

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Tinjauan Teori

1. *Complete Blood Count (CBC)*

Darah adalah cairan khusus dalam tubuh yang terdiri dari plasma, sel darah merah, sel darah putih, dan trombosit. Fungsi utama darah mencakup membawa oksigen dan nutrisi ke paru-paru dan jaringan tubuh, membentuk bekuan untuk menghentikan pendarahan, mengangkut sel-sel dan antibodi untuk melawan infeksi, serta membawa limbah ke ginjal dan hati untuk disaring. Selain itu, darah membantu mengatur suhu tubuh. Dalam tubuh, darah mengalir melalui vena, arteri, dan kapiler, dan terdiri dari sekitar 55% plasma dan 45% sel darah. Sekitar 7-8% dari total berat tubuh adalah darah (American Society of Hematology, 2024).

Pemeriksaan darah lengkap (*complete blood count* atau CBC) adalah tes darah yang mengukur jumlah dan ukuran sel darah merah, hemoglobin, sel darah putih, dan trombosit. Tes ini digunakan untuk memantau dan mendiagnosis kondisi medis serta memeriksa kesehatan sistem kekebalan tubuh. Infeksi, obat-obatan, anemia, dan kanker dapat menyebabkan hasil yang tidak normal (Cleveland Clinic, 2024).

2. Hemoglobin

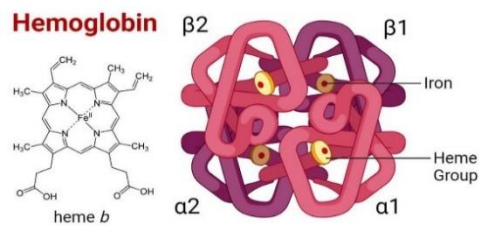
a. Pengertian Dan Fungsi Hemoglobin

Hemoglobin adalah protein dalam sel darah merah yang mengandung zat besi, memberi warna merah pada darah, dan memiliki dua fungsi utama: mentransfer oksigen dari paru-paru ke seluruh tubuh, serta membawa karbon dioksida dari sel kembali ke paru-paru untuk dikeluarkan (Eldridge, 2023). Nilai hemoglobin normal untuk laki-laki adalah 12,5–16,7 g/dL dan untuk perempuan adalah 12,0–15,6 g/dL (Rosida dkk., 2015).

b. Struktur Hemoglobin

Hemoglobin (Hgb) adalah protein yang terdiri dari empat subunit, masing-masing mengandung rantai protein dan gugus heme.

Hemoglobin memiliki berat molekul total sekitar 64.000 Dalton. Pada orang dewasa, terdapat dua jenis rantai protein: alfa dan beta. Setiap hemoglobin dewasa memiliki dua subunit alfa dan dua subunit beta. Pada hemoglobin janin, subunit beta digantikan oleh subunit gamma. Gugus heme mengandung ion besi (Fe^{2+}) yang mengikat oksigen (O_2) atau karbon dioksida (CO_2). Ion besi terikat pada protein globin dengan residu histidin (Prashant Dahal, 2023).

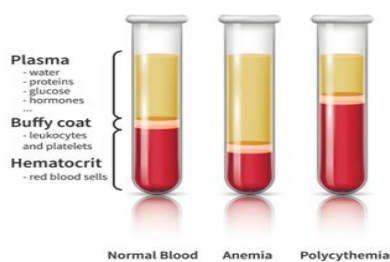


Gambar 2.1 Struktur Hemoglobin.
Sumber: Prashant Dahal, 2023

3. Hematokrit

a. Pengertian Dan Fungsi Pemeriksaan Hematokrit

Hematokrit adalah persentase volume sel darah merah dalam darah. Pada orang dewasa, kadar normal untuk pria adalah 41%-50%, sedangkan untuk wanita adalah 36%-44%. Kadar hematokrit rendah disebut anemia, sedangkan kadar tinggi bisa mengindikasikan polisitemia atau eritrositosis (American Red Cross, 2024).



Gambar 2.2 Hematokrit.
Sumber: Narayana Health, 2023

b. Faktor yang Mempengaruhi Kadar Hematokrit

Kadar hematokrit tinggi bisa disebabkan oleh penyakit jantung, dehidrasi, jaringan parut pada paru-paru, apnea tidur obstruktif, merokok, keracunan karbon monoksida, dan penggunaan testosteron.

