

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Hemoglobin

1. Definisi hemoglobin

Darah terdiri dari dua komponen, yakni komponen cair yang disebut plasma dan komponen padat yaitu sel-sel darah. Sel darah terdiri atas tiga jenis yaitu eritrosit, leukosit dan trombosit. Eritrosit memiliki fungsi yang sangat penting dalam tubuh manusia. Fungsi terpenting eritrosit ialah transport Oksigen (O₂) dan Karbondioksida (CO₂) antara paru-paru dan jaringan. Suatu protein eritrosit yaitu hemoglobin (Hb) memainkan peranan penting pada kedua proses transport tersebut (Gunadi, Mewo, dan Tiho, 2016).

Hemoglobin merupakan suatu protein tetramerik eritrosit yang mengikat molekul bukan protein, yaitu senyawa porfirin besi yang disebut heme. 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. Jumlah hemoglobin dalam eritrosit rendah, maka kemampuan eritrosit membawa oksigen ke seluruh jaringan tubuh juga akan menurun dan tubuh menjadi kekurangan O₂. Hal ini akan menyebabkan terjadinya anemia (Gunadi, Mewo, dan Tiho, 2016).

Hemoglobin adalah suatu senyawa protein dengan Fe yang dinamakan konjugat protein. Inti Fe dan rangka *protoporphyrin* dan globin (tetra phirin) menyebabkan warna darah merah. Hb berikatan dengan karbondioksida menjadi karboksi hemoglobin dan warnanya merah tua. Darah arteri mengandung oksigen dan darah vena mengandung karbondioksida (Sudikno dan Sandjaja, 2016).

Hemoglobin merupakan molekul yang terdiri dari kandungan heme (zat besi) dan rantai polipeptida globin (alfa, beta, gama, dan delta). Heme adalah gugus prostetik yang terdiri dari atom besi, sedangkan globin adalah protein yang dipecah menjadi asam amino. Hemoglobin terdapat dalam sel-sel darah merah dan merupakan pigmen pemberi warna merah sekaligus pembawa oksigen dari paru-paru keseluruh sel-sel tubuh. Setiap orang harus memiliki sekitar 15 gram hemoglobin per 100 ml darah dan jumlah darah sekitar lima juta sel darah merah permillimeter darah (Maretdiyani, 2013)

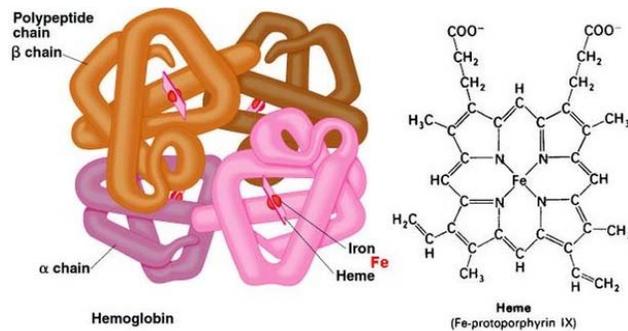
Hemoglobin adalah komponen utama sel darah merah atau eritrosit yang terdiri dari globin dan heme terdiri dari cincin porfirin dengan satu atom besi (ferro). Globin terdiri atas 4 rantai polipeptida yaitu 2 rantai polipeptida alfa dan 2 rantai polipeptida beta. Rantai polipeptida alfa terdiri dari 141 asam amino dan rantai polipeptida beta terdiri dari 146 asam amino (Norsiah, 2015).

2. Struktur hemoglobin

Hemoglobin adalah metalo protein pengangkut oksigen dari paru-paru ke jaringan di seluruh tubuh dan mengambil karbondioksida dari jaringan tersebut diibawa ke paru untuk dibuang ke udara bebas. Molekul hemoglobin terdiri dari globin, apoprotein, dan empat gugus heme suatu molekul organik dengan satu atom besi. Mutasi pada gen protein hemoglobin mengakibatkan suatu golongan penyakit menurun yang disebut hemoglobinopati, diantaranya yang paling sering ditemui adalah anemia sel sabit dan talasemia (Hasanan, 2018)

Hemoglobin tersusun dari empat molekul protein (*globulin chain*) yang terhubung satu sama lain. Hemoglobin normal orang dewasa (HbA) terdiri dari 2 alpha-globulin chains dan 2 beta-globulin chains (Estridge dan Reynolds 2012).

