

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Telaah Pustaka

1. Hemoglobin

a. Definisi hemoglobin

Hemoglobin (Hb) adalah protein berpigmen merah yang terdapat dalam sel darah merah (eritrosit) yang berfungsi untuk mengikat dan membawa oksigen dari paru-paru untuk diedarkan dan dibagikan ke seluruh sel di berbagai jaringan tubuh (Saryono dan Setiawan, 2020). Hemoglobin merupakan protein terkonjugasi yang berfungsi untuk transportasi oksigen (O_2) dan karbondioksida (CO_2). Setiap gram Hb mengikat 1,34 ml O_2 , massa sel darah merah orang dewasa yang mengandung sekitar 600g Hb mampu membawa 800 ml O_2 (Yayuningsih dkk., 2017).

Hemoglobin berasal dari kata *heme* artinya darah, dan *globin* yang berarti warna. Hemoglobin adalah suatu senyawa kompleks yang terdiri atas protein dan zat besi (Fe) yang merupakan komponen utama dan menyebabkan warna pada eritrosit. Warna merah ini berbeda-beda bergantung pada kadar kandungannya di dalam sel, semakin banyak kandungan Hb di dalam sel maka warnanya akan semakin pekat (Yayuningsih dkk., 2017).

b. Sintesis hemoglobin

Sintesis heme terutama terjadi di mitokondria melalui suatu rangkaian reaksi biokimia yang bermula dengan kondensasi glisin dan suksinil koenzim A oleh kerja enzim kunci yang bersifat membatasi kecepatan reaksi yaitu asam aminolevulinat sintase. Piridoksal fosfat (vitamin B₆) adalah suatu koenzim untuk reaksi ini, yang dirangsang oleh eritropoietin. Akhirnya, protoporfirin bergabung dengan besi dalam bentuk ferro (Fe^{2+}) untuk membentuk heme, masing-masing molekul heme bergabung dengan satu rantai globin yang dibuat pada poliribosom. Suatu tetramer yang terdiri dari empat rantai globin masing-masing dengan gugus hemya sendiri dalam suatu kantung kemudian dibentuk untuk menyusun satu molekul hemoglobin (Hoffbrand dkk., 2005).

c. Fungsi hemoglobin

Hemoglobin mempunyai dua fungsi pengangkutan penting dalam tubuh manusia, yakni pengangkutan oksigen ke jaringan dan pengangkutan karbondioksida dan proton dari jaringan perifer ke organ respirasi (Murray dkk., 2009). Hemoglobin terdiri atas zat besi yang merupakan pembawa oksigen. Kadar hemoglobin yang tinggi abnormal terjadi karena keadaan hemokonsentrasi akibat dari dehidrasi (kehilangan cairan). Kadar hemoglobin yang rendah berkaitan dengan berbagai masalah klinis (Kee, 2008). Hemoglobin dinyatakan dalam gram per desiliter (g/dL). Pengukuran hemoglobin

normal adalah 14-17,5 g/dL untuk pria dewasa dan 12-15 g/dL untuk wanita dewasa (Ware, 2020).

2. Anemia

a. Definisi anemia

Anemia didefinisikan sebagai berkurangnya kadar hemoglobin dalam darah, berkurangnya kadar hemoglobin biasanya disertai dengan penurunan jumlah eritrosit dan hematokrit. Nilai normal hemoglobin dapat bervariasi antarlaboratorium (Hoffbrand dkk., 2005). Menurut WHO (2011), anemia didefinisikan sebagai penurunan kadar hemoglobin kurang dari 12,0 g/dL pada wanita dan kurang dari 13,0 g/dL pada pria.

Secara umum, berikut adalah kadar hemoglobin untuk mendiagnosis anemia menurut WHO.

Tabel 2. Kadar Hemoglobin untuk Mendiagnosis Anemia

Kadar Hemoglobin (g/dL)				
Umur/Jenis Kelamin	Tidak Anemia	Anemia Ringan	Anemia Sedang	Anemia Berat
Balita (6-59 Bulan)	$\geq 11,0$	10,0-10,9	7,0-9,9	$< 7,0$
Anak-anak (5-11 Tahun)	$\geq 11,5$	11,0-11,4	8,0-10,9	$< 8,0$
Anak-anak (12-14 Tahun)	$\geq 12,0$	11,0-11,9	8,0-10,9	$< 8,0$
Ibu Hamil	$\geq 11,0$	10,0-10,9	7,0-9,9	$< 7,0$
Perempuan Tidak Hamil (≥ 15 Tahun)	$\geq 12,0$	11,0-11,9	8,0-10,9	$< 8,0$
Laki-laki (≥ 15 Tahun)	$\geq 13,0$	11,0-12,9	8,0-10,9	$< 8,0$

Sumber : WHO, 2011

b. Gejala anemia

Penyebab utama anemia seringkali disebabkan oleh kekurangan zat besi, yang dikenal sebagai anemia defisiensi zat besi. Hal ini terjadi ketika tubuh tidak memiliki cukup zat besi untuk membentuk sel darah merah baru (WHO, 2014). Anemia memiliki gejala klinis seperti kelelahan, pusing, sesak nafas, jantung berdebar, dan warna konjungtiva dan telapak tangan yang pucat (Helmyati, dkk., 2024). Gejala anemia juga biasanya berupa nafas pendek, khususnya pada saat berolahraga, kelemahan dan sakit kepala (Hoffbrand dkk., 2005).

