

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Telaah Pustaka

1. Laboratorium Klinik

a. Pengertian Laboratorium Klinik

Laboratorium klinik berperan penting dalam mendukung diagnosis dan pengobatan pasien. Laboratorium klinik merupakan fasilitas kesehatan yang berfungsi melakukan berbagai pemeriksaan di bidang hematologi, kimia klinik, mikrobiologi, parasitologi, imunologi, serta bidang lain yang berhubungan dengan kesehatan individu. Tujuan utama dari laboratorium ini adalah membantu proses diagnosis, pengobatan, dan pemulihan pasien melalui hasil pemeriksaan yang akurat. Laboratorium klinik berperan penting dalam menyediakan data diagnostik yang akurat, yang mendukung dokter dalam menentukan langkah pengobatan yang tepat bagi pasien (Garg, 2023).

b. Pemantapan Mutu Internal

Pemantapan Mutu Internal (PMI) merupakan kegiatan pencegahan dan pengawasan yang dilakukan secara berkesinambungan di setiap laboratorium. PMI dilakukan untuk menghindari atau meminimalkan terjadinya kesalahan maupun penyimpangan sehingga diperoleh hasil pemeriksaan yang tepat.

Pelaksanaan PMI memberikan beberapa manfaat, antara lain peningkatan mutu presisi dan akurasi hasil laboratorium serta meningkatnya kepercayaan dokter terhadap hasil pemeriksaan yang dihasilkan (Lieseke dan Zeibig, 2017).

Kegiatan Pemantapan Mutu Internal dibagi menjadi tiga tahap, yaitu:

- 1) Fase Pra-Analitik

Fase pra-analitik merupakan tahapan awal penting dalam pemeriksaan laboratorium. Tahap ini mencakup berbagai situasi dan tindakan yang terjadi sebelum pengambilan sampel, selama proses pengambilan, serta pada pemrosesan, penyimpanan dan transportasi spesimen. Fase pra-analitik menentukan kualitas sampel yang diperoleh dan dapat mempengaruhi tahap analitik berikutnya. Kegiatan ini dilaksanakan untuk memastikan spesimen benar-benar representatif terhadap kondisi pasien, mencegah kekeliruan jenis spesimen, serta menghindari tertukarnya spesimen antar pasien (Lieseke dan Zeibig, 2017).

Kesalahan pada tahap pra-analitik merupakan jenis kesalahan terbesar dalam proses pemeriksaan laboratorium, dengan angka kejadian mencapai 60%–70%. Kondisi ini disebabkan oleh spesimen yang diterima laboratorium tidak memenuhi persyaratan yang telah ditetapkan. Spesimen yang tidak memenuhi syarat perlu ditolak dan dilakukan pengulangan

pengambilan untuk mencegah kesalahan interpretasi bagi laboratorium (Siregar, dkk., 2018).

2) Fase Analitik

Fase analitik pemeriksaan laboratorium merujuk kepada pelaksanaan pemeriksaan yang telah diminta. Fase ini juga mencakup pemeliharaan dan kalibrasi peralatan dan instrumen laboratorium yang berkaitan dengan pemeriksaan. Tujuan pengendalian tahap analitik yaitu untuk menjamin bahwa hasil pemeriksaan spesimen dari pasien dapat dipercaya atau valid, sehingga klinisi dapat menggunakan hasil pemeriksaan laboratorium tersebut untuk menegakkan diagnosis terhadap pasiennya (Lieseke dan Zeibig, 2017).

Pengelolaan peralatan laboratorium menjadi aspek penting dalam menjaga mutu pemeriksaan. Laboratorium wajib melaksanakan pemeliharaan dan kalibrasi alat secara berkala untuk memastikan pemeriksaan spesimen pasien dapat dilakukan tanpa kendala. Kerusakan alat dapat menghambat aktivitas laboratorium dan mengurangi performa pelayanan, yang dapat menimbulkan kerugian bagi laboratorium (Siregar, dkk., 2018).

3) Fase Pasca-Analitik

Fase pasca-analitik merupakan tahap akhir dalam pemeriksaan laboratorium. Tahap ini mencakup proses pencatatan, interpretasi, pelaporan hasil pemeriksaan, serta

penyimpanan atau pembuangan spesimen setelah pemeriksaan selesai. Kesalahan dalam penulisan maupun interpretasi hasil dapat menyebabkan klinisi memberikan diagnosis yang tidak tepat kepada pasien (Siregar, dkk., 2018).