Pusat molekul hemoglobin terdapat cincin heterosiklik yang dikenal dengan porfirin yang menahan satu atom besi, atom besi ini merupakan ikatan oksigen. Porfirin yang mengandung besi disebut heme. Tiap subunit hemoglobin mengandung satu heme, sehingga secara keseluruhan hemoglobin memiliki kapasitas empat molekul oksigen. Pada molekul heme inilah zat besi melekat dan menghantarkan oksigen serta karbondioksida melalui darah. Gugus heme yang menyebabkan darah berwarna merah. Gugus heme terdiri dari komponen anorganik dan pusat atom besi. Komponen organik yang disebut protoporfirin terbentuk dari empat cincin pirol yang dihubungkan oleh jembatan metana membentuk cincin tetrapiol. Empat gugus metil dan gugus vinil dan dua sisi rantai propionat terpasang pada cincin ini (Maretdiyani, 2013).



Sumber: (Sofro, *Darah*, 2012)

Gambar 1 Struktur Hemoglobin

Struktur Hb terdiri atas empat grup heme dan empat rantai polipeptida dengan total asam amino sebanyak 574 buah. Rantai polipeptidanya terdiri atas dua rantai α dan dua rantai β dengan masing-masing rantai berikatan dengan satu grup heme. Pada setiap rantai α terdapat 141 asam amino dan setiap rantai β terdapat 146 asam amino. Pada pusat molekul terdapat cincin heterosiklik yang dikenal dengan nama porfirin. Porfirin terbentuk dari empat cincin pirol yang

dihubungkan oleh suatu jembatan untuk membentuk cincin tetrapirrol. Pada cincin ini terdapat empat gugus mitral dan gugus vinil serta dua sisi rantai propionol. Porfirin yang menahan satu atom Fe disebut dengan nama heme. Pada molekul heme inilah Fe dapat melekat dan menghantarkan O₂ serta CO₂ melalui darah. (Maretdiyani, 2013)

3. Fungsi hemoglobin

Menurut Sherwood (2012) Hemoglobin mempunyai beberapa fungsi diantaranya:

- a. Mengatur pertukaran O₂ dan CO₂ dalam jaringan tubuh.

Hb adalah suatu molekul alosterik yang terdiri atas empat subunit polipeptida dan bekerja untuk menghantarkan O₂ dan CO₂. Hb mempunyai afinitas untuk meningkatkan O₂ ketika setiap molekul diikat, akibatnya kurva disosiasi berbelok yang memungkinkan Hb menjadi jenuh dengan O₂ dalam paru dan secara efektif melepaskan O₂ ke dalam jaringan.

- b. Mengambil O₂ dari paru-paru kemudian dibawa keseluruh jaringan tubuh untuk dipakai sebagai bahan bakar.

Hemoglobin adalah suatu protein yang kaya akan zat besi. Hemoglobin dapat membentuk oksihemoglobin (HbO₂) karena terdapatnya afinitas terhadap O₂ itu sendiri. Melalui fungsi ini maka O₂ dapat ditranspor dari paru-paru ke jaringan-jaringan

- c. Membawa CO₂ dari jaringan tubuh sebagai hasil metabolisme menuju ke paru-paru untuk dibuang.

Hemoglobin merupakan porfirin besi yang terikat pada protein globin. Protein terkonyugasi ini mampu berikatan secara reversible dengan O₂ dan

bertindak sebagai transpor O₂ dalam darah. Hemoglobin juga berperan penting dalam mempertahankan bentuk sel darah merah yang bikonkaf, jika terjadi gangguan pada bentuk sel darah ini, maka keluwesan sel darah merah dalam melewati kapiler menjadi kurang maksimal (Maretdiyani, 2013)

4. Kadar hemoglobin

Kadar hemoglobin adalah ukuran pigmen respiratorik dalam butiran-butiran darah merah. Jumlah hemoglobin dalam darah normal adalah kira-kira 15 gram setiap 100 ml darah dan jumlah ini biasanya disebut “100 persen”. Batas normal nilai hemoglobin untuk seseorang sukar ditentukan karena kadar hemoglobin bervariasi diantara setiap suku bangsa. WHO telah menetapkan batas kadar hemoglobin normal berdasarkan umur dan jenis kelamin (Hasanan, 2018)

Pengukuran kadar hemoglobin dalam darah adalah salah satu uji laboratorium klinis yang sering dilakukan. Pengukuran kadar hemoglobin digunakan untuk melihat secara tidak langsung kapasitas darah dalam membawa oksigen ke sel-sel di dalam tubuh. Pemeriksaan kadar hemoglobin merupakan indikator yang menentukan seseorang menderita anemia atau tidak (Estridge dan Reynolds 2012).