3. Anemia pada kehamilan

a. Definisi anemia pada kehamilan

Anemia pada kehamilan merupakan kondisi di mana kadar hemoglobin (Hb) dalam darah ibu hamil kurang dari 11 g/dL. Klasifikasi anemia pada ibu hamil yaitu kadar hemoglobin 10,0-10,9 g/dL masuk dalam kategori anemia ringan, 7,0-9,9 g/dL masuk dalam kategori anemia dan kurang dari 7,0 termasuk dalam anemia berat (WHO, 2011).

b. Penyebab anemia pada kehamilan

Menurut Roosleyn (2016), penyebab anemia pada kehamilan antara lain:

1) Anemia defisiensi besi

Anemia defisiensi besi merupakan penyebab terbanyak untuk anemia selama kehamilan dan masa nifas. Seringkali

keduanya saling berkaitan erat, karena pengeluaran darah yang berlebihan disertai hilangnya besi hemoglobin dan terkurasnya simpanan besi pada suatu kehamilan.

2) Anemia akibat perdarahan akut

Sering terjadi pada masa nifas. Solusio plasenta dan plasenta previa dapat menjadi sumber perdarahan serius dan anemia sebelum atau setelah kelahiran. Pada awal kehamilan, anemia akibat perdarahan sering terjadi pada kasus-kasus abortus, kehamilan ektopik, dan mola hidatidosa.

3) Anemia pada penyakit kronik

Gejala-gejala tubuh lemah, penurunan berat badan, dan pucat sudah dikenal sebagai ciri penyakit kronik. Berbagai penyakit terutama infeksi kronik dan neoplasma menyebabkan anemia derajat sedang dan kadang-kadang berat, biasanya dengan eritrosit yang sedikit hipokromik dan mikrositik.

4) Defisiensi vitamin B₁₂ atau defisiensi megaloblastik

Anemia megaloblastik yang disebabkan oleh kekurangan vitamin B₁₂ selama kehamilan sangat jarang terjadi, ditandai oleh kegagalan tubuh menyerap vitamin B₁₂, ini adalah suatu penyakit autoimun yang sangat jarang pada wanita.

5) Anemia hemolitik

Anemia hemolitik disebabkan oleh penghancuran/ pemecahan sel darah merah yang lebih cepat dari pembuatannya. Ini dapat disebabkan oleh: (a) Faktor intra korpuskuler dijumpai pada anemia hemolitik heriditer, talasemia, anemia sel sickle (sabit), hemoglobin, C, D, G, H, I dan paraksismal nokturnal hemoglobinuria, (b) Faktor ekstrakorpuskuler; disebabkan malaria, sepsis, keracun zat logam, obat-obatan, leukemia dan lain-lain.

6) Anemia aplastik

Walaupun jarang dijumpai pada kehamilan, anemia aplastik adalah suatu penyakit yang parah. Diagnosis ditegakkan apabila dijumpai anemia, biasanya disertai trombositopenia, leukopenia, dan sumsum tulang yang sangat hiposeluler.

c. Faktor yang mempengaruhi timbulnya anemia

Menurut Roosley (2016), faktor yang mempengaruhi timbulnya anemia pada kehamilan antara lain:

- 1) Kurangnya zat besi di dalam tubuh dapat disebabkan oleh kurang makan sumber makanan yang mengandung zat besi, makanan cukup namun yang dimakan bioavailabilitas besinya rendah sehingga jumlah zat besi yang diserap kurang, dan makanan yang dimakan mengandung zat penghambat absorpsi besi.

- 2) Infeksi penyakit memperbesar resiko menderita anemia pada umumnya adalah cacing dan malaria.
- 3) Perhatian terhadap wanita yang masih rendah di keluarga oleh sebab itu wanita di dalam keluarga masih kurang diperhatikan dibandingkan laki-laki.
- 4) Kurangnya pengetahuan, ekonomi yang rendah dan status sosial.

d. Dampak anemia pada ibu hamil

Farhan dan Dhanny (2021) menjelaskan dampak anemia pada ibu hamil antara lain:

1) Berat Badan Lahir Rendah (BBLR)

Berat Badan Lahir Rendah (BBLR) adalah kondisi bayi yang lahir dengan berat badan kurang dari 2500 gram. Bayi BBLR memiliki tingkat kerentanan penyakit dan kegagalan organ vital yang tinggi saat lahir.

2) *Intrauterine Growth Restriction* (IUGR)

Intrauterine Growth Restriction adalah kondisi janin yang tidak berkembang secara sempurna yang disebabkan oleh faktor genetik ataupun lingkungan.