Kadar hematokrit rendah sering disebabkan oleh anemia, kehilangan darah, leukemia, anemia hemolitik, hiponatremia, penyakit ginjal, dan penyakit tiroid (Cleveland Clinic, 2024).

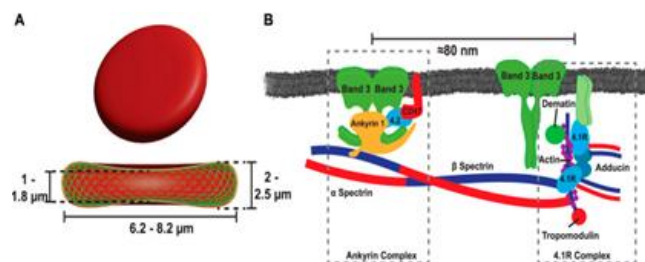
4. Eritrosit

a. Pengertian Dan Fungsi Eritrosit

Sel darah merah, atau eritrosit, adalah jenis sel darah yang paling umum dan menyusun 40–45% volume darah. Sel ini mengandung hemoglobin yang membawa oksigen ke seluruh tubuh dan memiliki diameter sekitar 6 mikrometer, memungkinkan penetrasi ke pembuluh darah terkecil (Akedeum, 2024). Selain membawa oksigen, eritrosit juga mengangkut karbon dioksida ke paru-paru untuk dihembuskan (Cleveland Clinic, 2021).

b. Struktur Eritrosit

Sel darah merah memiliki struktur sederhana tanpa bagian internal khusus dengan bagian luar sel terdiri dari dua lapisan: membran sitoplasma dan sitoskeleton spektrin, yang membuatnya fleksibel namun kuat. Mereka memiliki diameter sekitar 7 mikrometer dan bentuk bikonkaf. Beberapa penyakit, seperti anemia sel sabit dan malaria, dapat mengubah bentuk sel darah merah ini. Sel darah merah tidak memiliki nukleus atau mitokondria, sehingga memiliki lebih banyak ruang untuk hemoglobin, yang mengikat oksigen (Himbert dan Rheinstädter, 2022).



Gambar 2.3 Struktur Sel Darah Merah.
Sumber: Narayana Health, 2022

c. Faktor Mempengaruhi Jumlah Eritrosit

Tes RBC mengukur jumlah sel darah merah yang membawa oksigen dalam darah dan bisa mendeteksi penyakit (Tresca, 2024).

Nilai normal RBC pada laki-laki adalah 4,1–6,0 juta/ μ L, sedangkan pada perempuan adalah 4,0–5,3 juta/ μ L (Rosida dkk., 2015).

Jumlah sel darah merah yang tinggi bisa disebabkan oleh penyakit sumsum tulang, merokok, dehidrasi, gagal jantung, tumor ginjal, kadar oksigen darah rendah, penyakit jantung bawaan, fibrosis paru-paru, berada di dataran tinggi, dan penggunaan obat-obatan tertentu. Sedangkan jumlah sel darah merah yang rendah bisa disebabkan oleh anemia, perdarahan, kanker sumsum tulang, kegagalan sumsum tulang, kekurangan hormon eritropoietin, leukemia, malnutrisi, kehamilan, hemolisis, kekurangan zat besi, tembaga, asam folat, vitamin B6 atau B12, overhidrasi, dan penggunaan obat-obatan tertentu (MedlinePlus, 2024).

5. Leukosit

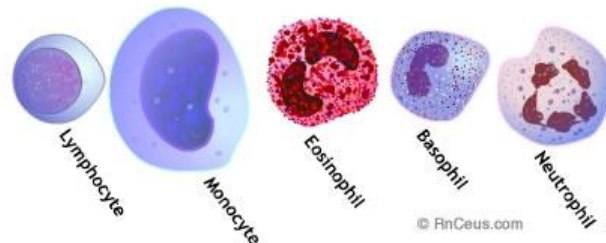
a. Pengertian Leukosit

Sel darah putih, atau leukosit, adalah bagian penting dari sistem kekebalan tubuh dan berperan dalam respons imun bawaan dan humoral (Tigner dkk., 2022). Meskipun hanya sekitar 1% dari darah, mereka sangat berpengaruh dalam melindungi tubuh dari penyakit (University of Rochester Medical Center, 2024). Sel darah putih mengalir dalam darah dan jaringan limfa, siap melawan virus, bakteri, dan patogen lainnya. Mereka diproduksi di sumsum tulang dan jumlahnya meningkat saat tubuh sakit untuk melawan infeksi (MedlinePlus, 2024).