Tabel 1
Kadar Hemoglobin

No.	Kadar Hemoglobin	Umur
1.	16-23 g/dL,	bayi baru lahir
2.	10-14 g/dL	Anak-anak
3.	13-17 g/dL,	laki-laki dewasa
4.	12-16 g/dL,	wanita dewasa tidak hamil
5.	11-13 g/dL	wanita dewasa yang hamil

Sumber: (Estridge dan Reynolds, *Basic Medical Laboratory Techniques*, 2012)

Jika terjadi penurunan kadar hemoglobin maka akan menyebabkan terjadinya anemia. Anemia adalah suatu keadaan dimana kadar hemoglobin menurun, yang ditandai dengan gejala kelelahan, sesak napas, pucat dan pusing. sehingga tubuh akan mengalami hipoksia sebagai akibat kemampuan kapasitas pengangkutan oksigen dari darah berkurang (Evelyn, 2009).

5. Proses pembentukan hemoglobin

Hemoglobin disintesis pada stadium eritroblast sebanyak 65% dan pada stadium retikulosit sebanyak 35%. Sintesis hemoglobin banyak terjadi dalam mitokondria oleh sederet reaksi biokimia yang dimulai dengan kondensasi glisin dan suksinil koenzim A di bawah aksi enzim *amino laevulinic acid* (ALA) - sintetase. Vitamin B6 adalah koenzim untuk reaksi ini yang dirangsang oleh eritropoetin dan dihambat oleh hem. Akhirnya protoporphyrin bergabung dengan besi untuk membentuk hem yang masing-masing molekulnya bergabung dengan rantai globin. Tetramer dengan masing-masing gugus hemnya sendiri terbentuk dalam kantong untuk membangun molekul hemoglobin (Rumiyati, 2010).

Pembentukan *heme* dimulai di mitokondria melalui reaksi antara *Glycine* dan *succinyl-CoA* membentuk senyawa *aminolevulinic acid* (ALAD). Enzim ALAD yang terbentuk kemudian keluar ke sitosol dan dengan perantara enzim ALAD *dehydratase* membentuk *porphobilinogen* yang merupakan prazat pertama pirol. ALAD *dehydratase* sangat sensitif terhadap inhibisi oleh timbal (Adiwijayanti, 2015).

Empat porphobilinogen berkondensasi membentuk tetrapirrol linier yaitu hidroksi metil bilana yang dikatalisis oleh enzim PBG deaminase. Hidroksi metil bilana selanjutnya mengalami siklisasi spontan membentuk uroporfirinogen I

yang simetris atau diubah menjadi uroporfirinogen III yang asimetris dan membutuhkan enzim tambahan yaitu uroporfirinogen III kosintase pada kondisi normal hampir selalu terbentuk uroporfirinogen III. Uroporfirinogen III selanjutnya mengalami dekarboksilasi membentuk *Corproporfirin* yang dikatalisis oleh enzim uroporfirinogen dekarboksilase (Adiwijayanti, 2015).

Corproporfirin masuk ke dalam mitokondria serta mengalami dekarboksilasi dan oksidasi. Reaksi ini dikatalisis oleh *Corproporfirin* oksidase dan membentuk protoporphyrinogen. Protoporphyrinogen selanjutnya mengalami proses penyatuan dengan Fe^{++} melalui suatu reaksi yang dikatalisis oleh ferrochelataze membentuk heme. Heme bereaksi dengan globin membentuk hemoglobin (Adiwijayanti, 2015).

6. Faktor-faktor yang mempengaruhi kadar hemoglobin

Menurut Estridge dan Reynolds (2012) kadar hemoglobin dalam darah dapat dipengaruhi berbagai faktor, antara lain :

a. Usia

Kadar hemoglobin menurun berdasarkan peningkatan usia. Kadar hemoglobin terlihat menurun mulai dari usia 50 tahun ke atas, namun dibebberapa kondisi kadar hemoglobin pada anak-anak menurun drastis diakibatkan kebutuhan zat besi yang lebih banyak untuk pertumbuhannya

b. Jenis kelamin

Dalam keadaan normal, laki-laki memiliki kadar hemoglobin lebih tinggi daripada perempuan. Hal ini dipengaruhi oleh fungsi fisiologis dan metabolisme laki-laki yang lebih aktif daripada perempuan. Kadar hemoglobin perempuan lebih mudah turun, karena mengalami siklus menstruasi yang rutin setiap

bulannya. Ketika perempuan mengalami menstruasi banyak terjadi kehilangan zat besi, oleh karena itu kebutuhan zat besi pada perempuan lebih banyak dari pada laki-laki.