3) Kelahiran prematur

Kelahiran prematur adalah bayi yang lahir sebelum umurnya mencapai 37 minggu di dalam kandungan ibu. Bayi

yang lahir dari ibu anemia memiliki risiko 4,5 kali lebih tinggi lahir secara prematur dari ibu yang tidak anemia.

4) Kematian janin

Kematian janin adalah kondisi gugurnya janin secara spontan dalam kandungan. Ibu dengan anemia memiliki risiko bayi lahir mati lebih tinggi dari ibu yang tidak anemia.

5) Kematian bayi pasca kelahiran

Kematian bayi pasca lahir (*neonatal death*) adalah keadaan dimana bayi bertahan hidup hanya dalam waktu kurang dari 28 hari setelah dilahirkan (kematian neonatal).

4. Teknik pengambilan spesimen darah

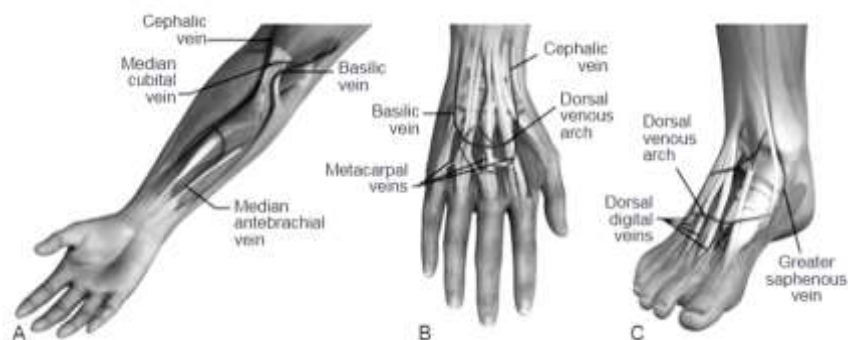
Nugraha (2021) menjelaskan terdapat tiga teknik pengambilan darah berdasarkan kebutuhan pemeriksaan atau kemudahan dalam pengumpulan darah, yaitu *venipuncture* untuk memperoleh darah vena, *skinpuncture* untuk memperoleh darah kapiler dan *arterical puncture* untuk memperoleh darah arteri.

a. *Venipuncture*

Venepuncture adalah prosedur medis invasif yang paling umum dilakukan oleh penyedia layanan kesehatan. *Venepuncture* merupakan tindakan menusuk vena untuk pemberian obat atau pengambilan darah (WHO, 2010). Lokasi penusukan utama *venipuncture* adalah pada lokasi *fossa antecubital*, yaitu pada vena sefalika yang terletak pada

lengan bagian atas dan sisi jempol tangan, vena basilika terletak pada lengan bawah dan sisi kelingking tangan dan vena mediana kubiti yang merupakan vena yang menghubungkan vena sefalika dan vena basilika pada *fossa antecubital* (lipatan siku). Vena mediana kubiti menjadi pilihan utama untuk pengambilan spesimen darah karena posisinya jauh dari saraf pada lengan sehingga memberikan sedikit rasa sakit (Nugraha, 2021).

Secara anatomi, lokasi vena yang menjadi tempat penusukan untuk memperoleh spesimen darah diperlihatkan pada Gambar 1. Keterangan: (A) Lokasi penusukan pada lengan, (B) Lokasi penusukan pada tangan, (C) Lokasi penusukan pada kaki.



Gambar 1. Lokasi Penusukan *Venipuncture*
 Sumber: Shan dan Richard, 2015 dalam Nugraha, 2021

Terdapat dua cara dalam pengambilan darah vena berdasarkan alat yang digunakan, yaitu dengan cara manual menggunakan jarum suntik (*syringe*) dan dengan menggunakan tabung vakum (*vacutainer*) (Yayuningsih dkk., 2024).

b. *Skinpuncture*

Skinpuncture atau tusukan kulit adalah teknik tusukan untuk memperoleh darah kapiler, biasanya dilakukan pada daerah jari atau tumit untuk pemeriksaan tertentu yang membutuhkan volume darah sedikit. Teknik ini dilakukan biasanya pada pasien bayi, anak atau orang dewasa yang tidak memungkinkan untuk dilakukan pengambilan darah pada vena (*venipuncture*). Darah kapiler merupakan campuran darah vena, darah arteri dan cairan jaringan, dengan komposisi tersebut, darah kapiler dapat memberikan hasil tes yang berbeda (Nugraha, 2021).

c. *Arterical puncture*

Arterical puncture merupakan penusukan untuk memperoleh spesimen darah pada arteri, lokasi tindakan *arterical puncture* umumnya dilakukan pada arteri radialis. Spesimen darah yang dikumpulkan dari arteri, umumnya untuk pemeriksaan gas darah arteri. Pengambilan sampel darah arteri hanya boleh dilakukan oleh petugas kesehatan yang mampu menjalani prosedur tersebut dengan kemahiran setelah pelatihan formal. Sampel dapat diperoleh melalui kateter yang dipasang di arteri atau dengan menggunakan jarum untuk menusuk arteri. Jarum suntik ini telah diheparinisasi sebelumnya dan seminimal mungkin tindakan ini terhindar dari paparan udara karena akan dapat mengubah nilai gas darah (WHO, 2010).