2. Darah

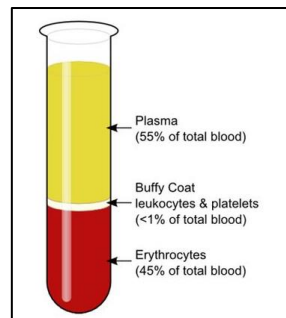
a. Pengertian Darah

Darah adalah cairan tubuh yang berisi berbagai jenis sel yang berperan penting dalam mengangkut zat-zat esensial ke seluruh bagian tubuh melalui jaringan pembuluh darah. Zat-zat yang dibawa oleh darah meliputi oksigen, mineral, protein, vitamin, serta hormon yang dihasilkan oleh sistem endokrin. Selain itu, darah juga berfungsi mengangkut sisa hasil metabolisme seperti karbon dioksida menuju paru-paru untuk ditukar dengan oksigen. Secara umum, darah terdiri atas dua bagian utama, yaitu plasma darah yang merupakan bagian cair (55%) dan komponen padat berupa sel-sel darah (45%) (Handayani, 2021).

b. Komponen Darah

Darah memiliki peran penting dalam menunjang berbagai proses fisiologis tubuh. Sebagai media komunikasi antar sel dan jaringan, darah berfungsi membawa oksigen dari jaringan ke paru-paru, serta membantu pembuangan sisa metabolisme melalui organ sekretorik seperti ginjal. Selain itu, darah juga berperan dalam mengedarkan hormon dan mengaktifkan faktor pembekuan (Yunus, dkk., 2022).

Secara keseluruhan, darah terdiri atas dua komponen utama, yaitu plasma dan sel-sel darah. Sel-sel darah tersebut mencakup eritrosit, leukosit, dan trombosit (Chen, dkk., 2023). Struktur tersebut dapat dilihat pada Gambar 1 yang menampilkan komponen darah.



Gambar 1. Komponen Darah

Sumber: Utami, 2022.

1) Eritrosit

Eritrosit atau sel darah merah merupakan komponen darah utama yang berperan penting dalam proses transportasi zat di dalam tubuh. Eritrosit merupakan sel kecil berwarna merah dengan bentuk bikonkaf pada kedua sisinya, sehingga tampak seperti dua bulan sabit yang saling berhadapan saat dilihat dari samping. Eritrosit berfungsi mengangkut nutrisi, dan hemoglobin di dalamnya membawa oksigen dari paru-paru ke seluruh jaringan tubuh (Gajbhiye dan Aate, 2023). Eritrosit tidak hanya mengandung hemoglobin, tetapi juga memiliki berbagai komponen intraseluler yang secara fisiologis berada di dalam eritrosit selama membran eritrosit utuh. (Arviananta, dkk., 2020).

2) Leukosit

Leukosit merupakan komponen darah yang berperan penting dalam sistem pertahanan tubuh. Jumlah leukosit di dalam darah tepi terdapat lima jenis, yaitu eosinofil (1–2%), basofil (0–1%), neutrofil (55%), limfosit (36%) dan monosit (6%). Selain berfungsi melindungi tubuh dari infeksi, leukosit memiliki kemampuan fagositosis untuk menelan dan menghancurkan bakteri yang masuk ke aliran darah, serta membantu mempercepat proses penyembuhan luka (Loddo dan Putzu, 2021).

3) Trombosit

Trombosit merupakan bagian dari darah yang memiliki peranan penting dalam proses pembekuan darah. Sel ini tidak memiliki inti dengan sitoplasma berwarna kebiruan serta butiran kecil berwarna merah keunguan (Sari, 2021). Trombosit berperan melindungi dinding pembuluh darah dari kerusakan akibat cedera ringan serta membantu proses perbaikan jaringan saat terjadi luka pada pembuluh darah (Agustin, 2021).

4) Hemoglobin

Hemoglobin merupakan komponen penting dalam sel darah merah. Hemoglobin memberikan karakteristik sel eritrosit berupa warna kemerahan karena kandungan gugus heme berpigmen merah yang terdapat di dalamnya. Fungsi penting

hemoglobin dalam tubuh manusia adalah mengangkut oksigen dari paru-paru ke jaringan tubuh serta membawa karbondioksida dan proton dari jaringan perifer kembali ke organ respirasi untuk dikeluarkan (Gajbhiye dan Aate, 2023).