b. Jenis Dan Fungsi Leukosit

Leukosit, yang dibagi menjadi granulosit dan agranulosit, memainkan peran penting dalam sistem kekebalan tubuh. Granulosit meliputi neutrofil, eosinofil, dan basofil. Agranulosit, meski tanpa granula spesifik, memiliki granula azurofilik dan meliputi monosit serta limfosit (Tigner dkk., 2022). Neutrofil (50-70% leukosit) bertindak sebagai garis pertahanan awal terhadap infeksi bakteri melalui fagositosis. Basofil (<1%) berperan dalam peradangan dan reaksi alergi, sementara eosinofil (1-4%) melawan infeksi parasit dan

berperan dalam peradangan kronis. Monosit (2-8%) berubah menjadi makrofag untuk fagositosis dan penyajian antigen. Limfosit (20-40%) mengatur respon imun dengan sel B memproduksi antibodi dan sel T menghancurkan sel yang terinfeksi (Healthdirect, 2023).



Gambar 2.4 Jenis Sel Darah Putih.
Sumber: www.rnceus.com, 2025

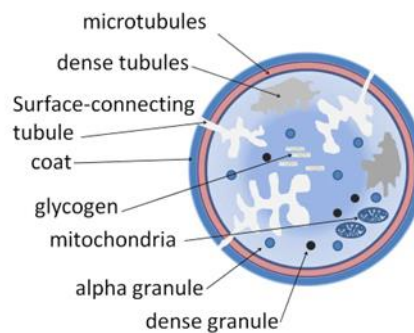
c. Faktor Yang Mempengaruhi Jumlah *Leukosit*

Jumlah sel darah putih normal adalah 4650-10300/uL (Rosida dkk., 2015). Peningkatan jumlah *leukosit* (*leukositosis*) bisa disebabkan oleh infeksi, asma, alergi, stres, kehamilan, peradangan, kanker, gangguan mieloproliferatif, dan obat-obatan seperti epinefrin, alopurinol, aspirin, dan steroid. Sebaliknya, penurunan jumlah leukosit (*leukopenia*) dapat disebabkan oleh infeksi parah, kerusakan atau kelainan sumsum tulang, penyakit autoimun, penumpukan sel darah putih di limpa, dan penggunaan obat-obatan seperti antibiotik, antivirus, immunosupresan, dan kemoterapi (Eldridge, 2024).

6. Trombosit

a. Pengertian Trombosit

Trombosit adalah sel darah kecil tanpa inti dengan diameter sekitar 2 mikrometer dan umur rata-rata 7-10 hari (Williams dan Sergent, 2022). Trombosit berperan penting dalam pembekuan darah. Saat pembuluh darah rusak, trombosit menuju lokasi kerusakan, membentuk gumpalan, menempel satu sama lain dan pada permukaan yang rusak, serta menarik lebih banyak trombosit untuk menghentikan pendarahan dan memperbaiki kerusakan (University of Rochester Medical Center, 2024).



Gambar 2.5 Struktur trombosit.
Sumber: Jamadar, 2023

b. Fungsi Trombosit

Fungsi utama trombosit adalah menghentikan pendarahan melalui proses hemostasis (Cleveland Clinic, 2024). Tahapan hemostasis meliputi:

- 1) Hemostasis Primer: Vasokonstriksi mengurangi aliran darah, trombosit beradhesi ke area terluka dan membentuk sumbat sementara dengan bantuan faktor von Willebrand (vWF), serta melepaskan ADP dan tromboksan A₂ untuk mengumpulkan lebih banyak trombosit (LaPelusa & Dave, 2023).
- 2) Hemostasis Sekunder: Aktivasi faktor VII, X, dan IX melalui jalur ekstrinsik dan intrinsik, membentuk kompleks protrombinase yang mengubah protrombin menjadi trombin, lalu fibrinogen menjadi fibrin untuk memperkuat sumbat trombosit dan membentuk gumpalan darah stabil (LaPelusa & Dave, 2023).
- 3) Hemostasis Tersier: Kontraksi gumpalan darah oleh trombosit teraktivasi melalui kontraksi fibril aktin dan miosin, plasminogen diaktifkan menjadi plasmin untuk melarutkan gumpalan fibrin dan memulihkan aliran darah (LaPelusa & Dave, 2023).

c. Signifikansi Nilai Trombosit

Jumlah trombosit normal adalah 150.000-450.000 sel/ μ L (Agarwal dkk., 2024). Trombositopenia (kurang dari 150.000/ μ L) bisa disebabkan oleh kemoterapi, terapi radiasi, infeksi virus (Hepatitis C atau HIV), kondisi autoimun (lupus, ITP), kehamilan (HELLP), obat antikoagulan, katup jantung mekanis, alkoholisme, penyakit hati,

sepsis, dan paparan racun (Ashworth dkk., 2022). Trombositosis (jumlah trombosit tinggi) bisa disebabkan oleh gangguan sumsum tulang primer, peradangan kronis (rheumatoid arthritis, penyakit radang usus), infeksi, anemia defisiensi zat besi, pengangkatan limpa, kanker, operasi besar, atau trauma (Dixon, 2024).

7. *Mean Corpuscular Volume* (MCV)

a. Pengertian MCV

Mean Corpuscular Volume (MCV) adalah tes darah yang mengukur ukuran rata-rata sel darah merah (MedlinePlus, 2024). MCV membantu dokter menentukan penyebab anemia dan sangat berguna dalam mendiagnosis berbagai jenis anemia (Maner dkk., 2024).

b. Pengukuran Dan Interpretasi Nilai MCV

MCV normal pada orang dewasa berkisar antara 80 hingga 100 femtoliter (fL), tetapi dapat bervariasi berdasarkan jenis kelamin dan usia (Eldridge, 2024). MCV digunakan untuk menentukan jenis anemia yang dialami seseorang. Ada tiga jenis anemia berdasarkan MCV:

- 1) Anemia mikrositik: Ukuran sel darah merah lebih kecil dari normal (MCV di bawah 80 fL), sering disebabkan oleh kekurangan zat besi, anemia sideroblastik, dan talasemia (Maner dkk., 2024).
- 2) Anemia makrositik: Ukuran sel darah merah lebih besar dari normal (MCV lebih dari 100 fL), biasanya disebabkan oleh kekurangan folat (vitamin B9) atau vitamin B12, penyakit hati, alkoholisme kronis, atau kondisi langka seperti anemia Diamond-Blackfan (Maner dkk., 2024).
- 3) Anemia normositik: Ukuran sel darah merah normal (MCV antara 80 dan 100 fL) tetapi jumlah hemoglobin dan hematokrit rendah, dapat disebabkan oleh anemia hemolitik atau anemia non-hemolitik (penyakit kronis atau kekurangan zat besi, (Maner dkk., 2024).

8. *Mean Corpuscular Hemoglobin (MCH)*

a. Pengertian MCH

Hemoglobin korpuskular rata-rata (MCH) adalah tes darah yang mengukur jumlah rata-rata hemoglobin dalam sel darah merah (Yuko, 2024). MCH diukur sebagai bagian dari hitung darah lengkap, yang memberikan informasi tentang berbagai aspek kesehatan darah, termasuk sel darah merah (Brown, 2023).

b. Pengukuran Dan Interpretasi MCH

Nilai MCH diukur dalam pikogram hemoglobin per sel (pg/sel) dengan membagi jumlah total hemoglobin dalam darah dengan jumlah total sel darah merah (Yuko, 2024). Kisaran MCH normal untuk orang dewasa adalah antara 28 dan 32 pg/sel (ABIM, 2024). Nilai MCH rendah (di bawah 27 pg/sel) dapat mengindikasikan anemia hipokromik atau anemia mikrositer, sering disebabkan oleh kekurangan zat besi, anemia hemolitik autoimun, penyakit kronis, kehilangan darah, penyakit ginjal, sirosis hati, atau talasemia (Yuko, 2024; Brown, 2023). Nilai MCH tinggi (di atas 31 pg/sel) dapat menunjukkan anemia makrositer megaloblastik atau non-megaloblastik, polisitemia vera, atau adaptasi terhadap tinggal di dataran tinggi (Yuko, 2024).