5. Antikoagulan

Antikoagulan adalah zat yang ditambahkan ke dalam darah yang bertujuan untuk menghambat atau mencegah proses pembentukan bekuan darah dengan mengikat atau mengendapkan ion kalsium dan menghambat pembentukan trombin dari protrombin (Yayuningsih dkk., 2017).

Yayuningsih dkk., (2017) menjelaskan ada beberapa jenis antikoagulan yang sering digunakan dalam laboratoeium medik, yaitu:

a. *Ethylen Diamine Tetracetic Acid* (EDTA)

Ethylen Diamine Tetracetic Acid (EDTA) merupakan antikoagulan yang paling sering dipakai dalam pemeriksaan hematologi. EDTA tersedia dalam bentuk kering yaitu garam di-kalium (K_2EDTA) dan garam di-natrium (Na_2EDTA) dan dalam bentuk cair, yaitu tri-kalsium (K_3EDTA).

b. Natrium sitrat

Natrium sitrat merupakan suatu antikoagulan yang tidak toksik. Cara kerja antikoagulan ini adalah dengan mengendapkan ion kalsium sehingga menjadi bentuk yang tidak aktif. Antikoagulan ini biasanya digunakan untuk pemeriksaan koagulasi dan laju endap darah.

c. Oksalat

Antikoagulan oksalat tersedia dalam bentuk natrium oksalat, kalium oksalat dan amonium oksalat. Antikoagulan ini bersifat toksik

dan berbahaya. Dalam laboratorium, kalsium oksalat umum digunakan yang dikombinasikan dengan natrium florida (NaF).

6. Metode pemeriksaan hemoglobin

a. Metode *Point of Care Testing* (POCT)

1) Deskripsi POCT

Point of Care Testing (POCT) adalah tes diagnosa yang dilakukan langsung di tempat perawatan, di ruang operasi, atau di ruang rawat jalan. Tersedianya perangkat analitik ini memungkinkan pemrosesan sampel darah utuh dengan cara sederhana dan waktu penyelesaian yang singkat, tidak ada persiapan sampel, tanpa pemipetan, penggunaan reagen yang sudah jadi, instrumen analitik mudah dan instan (Luppa dkk., 2011).

2) Prinsip POCT

(a). *Amperometric detection*

Amperometric detection adalah metode deteksi memanfaatkan pengukuran arus listrik yang dihasilkan pada sebuah reaksi elektrokimia. Ketika darah diteteskan pada strip, akan terjadi reaksi antara bahan kimia yang ada di dalam darah dengan reagen yang ada di dalam strip. Reaksi ini akan menghasilkan arus listrik yang setara dengan kadar bahan kimia yang ada dalam darah (Yayuningsih dkk., 2017)

Kelebihan metode amperometrik adalah memiliki sensitivitas tinggi terhadap perubahan listrik sehingga dapat mendeteksi aktivitas bahan biologis dalam sampel dengan akurasi tinggi, memungkinkan pengukuran secara langsung dan *real-time* terhadap aktivitas bahan biologis dalam sampel dan kompatibel dengan sampel yang beragam (El Harrad dan Amine, 2016).

Kekurangan dari metode amperometrik adalah keterbatasan kestabilan elektroda sehingga elektroda yang digunakan dalam amperometri dapat mengalami kerusakan atau penurunan kinerja seiring waktu, hal ini dapat mempengaruhi akurasi dan keandalan hasil pengukuran. Pengaruh interferensi beberapa senyawa dalam sampel dapat menyebabkan mengganggu respons amperometri, sehingga mempengaruhi hasil pengukuran yang sebenarnya, Hilangnya sensitivitas deteksi secara bertahap dapat terjadi karena reaksi elektrokimia heterogen yang terjadi pada antarmuka antara permukaan elektroda dan larutan. Ini terjadi ketika produk reaksi diserap ke permukaan elektroda dan memblokir transfer elektron (El Harrad dan Amine, 2016).

(b). *Reflectance*

Reflectance (pemantulan) diartikan sebagai rasio antara jumlah total radiasi (seperti cahaya) yang dipantulkan oleh sebuah permukaan dengan jumlah total radiasi yang diberikan pada permukaan tersebut. Prinsip ini digunakan pada sebuah instrumen POCT dengan membaca warna yang terbentuk dari sebuah reaksi antara spesimen yang mengandung bahan kimia tertentu dengan reagen yang ada pada sebuah tes strip. Reagen yang ada pada tes strip akan menghasilkan warna dengan intensitas tertentu yang berbanding lurus dengan kadar bahan kimia yang ada di dalam spesimen. Warna yang terbentuk dibaca oleh alat dari arah bawah strip

3) Keunggulan POCT

Tersedianya perangkat analitik ini memungkinkan pemrosesan sampel darah utuh dengan cara sederhana dan waktu penyelesaian yang singkat, tidak ada persiapan sampel, tanpa pemipetan, penggunaan reagen yang sudah jadi, instrumen analitik mudah dan instan (Luppa dkk., 2011). Karena dilakukan di dekat pasien, POCT ini juga akan mengurangi kesalahan iatrogenik pra-analitik (dampak negatif pada pasien karena tindakan atau perawatan medis), misalnya hipoglikemia sampel yang tidak segera diperiksa (Kahar, 2018).