3. Peralatan Pengambilan Darah

a. Alat Suntik (*Syringe*)

Alat suntik adalah sebuah pompa piston sederhana yang terdiri dari sebuah tabung silinder (*graduated barrel*) berskala milimeter (ml) atau *cubic centimeters* (cc), jarum dan pendorong (*plunger*). Pengambilan darah menggunakan *syringe* masih banyak dilakukan dalam praktik pelayanan kesehatan dan pelayanan laboratorium di Indonesia karena dianggap mudah digunakan dan mampu menghasilkan tekanan yang stabil selama proses pengambilan darah (Nugraha, 2022).

b. Jarum (*Needle*)

Terdapat tiga jenis jarum yang umum digunakan dalam proses pengambilan sampel darah vena, yaitu jarum hipodermik, jarum multisampel dan jarum kupu-kupu (*wing needle*). Jarum hipodermik biasanya digunakan bersamaan dengan alat suntik (*syringe*) untuk menarik darah secara manual. Sementara itu, jarum multisampel digunakan pada metode *Evacuated Tube System* (ETS) atau sistem tertutup, yang memungkinkan pengambilan darah ke beberapa tabung secara berurutan hanya dengan satu kali penusukan. Adapun jarum

kupu-kupu (*wing needle*) umumnya dipakai pada pasien dengan kondisi vena yang sulit dijangkau, seperti bayi, lansia, pasien obesitas, atau individu dengan vena yang rapuh (Nugraha, 2022).

Ukuran jarum atau *gauge* menunjukkan besar kecilnya diameter lubang pada jarum. Pemilihan ukuran jarum harus disesuaikan dengan kondisi vena. Jarum hipodermik memiliki variasi ukuran mulai dari 20G hingga 25G. Dalam kegiatan laboratorium, jarum berukuran 20 hingga 23 umumnya digunakan, sedangkan ukuran 23 menjadi standar untuk pengambilan darah pada orang dewasa dalam situasi rutin (Nugraha, 2022).

c. Tabung *Vacutainer*

Vacutainer merupakan tabung reaksi yang bersifat hampa udara dan terbuat dari bahan kaca atau plastik. Ketika tabung ini dipasangkan pada jarum akan menyebabkan darah mengalir masuk secara otomatis hingga mencapai volume yang diinginkan, kemudian aliran darah akan berhenti dengan sendirinya. Warna tutup tabung *vacutainer* digunakan untuk membedakan jenis antikoagulan dan kegunaannya dalam pemeriksaan laboratorium (Nugraha, 2022).

Terdapat beberapa jenis tabung *vacutainer* beserta kegunaannya menurut Aryani (2022) yaitu sebagai berikut:

- 1) Tabung tutup merah, tidak mengandung zat aditif sehingga darah yang dimasukkan akan membeku secara alami, kemudian serum dapat dipisahkan melalui proses sentrifugasi. Jenis tabung ini

umumnya digunakan untuk pemeriksaan kimia darah, imunologi, serologi, serta pada pemeriksaan di bank darah seperti *crossmatching test*.

- 2) Tabung tutup kuning, mengandung gel pemisah atau *Serum Separator Tube (SST)* yang berfungsi untuk memisahkan antara serum dan sel darah. Setelah dilakukan proses sentrifugasi, serum akan terkumpul di bagian atas lapisan gel, sedangkan sel darah akan berada di bagian bawahnya. Tabung jenis ini biasanya digunakan dalam pemeriksaan kimia darah, imunologi, serta serologi
- 3) Tabung tutup hijau terang, mengandung gel pemisah atau *Plasma Separator Tube (PST)* yang dilengkapi dengan antikoagulan berupa *lithium heparin*. Setelah dilakukan proses sentrifugasi, plasma akan terpisah dan berada di bagian atas lapisan gel, sedangkan sel darah akan mengendap di bagian bawah. Tabung ini umumnya digunakan untuk pemeriksaan kimia darah.
- 4) Tabung tutup ungu, mengandung zat antikoagulan EDTA yang berfungsi mencegah pembekuan darah. Jenis tabung ini umumnya digunakan untuk pemeriksaan darah lengkap serta pada pemeriksaan di bank darah, seperti *crossmatch*.
- 5) Tabung tutup biru, mengandung antikoagulan berupa natrium sitrat dan umumnya digunakan untuk pemeriksaan yang berkaitan dengan proses pembekuan darah, seperti pemeriksaan

Prothrombin Time (PT) dan *Activated Partial Thromboplastin Time (APTT)*.

