin di hati sehingga SGPT dianggap menjadi *biomarker* penyakit hati yang dapat meningkatkan risiko diabetes melitus (Ginting, dkk., 2024).

Pada pasien diabetes melitus terjadi resistensi insulin yang membuat hati kurang responsif terhadap insulin sehingga glukosa dalam darah tidak dapat masuk ke dalam sel tubuh. Kemudian, otak merangsang sel penghasil insulin untuk meningkatkan produksi hormon ini ke dalam aliran darah sehingga mengakibatkan kadar insulin dalam darah meningkat. Peningkatan ini berdampak pada peningkatan sintesis asam lemak, glikogen dan protein dalam hati. Akibatnya kadar SGPT (*Serum Glutamic Pyruvic Transaminase*) atau sekarang disebut dengan enzim *Alanine Aminotransferase* (ALT) pada pasien diabetes melitus tipe 2 dapat meningkat (Maulana dan Kuswarini, 2022).

d. Prinsip Pemeriksaan Enzim *Alanine Aminotransferase* (ALT)

Pemeriksaan kadar aktivitas *Alanine Aminotransferase* (ALT) dilakukan dengan metode yang ditetapkan oleh *International Federation of Clinical Chemistry and Laboratory* (IFCC). Pemeriksaan ini didasarkan aktivitas katalisasi ALT dalam proses transfer kelompok amino dari L-alanin ke 2-oksoglutarat akibat adanya piridoksal-5-fosfat yang kemudian membentuk piruvat dan L-glutamat. Piruvat dengan adanya molekul nicotinamide adenine dinucleotide tereduksi (NADH) dan laktat dehidrogenase (LDH) direduksi menjadi L-laktat. Melalui reaksi ini, NADH menjalani kemudian menjalani proses oksidasi menjadi nicotinamide adenine dinucleotide (NAD). Reaksi tersebut dipantau dengan mengukur nilai penurunan absorbansi yang dihasilkan pada panjang gelombang 340 nm akibat oksidasi NADH menjadi NAD (Liana, dkk., 2022).

e. Nilai Rujukan Aktivitas Enzim *Alanine Aminotransferase* (ALT)

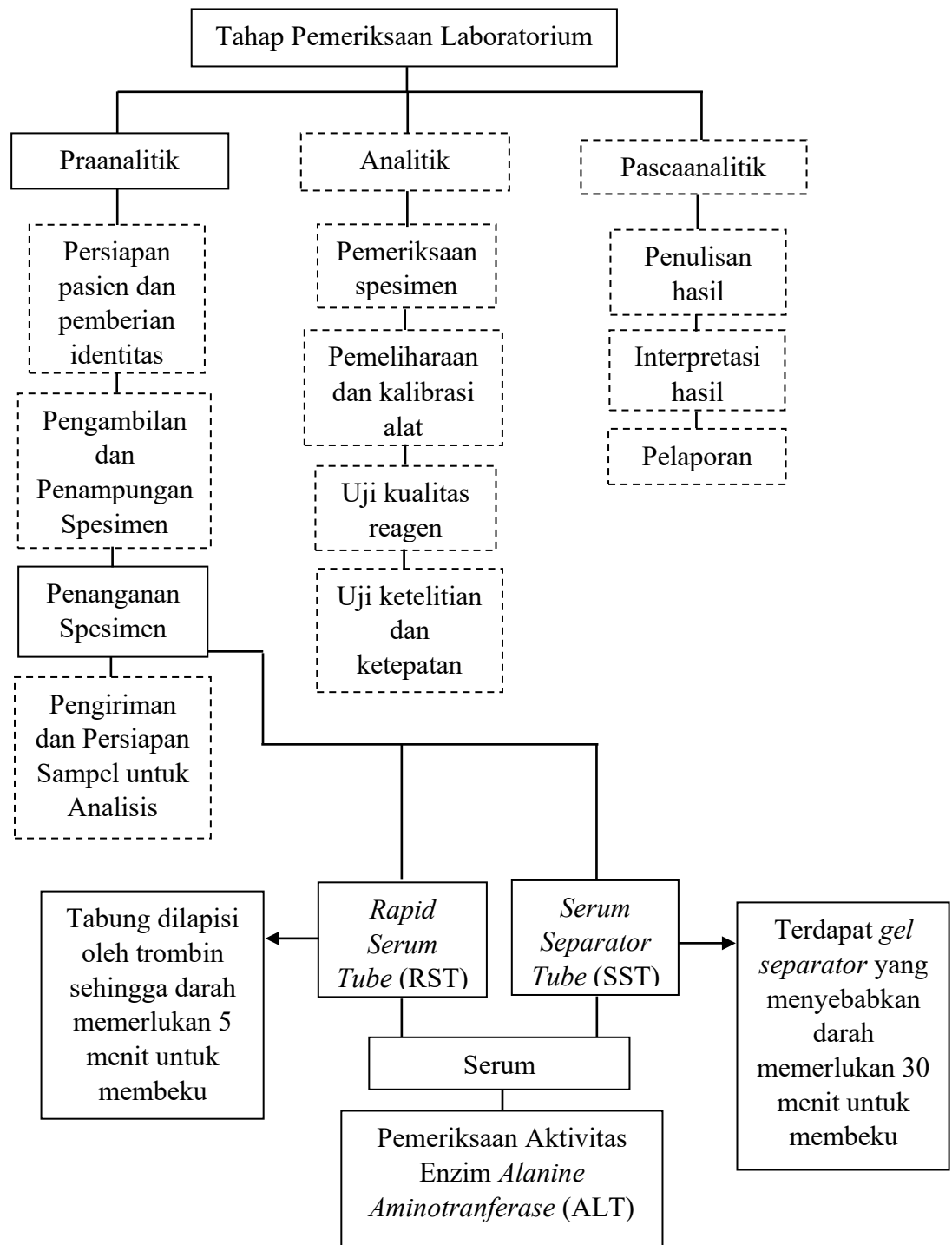
Nilai rujukan enzim *Alanine Aminotransferase* (ALT) ditunjukkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Nilai Rujukan *Alanine Aminotransferase* (ALT)