4) Keterbatasan POCT

Penggunaan sampel darah yang sedikit, sukar untuk mengetahui mutu (kualitas) sampel yang dapat berpengaruh terhadap ketepatan hasil pemeriksaan dengan POCT misalnya hemolisis, lipemia dan obat-obatan (Kahar, 2018). Penggunaan POCT yang mudah dan cepat rentan menimbulkan pemeriksaan yang tidak tepat, yang justru dapat menimbulkan risiko terhadap penderita itu sendiri. Walau tampaknya POCT relatif tidak mahal, tetapi penggunaan yang tidak tepat justru akan menambah biaya yang lebih tinggi (Nichols, 2006).

Selain itu, menurut Keputusan Menteri Kesehatan Republik Indonesia No. 1792 Tahun 2010, POCT memiliki presisi dan akurasi kurang baik dibandingkan dengan metode rujukan, kemampuan pengukuran terbatas, dipengaruhi oleh suhu, kelembaban, hematokrit atau intervensi dari zat tertentu, pra-analitik sulit dikontrol jika yang melakukan pemeriksaan bukan petugas kompeten, pemantapan mutu internal kurang diperhatikan dan sulit terdokumentasi.

5) Alat POCT Inezco Vita Voice Lite

Alat POCT Inezco Vita Voice merupakan alat POCT yang dapat melakukan pemeriksaan hemoglobin, hematokrit, glukosa darah, total kolesterol, asam urat dan keton. Alat POCT ini telah dipergunakan oleh Laboratorium Puskesmas Mergangsan dari

tahun 2022. Berikut adalah spesifikasi dari alat POCT Inezco Vita Voice (Sekarguna, 2023) :

- (a). Untuk mengukur kadar gula darah sewaktu, hematokrit, hemaglobin, total kolesterol, asam urat dan keton
- (b). Pengukuran 6 dalam 1 parameter
- (c). Metode pengukuran amperometrik
- (d). Elektroda strip otomatis terdeteksi dan hitung waktu reaksi secara otomatis
- (e). Sumber Power : 2 x 1.5V AAA batrai alkaline
- (f). Output eksternal : USB/ Strip_Port_Comm Cable
- (g). Kondisi ideal saat pengoperasian pada suhu 8°C - 45°C (46.4°F - 113°F)
- (h). Otomatis alat akan mati setelah 3 menit
- (i). Memori penyimpanan 1000 pengukuran dengan tanggal dan waktu



Gambar 2. Inezco Vita Voice Lite
Sumber : Dokumen Pribadi

b. Metode *hematology analyzer*

1) Definisi

Alat *hematology analyzer* adalah instrumen untuk menganalisa darah lengkap yang memungkinkan pemeriksaan dalam jumlah banyak yang dapat dilakukan dalam periode waktu singkat. Instrumen otomatis ini memiliki akurasi dan ketelitian yang lebih baik untuk hasil pemeriksaannya (Lieseke dan Zeibig, 2017). Instrumen ini dapat melakukan beberapa parameter pemeriksaan seperti hemoglobin, eritrosit, indeks eritrosit, leukosit, trombosit, dan hematokrit (Arin dkk., 2023).

2) Prinsip

Ada beberapa prinsip *hematology analyzer*, diantaranya adalah:

(a). *Elektrical impedance*/ impedansi listrik

Prinsip impedansi listrik yaitu darah diencerkan dalam larutan elektrolit (buffer). Laju aliran spesimen yang telah diencerkan ini dikendalikan oleh *mercury siphon*. Hal ini menghasilkan sejumlah volume terukur dari spesimen yang selanjutnya akan melewati suatu tabung apertur dengan dimensi tertentu (misalnya, dimensi : 100 mm dan panjang : 70 mm). Adanya sumber listrik konstan dimana arus searah (DC) dipertahankan pada dua elektroda, satu di dalam wadah

spesimen atau ruang sekitar tabung apertur dan yang lainnya di dalam tabung apertur itu sendiri. Ketika sel-sel darah melewati apertur, sel-sel ini menggeser sebagian dari cairan penghantar dan meningkatkan resistansi listrik. Hal ini menghasilkan perubahan potensial listrik antar dua elektroda. Tingginya pulsa listrik yang dihasilkan dari perubahan tersebut menunjukkan volume sel yang melewati apertur. Pulsa-pulsa ini dapat ditampilkan pada layar osiloskop. Pulsa-pulsa tersebut kemudian diteruskan ke sirkuit threshold yang dilengkapi dengan diskriminator amplitudo yang dapat memilih tinggi pulsa minimal yang akan dihitung. Tinggi pulsa tersebut digunakan untuk menentukan volume sel-sel darah (Bain dkk., 2017). Prinsip pengukuran untuk penghitungan partikel oleh instrumen *hematology analyzer* dengan prinsip impedansi listrik memungkinkan untuk penghitungan sel eritrosit, leukosit, dan trombosit (Wick dkk., 2011).