c. Logam berat

Logam berat yang masuk ke tubuh melalui pernafasan akan langsung berinteraksi dengan darah, sebagai contoh adalah timbal. Timbal yang masuk ke dalam tubuh dapat berasal dari pencemaran udara dan rokok (Gusnita, 2012). Timbal yang telah masuk kedalam tubuh akan didistribusi ke dalam darah sebesar 95% yang terikat pada sel darah merah dan sisanya terikat pada plasma darah. Sistem hematopoetik sangat peka terhadap efek timbal, yaitu menghambat sebagian besar enzim yang berperan dalam pembentukan *heme*. Enzim yang terlibat dalam pembentukan *heme*, enzim ALAD dan *ferrochelatase*, sangat rentan terhadap efek penghambatan oleh timbal. Inhibisi pada enzim ALAD berhubungan dengan konsentrasi timbal dalam darah. Hampir 50% aktivitas enzim ini dihambat pada kadar timbal dalam darah sebesar 15 µg/dL.

d. Merokok

Merokok merupakan salah satu faktor penting yang mempengaruhi kadar hemoglobin. Rokok mengandung banyak zat beracun dan komponen yang menyebabkan kanker dan berbahaya bagi kesehatan, seperti nikotin, nitrogen oksida, karbonmonoksida, hidrogen sianida dan radikal bebas. Karbonmonoksida 245 kali lebih mudah berikatan dengan hemoglobin dibandingkan oksigen dengan hemoglobin (Goel, Deepak, dan Gaur, 2010). Karbonmonoksida yang berikatan dengan hemoglobin membentuk

karboksilhemoglobin (COHb) yang dalam keadaan normal jumlahnya di dalam darah sangat rendah (Asif, dkk, 2013). Kadar karboksilhemoglobin yang tinggi pada perokok menyebabkan rendahnya penyerapan oksigen oleh tubuh, oleh karena itu tubuh merespon keadaan ini dengan meningkatkan kadar hemoglobin (Milman dan Agnes, 2009).

e. Lama kerja

Seseorang yang bekerja di tempat dengan pajanan logam berat seperti timbal, mungkin timbulnya dampak kesehatan. Hal ini terjadi karena penumpukan logam berat dalam darahnya. Semakin lama orang tersebut bekerja maka semakin bertambah jumlah pajanan yang diterima. Timbal memiliki waktu paruh di dalam darah kurang dari 25 hari, pada jaringan lunak 40 hari sedangkan pada tulang 25 tahun. Ekskresi yang lambat ini menyebabkan timbal mudah terakumulasi dalam tubuh, baik pada pajanan okupasional maupun non-okupasional.

f. Penggunaan APD saat bekerja

Penggunaan Alat Pelindung Diri (APD) bukan untuk mencegah kecelakaan namun untuk mengurangi keparahan apabila terjadi kecelakaan. Penggunaan APD pun telah diatur oleh Pemerintah dalam Permenakertrans No/PER/08/MEN/VII/2010 tentang Alat Pelindung Diri yang menyebutkan bahwa Alat Pelindung Diri diberikan secara cuma-cuma kepada pekerja maupun orang lain yang memasuki tempat kerja. Penggunaan APD disesuaikan dengan kegunaan atau bahaya yang mengancam. Pekerja percetakan membutuhkan APD untuk melindungi tubuh dari paparan timbal. (Nenotek, 2019)

7. Dampak kadar hemoglobin yang rendah

Menurut Fajriah dan Fitrianto (2016) Dampak akut dari kekurangan hemoglobin antara lain:

- a. Sering pusing, merupakan respon dari sistem saraf pusat akibat otak sering mengalami periode kekurangan pasokan oksigen yang di bawa hemoglobin terutama saat tubuh memerlukan energi yang banyak.
- b. Mata berkunang-kunang, merupakan respon dari saraf pusat akibat kurangnya oksigen ke otak dan mengganggu pengaturan saraf mata.
- c. Napas cepat atau sesak napas, merupakan respon dari sistem kardiovaskular. Hemoglobin rendah, maka kebutuhan oksigen untuk otot jantung juga berkurang dan kompensasinya menaikkan frekuensi nafas.
- d. Pucat, merupakan respon dari jaringan epitel, hemoglobin yang mewarnai sel darah menjadi merah akan tampak pucat karena kekurangan yang ekstrim.
- e. Selain akibat akut yang ditimbulkan akibat kekurangan hemoglobin, terdapat dampak kesehatan yang lebih berbahaya jika tidak dilakukan upaya meningkatkan kadar hemoglobin menjadi normal seperti anemia.