- 6) Tabung tutup hijau, mengandung antikoagulan berupa natrium atau lithium heparin, biasanya digunakan untuk pemeriksaan kimia darah serta uji fragilitas osmotik eritrosit.
- 7) Tabung tutup abu-abu, mengandung campuran natrium fluorida dan kalium oksalat yang berfungsi sebagai pengawet serta antikoagulan. Tabung jenis ini umumnya digunakan untuk pemeriksaan kadar glukosa dalam darah.
- 8) Tabung tutup hitam, mengandung larutan penyangga berupa sodium sitrat dan umumnya digunakan untuk pemeriksaan Laju Endap Darah (LED) atau *Erythrocyte Sedimentation Rate (ESR)*.
- 9) Tabung tutup putih, mengandung antikoagulan berupa *potassium* EDTA dan biasanya digunakan untuk pemeriksaan berbasis molekuler, seperti uji *Polymerase Chain Reaction (PCR)*.
- 10) Tabung tutup pink, mengandung antikoagulan *potassium* EDTA dan umumnya digunakan untuk pemeriksaan di bidang imunohematologi.

d. *Tourniquet*

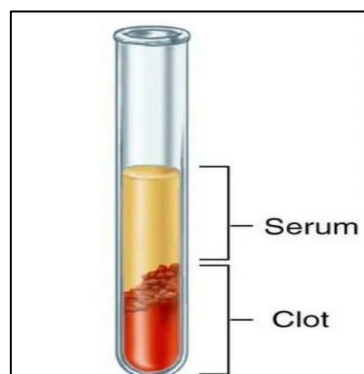
Tali pembendung (*tourniquet*) merupakan alat medis elastis yang digunakan untuk mempermudah visualisasi dan akses vena saat prosedur pengambilan darah. Alat ini terbuat dari lateks, karet, atau vinil yang memiliki sifat lentur sehingga mampu memberikan tekanan

yang cukup pada vena tanpa menghambat aliran darah arteri. Dalam praktik laboratorium, *tourniquet* dipasang pada lengan sebelum venipungsi untuk menjaga posisi vena pada area penusukan sehingga jarum dapat menembus pembuluh darah dengan stabil dan efisien (Kemenkes, 2022).

4. Serum

a. Pengertian Serum

Serum merupakan komponen cair darah yang terbentuk setelah proses pembekuan dan berfungsi sebagai bahan pemeriksaan bagi laboratorium. Komponen ini diperoleh ketika darah membeku sehingga sel darah dan faktor koagulasi, termasuk fibrinogen, terpisah dari bagian cairnya. Penelitian oleh Smith dkk. (2021), menunjukkan bahwa serum memiliki konsentrasi protein lebih tinggi dibandingkan plasma, sehingga meningkatkan akurasi pengukuran berbagai parameter laboratorium. Gambaran visual mengenai serum darah dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Serum Darah

Sumber: Prabhu, 2021.

b. Jenis Serum Tidak Normal

1) Serum Hemolisis

Serum hemolisis merupakan serum yang tampak berwarna merah akibat pecahnya sel darah merah sehingga hemoglobin keluar dari dalam eritrosit. Keadaan ini biasanya terjadi karena kerusakan sel darah merah selama proses pengambilan, pemindahan atau penyimpanan sampel di luar tubuh (*in vitro*), dan tidak selalu disebabkan oleh adanya gangguan atau penyakit tertentu (El-Khoury, 2022).

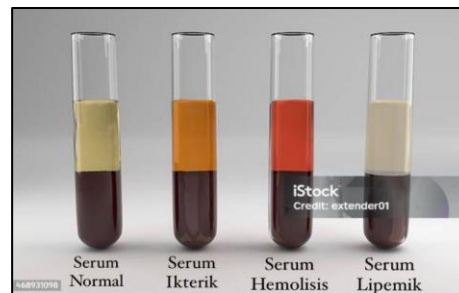
2) Serum Ikterik

Serum ikterik merupakan kondisi serum yang berwarna kuning kecokelatan akibat peningkatan kadar bilirubin dalam darah atau hiperbilirubinemia. Peningkatan bilirubin tersebut dapat terjadi karena berbagai faktor, termasuk penggunaan obat-obatan tertentu seperti amfoterisin B, klindamisin dan oksalisin. Kondisi ini dapat memengaruhi interpretasi hasil pemeriksaan laboratorium karena kadar bilirubin yang tinggi cenderung meningkatkan nilai beberapa parameter uji (Nugrahena, dkk., 2021).