Suhu	Nilai Rujukan
37°C	<40 U/L
30°C	<25 U/L

Sumber: Diagnostics, 2025.

B. Kerangka Teori



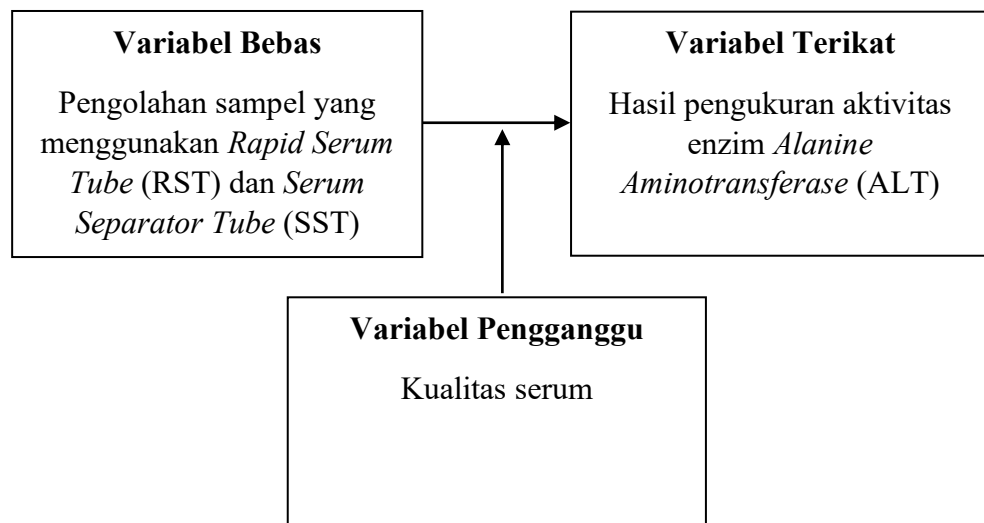
Keterangan:

Diteliti : _____

Tidak diteliti :

Gambar 3. Kerangka Teori

C. Hubungan Antar Variabel



Gambar 4. Hubungan Antar Variabel

D. Pertanyaan Penelitian

Apakah ada perbedaan hasil pemeriksaan aktivitas enzim *Alanine Aminotransferase* (ALT) pasien diabetes melitus dalam tabung *Rapid Serum Tube* (RST) dan *Serum Separator Tube* (SST)?