(b). *Flowcytometry* (sistem optik)

Prinsip dari *flowcytometry* adalah suspensi sel yang telah diencerkan mengalir melalui sebuah celah apertur sehingga sel-sel bergerak satu per satu tepat di depan sumber cahaya. Cahaya yang terlewat oleh sel-sel tadi akan tersebar dan cahaya yang tersebar ini kemudian dideteksi oleh sebuah

fotomultiplier atau fotodioda, yang mengubahnya menjadi impuls listrik lalu diakumulasikan dan dihitung. Jumlah cahaya yang tersebar sebanding dengan luas permukaan dan terhitung sebagai volume sel sehingga tinggi pulsa listrik dapat digunakan untuk memperkirakan volume sel. Sel-sel darah seperti eritrosit, leukosit dan trombosit dapat dihitung menggunakan prinsip *flowcytometry* ini (Bain dkk., 2017).

(c). Fotometrik

Pada *hematology analyzer*, pengukuran kadar hemoglobin menggunakan prinsip fotometrik. Pengukuran dapat dilakukan bersamaan dengan pengenceran leukosit, dimana hemoglobin yang dilepaskan akibat lisisnya eritrosit diubah menjadi derivat yang stabil (deoksihemoglobin, oksihemoglobin, karboksihemoglobin, hemoglobin, atau methemoglobin) dan diukur secara fotometrik, atau dapat juga dengan pengenceran terpisah menggunakan agen pelisis yang secara khusus dirancang untuk menentukan kadar hemoglobin. Prosedur kedua memiliki keunggulan dimana agen pelisis yang digunakan dapat dioptimalkan untuk pengukuran hemoglobin, sehingga tidak perlu memperhitungkan sensitivitas leukosit dan rasio pengenceran untuk menentukan kadar hemoglobin. Saluran

hemoglobin yang terpisah dengan agen pelisis hemoglobin dapat meminimalkan gangguan atau kesalahan akibat konsentrasi leukosit tinggi dibandingkan dengan metode fotometrik dimana proses pengukuran hemoglobin tergabung dengan penghitungan WBC (White Blood Cell) (Wick dkk., 2011).

Metode sianmethemoglobin merupakan metode yang dianjurkan oleh *International Committee for Standardization in Haematology* (ICSH) sebagai *gold standard* untuk pemeriksaan hemoglobin. Kelebihan dari metode ini adalah selain mudah dilakukan juga mempunyai standar yang stabil dan hampir semua hemoglobin dapat terukur kecuali sulf-hemoglobin (Faatih, 2017). Metode sianmethemoglobin telah dimodifikasi ke metode otomatis menggunakan *hematology analyzer* dimana keuntungannya adalah menggunakan reagen yang non-toksik tidak mengandung sianida, kemudian mampu mengukur semua turunan hemoglobin seperti oksihemoglobin, methemoglobin, dan karboksihemoglobin tetapi tidak mengukur sulfohemoglobin (ICSH, 1996).

3) Alat Sysmex XP-100

Alat Sysmex XP-100 merupakan alat *hematology analyzer* yang dipergunakan oleh Laboratorium Puskesmas Mergangsan yang memiliki spesifikasi seperti pada Tabel 3. sebagai berikut:

Tabel 3. Spesifikasi Sysmex XP-100

Parameter	- Sel darah putih, sel darah merah, Hb, HCT, MCV, MCH, MCHC, PLT, LYM% (W-SCR), - MXD% (W-MCR), NEUT% (W-LCR), LYM# (W-SCC), MXD# (W-MCC), - NEUT# (W-LCC), RDW-SD, RDW-CV, PDW, MPV, P-LCR, PCT
Teknologi	- Metode deteksi DC (WBC, RBC/PLT) - Metode deteksi hemoglobin non-sianida (HGB)
Hasil produksi	Sekitar 60 sampel per jam
Volume sampel	- Sekitar 50 μl (mode darah lengkap) - Sekitar 20 μl (mode pra-diencerkan)
Penyimpanan data	Hingga 35.000 sampel termasuk histogram
Kontrol kualitas	Sebanyak 6 file untuk masing-masing 60 set data (QC internal)
Dimensi/berat	- P x L x T (mm)/ (kg) 420x480x355 / sekitar 30 kg

Sumber: Sysmex, 2020



Gambar 3. Sysmex XP-100
Sumber: Dokumen Pribadi

7. Uji Diagnostik

Uji diagnostik dapat dilakukan dengan menentukan sensitivitas dan spesifisitas suatu metode yang dibandingkan dengan metode *gold standard* suatu parameter pemeriksaan (Siregar dkk., 2018).

a. Definisi sensitivitas dan spesifisitas.