3) Serum Lipemik

Lipemik adalah gangguan yang ditandai oleh tingginya kadar lipid dalam serum atau plasma. Hal ini biasanya terdeteksi lewat kekeruhan sampel atau pengukuran absorbansi pada panjang

gelombang tertentu. Kekeruhan ini biasanya disebabkan karena peningkatan trigliserida dalam darah (El-Khoury, 2022). Gambar 3 menyajikan visualisasi mengenai jenis serum yang ditemukan di laboratorium.



Gambar 3. Jenis-Jenis Serum

Sumber: Lehman, 2020.

5. Hemolisis

a. Pengertian Hemolisis

Hemolisis merupakan kondisi pecahnya sel darah merah yang menyebabkan hemoglobin keluar dan bercampur dengan serum atau plasma sehingga menghasilkan warna merah pada sampel. Hemolisis sendiri terbagi menjadi dua jenis, yaitu *in vitro* dan *in vivo*. Hemolisis *in vitro* biasanya disebabkan oleh kesalahan dalam prosedur pra-analitik seperti pengambilan, penanganan, pengiriman, atau penyimpanan sampel darah. Sementara itu, hemolisis *in vivo* terjadi ketika sel darah merah mengalami kerusakan di dalam tubuh sebelum proses pengambilan sampel dilakukan (Nugraha, 2022).

b. Indeks Hemolisis

Identifikasi hemolisis dapat dilakukan melalui pemeriksaan visual terhadap perubahan warna serum atau plasma. Hemolisis dapat dinilai dengan melihat munculnya warna merah muda hingga merah pada sampel (Gowda, dkk., 2023). Meskipun demikian, penilaian visual ini bersifat subjektif karena sangat bergantung pada pengalaman. Hal tersebut dapat memicu kesalahan interpretasi, terutama pada tingkat hemolisis yang rendah atau pada sampel yang tidak memiliki kejernihan optimal (Muller, 2024).

Penggunaan spektrofotometri untuk menentukan *hemolysis index* memiliki akurasi tinggi dan mampu membedakan kadar hemolisis ringan yang tidak tampak secara visual. Alat ini bekerja dengan mendeteksi absorbansi hemoglobin bebas pada panjang gelombang tertentu, sehingga mampu menghitung kadar hemoglobin bebas secara kuantitatif (Muller, 2024).

Mengetahui sampel serum mengalami hemolisis atau tidak merupakan langkah penting sebelum pemeriksaan dilakukan. Hal ini bertujuan untuk menghindari hasil uji laboratorium yang menyimpang dari kondisi sebenarnya. Tabel 1 menampilkan derajat hemolisis yang digolongkan berdasarkan nilai indeks hemolisis atau kadar hemoglobin serta penampakan fisiknya secara visual.

Tabel 1. Tingkatan Hemolisis Berdasarkan Indeks Hemolisis

Indeks Hemolisis	Tampilan Serum	Derajat Hemolisis
> 20 mg/dL	Bening	Tidak hemolisis
20 – 100 mg/dL	Merah muda	Hemolisis ringan
100 – 300 mg/dL	Merah	Hemolisis sedang
> 300 mg/dL	Merah tua	Hemolisis berat

Sumber: Wiryanti dan Deska, 2022.

c. Penyebab Hemolisis

Hemolisis *in vitro* umumnya terjadi akibat kesalahan teknis selama proses pengambilan dan penanganan sampel darah. Kondisi ini dapat dipicu karena penggunaan jarum yang terlalu kecil, kesulitan saat menusuk vena yang sempit atau rapuh, serta pemindahan sampel darah tanpa melepas jarum spuit. Selain itu, hemolisis *in vitro* juga dapat disebabkan oleh teknik pencampuran sampel yang tidak tepat, seperti pengocokan yang terlalu kuat, proses sentrifugasi dengan kecepatan tinggi atau durasi berlebih, serta keterlambatan dalam pemisahan serum atau plasma (Ramdhani, dkk., 2024).