9. *Mean Corpuscular Hemoglobin Concentration (MCHC)*

a. Pengertian MCHC

MCHC adalah ukuran konsentrasi rata-rata hemoglobin di dalam satu sel darah merah. MCHC biasanya sebagai bagian dari pemeriksaan hitung darah lengkap (CBC) (Seladi-Schulman, 2023). MCHC adalah pengukuran standar dalam diagnosis anemia, suatu kondisi yang ditandai dengan rendahnya kadar sel darah merah yang dapat menyebabkan kelelahan atau kelemahan (Brown, 2023).

b. Pengukuran Dan Interpretasi Hasil MCHC

Menurut American Board of Internal Medicine, MCHC normal adalah 33-36 g/dL (Brennan, 2024). Hasil di luar rentang ini ditafsirkan sebagai berikut:

- 1) Hipokromia (MCHC rendah): Konsentrasi hemoglobin lebih rendah dalam sel darah merah, sering disebabkan kekurangan zat besi atau penyakit yang memengaruhi produksi hemoglobin (Brown, 2023; Eldridge, 2024).
- 2) Hiperkromia (MCHC tinggi): Konsentrasi hemoglobin lebih tinggi dalam sel darah merah, bisa disebabkan anemia atau komplikasi kesehatan seperti pembekuan darah (Brown, 2023; Eldridge, 2024).

10. Mean Platelet Volume (MPV)

a. Pengertian MPV

Mean platelet volume (MPV) adalah tes darah yang mengukur ukuran rata-rata trombosit, memberikan informasi tentang seberapa baik trombosit bekerja (MedlinePlus, 2024). Tes ini juga mengindikasikan aktivasi dan agregasi trombosit (Şenel dkk., 2017).

b. Pengukuran Dan Interpretasi MPV

Nilai MPV dihitung dengan membagi massa total trombosit (plateletcrit) dengan jumlah total trombosit dalam sampel darah (Sapkota, 2023). Ukuran trombosit ditulis dalam satuan femtoliter. MPV normal adalah 7 hingga 9 femtoliter (ABIM, 2024), namun beberapa sumber menyatakan 7,5 hingga 12,0 femtoliter sebagai nilai normal (Korniluk dkk., 2019).

Peningkatan *mean platelet volume* (MPV) dapat diamati pada berbagai kondisi kesehatan seperti penyakit kardiovaskular, stroke serebral, penyakit pernapasan, gagal ginjal kronis, penyakit usus, penyakit reumatoid, diabetes, dan berbagai jenis kanker. Sebaliknya, penurunan MPV sering tercatat pada kasus tuberkulosis saat eksaserbasi penyakit, kolitis ulseratif, lupus eritematosus sistemik (SLE) pada orang dewasa, dan beberapa penyakit neoplastik (Korniluk dkk., 2019).

11. Platelet Distribution Width (PDW)

a. Pengertian PDW

Lebar distribusi trombosit (PDW) adalah penanda yang mengukur variasi ukuran trombosit. Indikator ini digunakan untuk mengevaluasi

proses yang berhubungan dengan produksi dan penghancuran trombosit dalam tubuh (Izzi dkk., 2021).

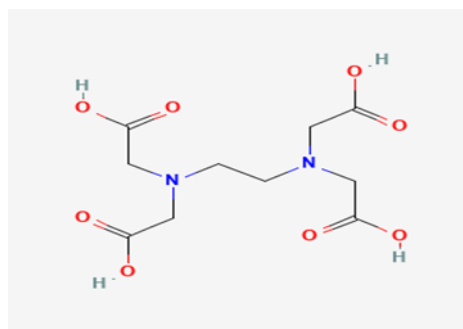
b. Pengukuran Dan Interpretasi PDW

Nilai normal untuk PDW adalah antara 9,0% dan 17,0% (Mehta, 2024). Nilai PDW di bawah 9% menunjukkan bahwa ukuran trombosit cukup seragam, yang umumnya menandakan fungsi trombosit yang normal. Sebaliknya, nilai PDW di atas 17% mengindikasikan adanya variabilitas yang lebih besar dalam ukuran trombosit, yang bisa menjadi tanda peningkatan aktivasi trombosit (Rosha, 2024). PDW tinggi mengindikasikan variasi ukuran trombosit yang besar, yang bisa terkait dengan penyakit vaskular seperti aterosklerosis dan beberapa jenis kanker. (Mehta, 2024).