Sensitivitas merupakan kemampuan tes untuk menunjukkan individu mana yang menderita sakit dari seluruh populasi yang benar-benar sakit. Sedangkan spesifisitas adalah kemampuan tes untuk menunjukkan individu mana yang tidak menderita sakit dari mereka yang benar-benar tidak sakit.

Sebuah metode pemeriksaan yang ideal adalah yang mempunyai sensitivitas dan spesifisitas tinggi yang berarti validitasnya juga tinggi (Siregar dkk., 2018). Ferrell (2020)

menjelaskan rentang interpretasi untuk sensitivitas dan/atau spesifisitas 90% - 100% dianggap baik hingga sangat baik, sedangkan 80% - 89% dianggap dapat diterima untuk pengukuran diagnostik. Sensitivitas dan spesifisitas dipengaruhi oleh *cut off point* untuk menentukan kriteria pembatas, yakni nilai berapa seseorang dikatakan sakit atau berpenyakit. *Cut off point* adalah nilai batas normal dan abnormal atau nilai batas hasil hasil uji positif dan negatif.

b. Penentuan sensitivitas dan spesifisitas

Penilaian suatu uji diagnostik dan penilaian dengan gold standard akan memberi kemungkinan hasil positif benar, positif semu, negatif semu dan negatif benar. Dalam penyajian hasil, keempat kemungkinan tersebut disusun dalam suatu tabel 2 x 2. Bila hasil positif benar disebut sel A, hasil positif palsu adalah sel B, hasil negatif palsu adalah sel C, dan hasil negatif benar adalah sel D (Tabel 4.). Dari tabel tersebut akan dapat diperoleh beberapa nilai yang menunjukkan berapa akurat suatu uji diagnostik dibanding dengan *gold standard* yang dipakai (Siregar dkk., 2018).

Tabel 4. Contoh Tabel 2 x 2 Hasil Pemeriksaan Metode Uji dan Metode *Gold Standard*

		<i>Metode Gold Standard</i>		
		Ya	Tidak	Jumlah
Metode Uji	Ya	A	B	A+B
	Tidak	C	D	C+D
	Jumlah	A+C	B+D	A+B+C+D

Sumber: Sastroasmoro, 1995 dalam Siregar dkk., 2018

Dari Tabel 4. di atas didapat nilai sebagai berikut:

1) Sensitivitas

Sensitivitas menunjukkan kemampuan suatu pemeriksaan untuk menyatakan positif pada orang yang sakit. Semakin tinggi sensitifitas suatu pemeriksaan maka semakin banyak mendapatkan hasil pemeriksaan positif pada orang yang sakit atau semakin sedikit jumlah negatif palsu. Sensitivitas yang baik adalah yang mendekati 100%. Sensitivitas dinyatakan dengan rumus, $\text{Sensitivitas} = A/(A+C)$ (Siregar dkk., 2018).

2) Spesifisitas

Spesifisitas menunjukkan kemampuan suatu pemeriksaan untuk menyatakan negatif pada orang yang tidak sakit. Semakin tinggi spesifisitas suatu pemeriksaan maka semakin banyak mendapatkan hasil pemeriksaan negatif pada orang yang tidak sakit atau semakin sedikit jumlah positif palsu. Spesifisitas yang

baik adalah yang mendekati 100%. Spesifisitas dinyatakan dengan rumus, $\text{Spesifisitas} = D/(B+D)$ (Siregar dkk., 2018).