Hemolisis *in vivo* terjadi akibat adanya gangguan atau kondisi patologis yang menyebabkan kerusakan eritrosit di dalam tubuh sebelum sampel diambil. Berbagai faktor yang dapat memicu kondisi ini meliputi anemia hemolitik, paparan zat toksik, efek samping obat-obatan tertentu, kelainan genetik seperti hemoglobinopati, serta reaksi yang timbul akibat prosedur transfusi darah yang tidak cocok (Ramdhani, dkk., 2024).

d. Pengaruh Hemolisis

Hemolisis menjadi masalah utama dalam diagnosis laboratorium. Pecahnya sel darah merah mengakibatkan hemoglobin bebas masuk ke dalam serum, hemolisis pada eritrosit menunjukkan dengan jelas adanya perubahan yang terjadi pada membran sel. Membran sel darah merah yang terdiri dari protein dan lipid bilayer akan rusak dan akhirnya pecah sehingga mengeluarkan berbagai senyawa yang ada di dalamnya seperti hemoglobin, ion-ion dan beberapa jenis enzim yang dapat bereaksi dengan reagen uji. Perubahan warna serum menyebabkan gangguan penyerapan warna pada spektrofotometer yang dapat mempengaruhi peningkatan hasil pemeriksaan (Ni, dkk., 2021).

6. Enzim *Lactate Dehydrogenase*

a. Pengertian Enzim *Lactate Dehydrogenase*

Laktat Dehidrogenase (LDH) merupakan enzim yang terdapat di hampir semua sel dan jaringan tubuh. Aktivitas tertinggi ditemukan di jantung, hati, otot, ginjal, paru-paru dan sel darah (Wu, dkk., 2021). LDH adalah enzim intraseluler yang mengubah asam piruvat menjadi asam laktat selama proses glikolisis dan hampir semua sel yang bermetabolisme yang berkonsentrasi tinggi yang ditemukan di jantung, otot rangka, hati dan ginjal (Harahap dan Marpaung, 2022).

Isoenzim LDH adalah bentuk enzim yang memiliki fungsi sama tetapi tersusun dari kombinasi subunit yang berbeda serta tersebar

pada jaringan tubuh yang berbeda. Isoenzim LDH terdiri atas LDH-1 hingga LDH-5 dan setiap isoenzim memiliki dominasi lokasi tertentu sehingga dapat membantu menunjukkan kerusakan organ secara spesifik. LDH-1 banyak terdapat pada jantung dan eritrosit, LDH-2 dominan pada eritrosit, LDH-3 berada pada paru-paru, LDH-4 ditemukan pada ginjal, sedangkan LDH-5 paling banyak terdapat pada hati dan otot rangka (Farhana dan Lappin, 2023).

b. Fungsi Enzim *Lactate Dehydrogenase*

Enzim LDH memiliki peranan penting sebagai penanda biokimia kerusakan jaringan. Pemeriksaan nilai aktivitas enzim LDH digunakan untuk membantu menentukan tingkat keparahan suatu penyakit, memantau respon terhadap terapi, serta mengevaluasi cairan tubuh selain darah. Ketika terjadi kerusakan pada jaringan atau sel, enzim LDH akan dilepaskan ke dalam aliran darah sehingga menyebabkan peningkatan aktivitas LDH dalam serum.

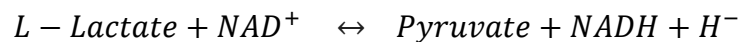
Peningkatan nilai aktivitas enzim LDH umumnya menandakan adanya kerusakan jaringan atau kematian sel secara signifikan. Secara klinis, peningkatan nilai aktivitas enzim LDH dapat dijumpai pada berbagai kondisi patologis seperti Infark Miokard Akut (IMA), hepatitis, gagal ginjal dan tumor. Aktivitas LDH total dalam serum diperkirakan meningkat pada hampir semua keadaan penyakit yang mengalami kerusakan sel (Puranik, dkk., 2021).

c. Metode dan Prinsip Pemeriksaan *Lactate Dehydrogenase*

Pemeriksaan *Lactate Dehydrogenase* (LDH) dilakukan dengan menggunakan metode kinetik, yaitu pengukuran berdasarkan perubahan absorbansi per satuan waktu sesuai dengan ketentuan dari *International Federation of Clinical Chemistry and Laboratory Medicine* (IFCC). Alat yang digunakan dalam pemeriksaan ini adalah fotometer, dengan serum atau plasma sebagai bahan uji (Glowacka, dkk., 2023). Prinsip pemeriksaannya didasarkan pada kemampuan enzim LDH mengatalisis konversi piruvat menjadi laktat, di mana NADH dioksidasi menjadi NAD^+ dan aktivitas enzim diukur pada panjang gelombang 340 nm (Farhana dan Lappin, 2023).