12. EDTA

a. Pengertian EDTA

Asam etilendiamintetraasetat (EDTA) adalah agen khelasi yang mengikat logam melalui empat gugus karboksilat dan dua gugus amina (Mohammadi dkk., 2013). Rumus molekulnya adalah $C_{10}H_{16}N_2O_8$ (PubChem, 2024). EDTA merupakan asam poliamino karboksilat tak berwarna yang larut dalam air, sering digunakan untuk melarutkan kerak kapur. EDTA diproduksi sebagai dinatrium EDTA dan kalsium dinatrium EDTA, yang bereaksi dengan ion kalsium dalam dentin membentuk khelat yang larut (Mohammadi dkk., 2013).



Gambar 2.6 Stuktur Kimia EDTA.
Sumber: PubChem, 2024

b. Fungsi EDTA Sebagai Antikoagulan

Antikoagulan adalah zat kimia yang mencegah darah membeku, seperti EDTA, natrium sitrat, dan heparin, (Permenkes no 25, 2015). Garam EDTA, termasuk dinatrium, di-kalium (K2), dan tri-kalium (K3), sering digunakan dalam laboratorium hematologi karena mempertahankan integritas sel darah (NCCLS, 2003). Garam kalium lebih disukai karena lebih mudah larut dalam darah, namun dapat mempengaruhi ukuran sel darah merah setelah penyimpanan beberapa jam (Mehmood dkk., 2017). Semua garam EDTA efektif mengikat ion kalsium dan divalen lainnya, tetapi tidak cocok untuk tes yang melibatkan ion logam seperti kalsium dan magnesium (NCCLS, 2003).

c. Prinsip Kerja EDTA Sebagai Antikoagulan

EDTA dan garam-garamnya secara efektif mengikat kalsium dalam darah. Kalsium sangat penting dalam proses koagulasi. Dengan mengikat atau mengeluarkan kalsium dari lokasi reaksi, EDTA menghambat dan menghentikan serangkaian peristiwa (baik intrinsik maupun ekstrinsik) yang menyebabkan pembekuan darah. Ini termasuk konversi protrombin menjadi trombin, serta aksi trombin pada fibrinogen untuk membentuk fibrin (NCCLS, 2003).

d. Penggunaan EDTA Dalam Pengumpulan Sampel Darah

Jumlah garam EDTA yang ditambahkan ke darah sebaiknya 4,55 \pm 0,85 μ mol/mL darah. Rasio spesifik EDTA untuk berbagai garam adalah:

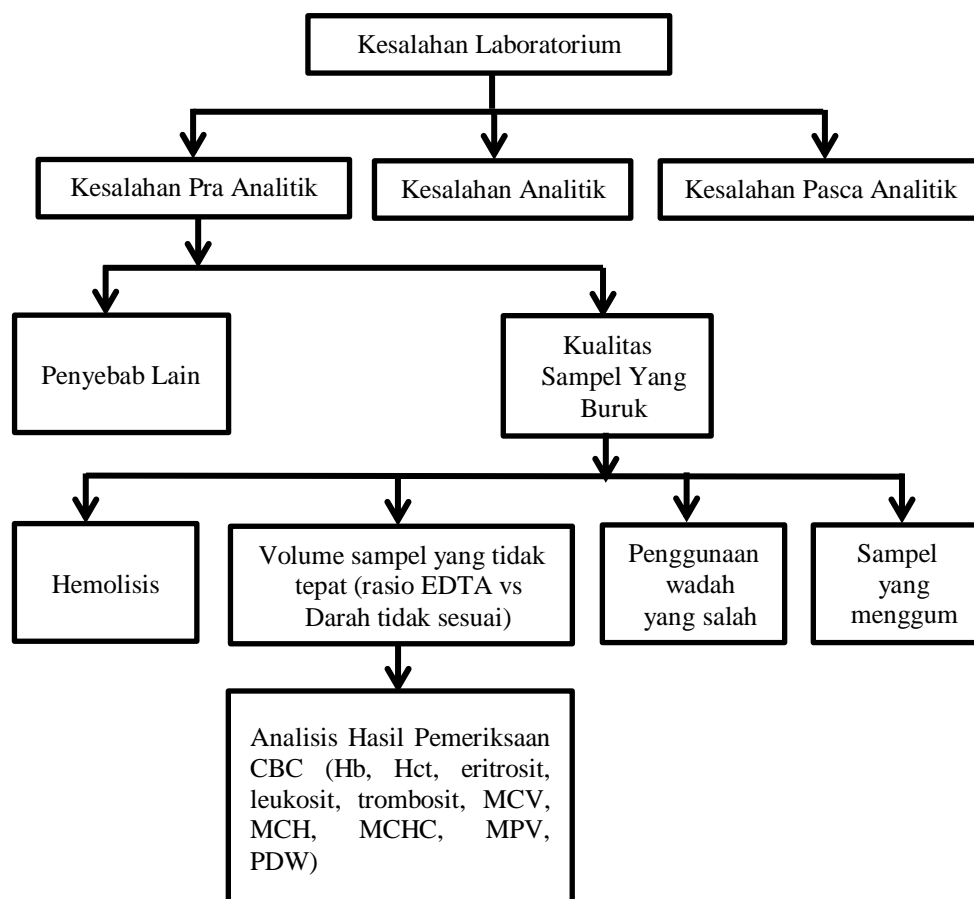
- 1) Disodium EDTA dihidrat: 1,4 - 2,0 mg/mL darah.
- 2) Dipotassium EDTA dihidrat: 1,5 - 2,2 mg/mL darah.
- 3) Tripotassium EDTA anhidrat: 1,5 - 2,2 mg/mL darah.

Beberapa garam EDTA mungkin tersedia dalam bentuk cair yang dapat mempengaruhi hasil tes jika darah yang diambil kurang dari jumlah yang lengkap. Garam tripotassium dapat menurunkan volume sel padat (NCCLS, 2003).

e. Tabung EDTA

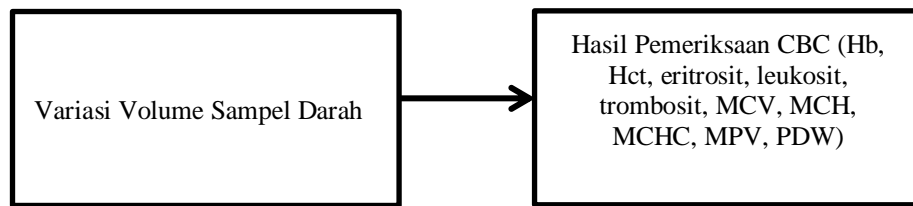
Tabung EDTA adalah tabung pengumpulan darah yang mengandung EDTA sebagai antikoagulan untuk mencegah pembekuan darah dengan mengikat ion kalsium. Tabung ini digunakan dalam pemeriksaan hematologi seperti CBC untuk menjaga stabilitas dan morfologi sel darah. Namun, tabung EDTA tidak cocok untuk uji koagulasi atau analisis ion mineral seperti kalsium, magnesium, dan besi. Tabung EDTA harus memenuhi beberapa persyaratan seperti sterilisasi, penutup aman, dan kompatibilitas dengan sistem vakum (NCCLS, 2003). Tutup berwarna ungu atau lavender digunakan untuk identifikasi adanya EDTA sebagai antikoagulan di dalam tabung (Permenkes no 25, 2015).

B. Kerangka Teori



Gambar 2.7 Kerangka Teori

C. Kerangka Konsep



Gambar 2.8 Kerangka Konsep

D. Hipotesis

- H0** : Tidak terdapat perbedaan hasil pemeriksaan *complete blood count* (CBC) berdasarkan variasi volume sampel darah dalam tabung EDTA.
- H1** : Terdapat perbedaan hasil pemeriksaan *complete blood count* (CBC) berdasarkan variasi volume sampel darah dalam tabung EDTA