3) Nilai Prediksi Positif

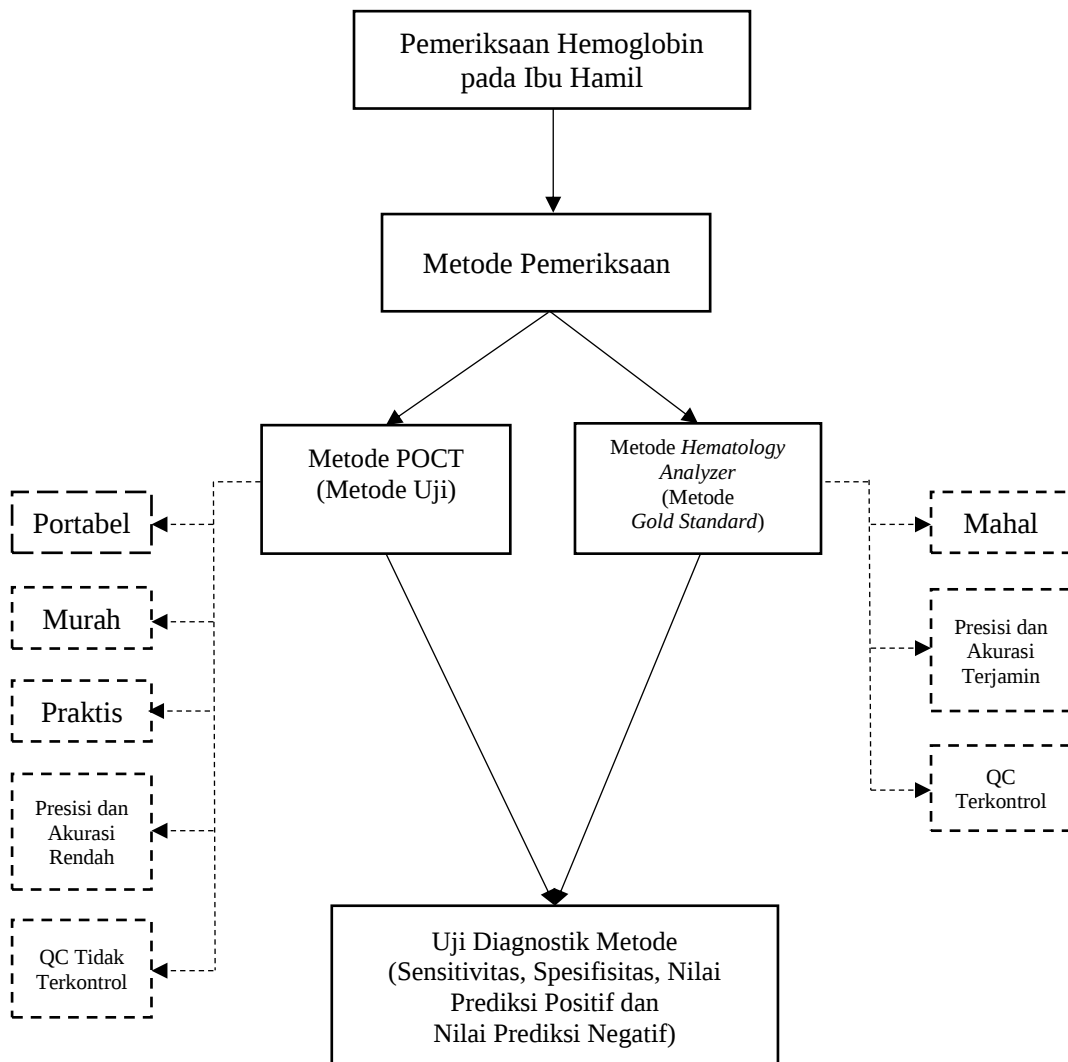
Nilai prediksi positif adalah probabilitas bahwa seorang pasien benar mengidap penyakit berdasarkan hasil tesnya memang positif (Mandrekar, 2010). Nilai Prediksi Positif dinyatakan dengan rumus, $\text{Nilai Prediksi Positif} = A/(A+B)$ (Siregar dkk., 2018).

4) Nilai Prediksi Negatif

Nilai prediksi negatif adalah probabilitas bahwa seorang pasien tidak mengidap penyakit berdasarkan hasil tesnya yang memang negatif (Mandrekar, 2010). Nilai Prediksi Negatif dinyatakan dengan rumus, $\text{Nilai Prediksi Negatif} = D/(C+D)$ (Siregar dkk., 2018).

B. Kerangka Teori

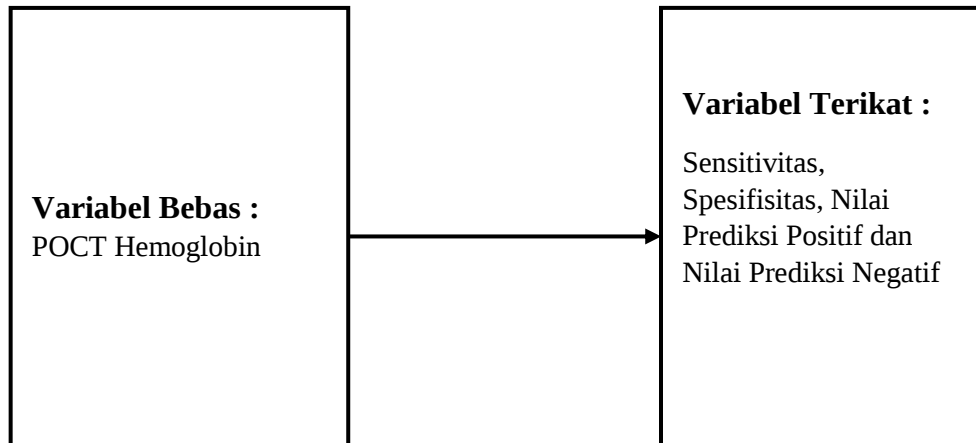
Kerangka teori penelitian ini ditunjukkan pada Gambar 4. dibawah ini



Gambar 4. Kerangka Teori Penelitian

C. Hubungan Antar-Variabel

Hubungan antar-variabel ditunjukkan pada Gambar 5. di bawah ini



Gambar 5. Hubungan Antar-Variabel

D. Hipotesis Penelitian

Terdapat nilai $<100\%$ untuk masing-masing sensitivitas, spesifisitas, nilai prediksi positif dan nilai prediksi negatif metode POCT untuk pemeriksaan hemoglobin pada ibu hamil di Puskesmas Mergangsan.