Reaksi kimia pemeriksaan LDH:

LDH



d. Nilai Rujukan

Tabel 2. Nilai Rujukan Enzim *Lactate Dehydrogenase*

Kategori	Nilai Rujukan
Pria	135-225 U/L
Wanita	135-214 U/L
Anak-anak (2-15 tahun)	120-300 U/L
Bayi	225-600 U/L

Sumber: Proline, 2024.

e. Faktor Yang Mempengaruhi Pemeriksaan *Lactate Dehydrogenase*

Kestabilan spesimen dan reagen menjadi faktor penting untuk memastikan akurasi hasil pemeriksaan laboratorium. Spesimen darah

tetap stabil hingga 7 hari pada suhu 15–25 °C dan dapat bertahan sampai 6 minggu apabila disimpan pada suhu –20 °C. Reagen uji juga mempertahankan stabilitasnya pada suhu 2–8 °C selama kurang lebih 12 minggu (Roche Diagnostics, 2022).

Aktivitas enzim LDH dapat dipengaruhi oleh sampel darah yang hemolisis karena sebagian besar enzim LDH dalam darah manusia berada di dalam sel, terutama eritrosit. Sehingga hemolisis ini menyebabkan peningkatan yang mengarah ke hasil tinggi palsu, karena pada metode kinetik sangat sensitif terhadap perubahan laju reaksi enzim (Bockoven, 2022).

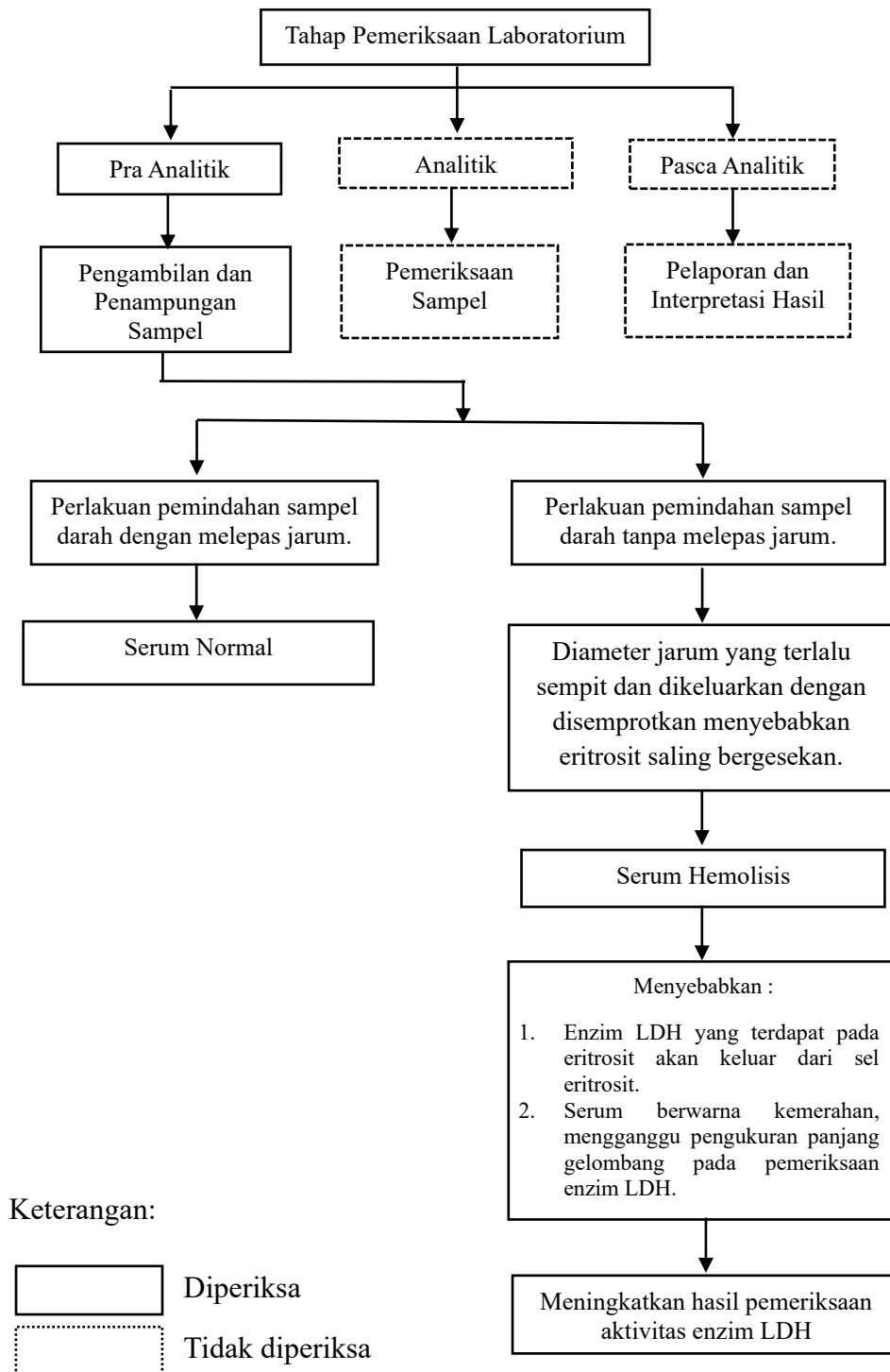
7. Hubungan Nilai Aktivitas Enzim *Lactate Dehydrogenase* Terhadap Perlakuan Pemindahan Sampel Darah Dengan dan Tanpa Melepas Jarum

Hemolisis merupakan proses pecahnya membran eritrosit yang menyebabkan keluarnya komponen intraseluler ke dalam serum atau plasma. Komponen tersebut meliputi hemoglobin, ion kalium (K^+), dan enzim-enzim seperti *Lactate Dehydrogenase* (LDH). Dalam keadaan normal, konsentrasi LDH di dalam eritrosit jauh lebih tinggi dibandingkan dengan konsentrasi LDH di plasma. Oleh karena itu, apabila terjadi hemolisis enzim LDH yang dilepaskan dari eritrosit akan meningkat. Peningkatan ini bersifat artifisial atau palsu, karena tidak mencerminkan kondisi fisiologis sebenarnya pada tubuh pasien (Bockoven, 2022).

Salah satu penyebab hemolisis pada tahap pra-analitik adalah perlakuan yang tidak tepat saat pemindahan sampel darah dari spuit ke

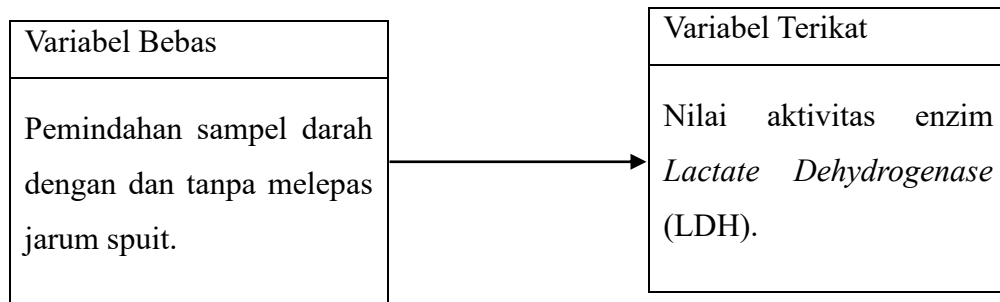
dalam tabung *vacutainer*. Pemindahan darah dengan cara disemprotkan langsung melalui jarum dapat menimbulkan tekanan mekanik pada eritrosit karena darah dipaksa melewati lumen jarum yang sempit, sehingga memicu kerusakan membran sel dan pecahnya eritrosit. Selain itu, perbedaan tekanan antara spuit dan tabung *vacutainer* dapat memperkuat tekanan mekanik pada darah, sehingga sel darah merah menjadi lebih rentan mengalami hemolisis. Oleh karena itu, peneliti tertarik untuk melakukan penelitian mengenai pengaruh pemindahan sampel darah dengan dan tanpa melepas jarum spuit terhadap kemungkinan terjadinya hemolisis pada tahap pra-analitik.

B. Kerangka Teori



Gambar 4. Kerangka Teori

C. Hubungan Antar Variabel



Gambar 5. Hubungan Antar Variabel

D. Pertanyaan Peneliti

Apakah ada perbedaan pada nilai aktivitas enzim *Lactate Dehydrogenase* pada perlakuan pemindahan sampel darah dengan dan tanpa melepas jarum spuit?