B. Timbal

Timah hitam atau timbal memiliki rumus kimia Pb, tergolong kedalam logam berat, yang dalam sistem periodik unsur ini terletak pada unsur golongan IV A periode ke 6. Timbal merupakan logam yang dalam bentuk padat berwarna abu-abu mengkilat. Timbal yang juga dikenal dengan nama timah hitam (*lead=plumbum*), disimbolkan dengan Pb memiliki nomor atom 82 dan termasuk salah satu logam berat yang dapat mencemari lingkungan dan memiliki sifat beracun serta berbahaya bagi kehidupan makhluk hidup dan

jumlahnya mengalami peningkatan di lingkungan pada 3 abad terakhir karena aktivitas manusia. (Ardillah, 2016)

Menurut Ardillah (2016) timbal merupakan logam berat beracun yang terutama mempengaruhi sistem saraf hematopoietik, ginjal dan saraf pusat. Timbal terakumulasi dalam tubuh dan disimpan dalam tulang dan terpaparnya timbal dapat terjadi karena konsumsi makanan, air, tanah dan debu. Timbal atau timah hitam adalah satu unsur logam berat yang lebih tersebar luas dibanding lebih dari sebagian logam toksik lainnya. Timbal berupa serbuk berwarna abu-abu gelap digunakan antara lain sebagai bahan produksi baterai dan amunisi, komponen pembuatan cat, pabrik tetraethyl lead, pelindung radiasi, lapisan pipa, pembungkus kabel, gelas keramik, barang-barang elektronik, tube atau kontainer, juga dalam proses mematri.

C. Metabolisme timbal dalam tubuh

Timbal masuk ke dalam tubuh manusia melalui saluran pernafasan, saluran pencernaan dan dermal. Saluran pernafasan merupakan jalur pemajanan terbesar dengan tingkat absorpsi mencapai 40%. Absorpsi timbal melalui saluran pencernaan hanya 5-10%. Timbal yang telah masuk kedalam tubuh akan didistribusi ke dalam darah sebesar 95% yang terikat pada sel darah merah, dan sisanya terikat pada plasma darah. Timbal sebagian akan disimpan pada jaringan lunak dan tulang. Eksresi terutama melalui ginjal dan saluran pencernaan. Timbal yang diabsorpsi diangkut oleh darah ke organ tubuh. 95% timbal akan diikat oleh eritrosit dalam darah, 90% diikat oleh tulang, sisanya terdeposit dalam jaringan lunak (hati, ginjal dan saraf). Waktu tinggal timbal dalam darah yaitu 35 hari,

pada jaringan lunak selama 40 hari, tulang trabekular selama 3-4 tahun, dan komponen kortikal tulang selama 16-20 tahun (Lubis, 2013)

Setiap satu molekul hemoglobin mengikat 4 molekul O₂ atau 8 atom oksigen. Karena Pb 90% tersimpan di tulang maka, dengan adanya Pb pada sumsum tulang akan bersifat inhibitor dalam reaksi enzimatik dengan menghambat enzim ALAD dan ferrokhelatase yang berperan dalam sintesis hemoglobin. Tingginya kadar Pb dalam darah dapat menghambat proses pembentukan hemoglobin. Hal ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Riskiawati (2012), yang menunjukkan bahwa adanya hubungan antara Pb darah dengan kadar hemoglobin darah.

D. Percetakan

1. Definisi percetakan

Percetakan atau proses mencetak merupakan teknologi atau seni yang memproduksi salinan cepat, seperti kata-kata atau gambar-gambar di atas kertas, kain dan lainnya. Setiap harinya milyaran bahan cetak diproduksi, termasuk buku, kalender, surat kabar, poster, undangan, dan bahan lain (Adiwijayanti, 2015).

Menurut Coleman (2010), industri pengolahan didalamnya terdapat industri printing digital media dan grafika. Industri printing sendiri dapat dibagi menjadi tiga kategori yaitu printing komersial, label dan lain-lain. Media cetak merupakan media tertua yang ada di muka bumi. Media cetak berawal dari media yang disebut dengan Acta Diuna dan Acta Senatus di kerajaan romawi, kemudian berkembang pesat setelah Johannes Gutenberg menemukan mesin cetak hingga kini sudah beragam bentuknya, seperti surat kabar, tabloid, dan majalah. Percetakan adalah

sebuah proses industri untuk memproduksi massal tulisan dan gambar, terutama dengan tinta di atas kertas menggunakan sebuah mesin cetak. Percetakan merupakan bagian penting dalam penerbitan dan percetakan transaksi. Percetakan (printing) merupakan salah satu format media primer yang sulit dicari penggantinya selama lebih dari 500 tahun. Printing bahkan dianggap sebagai salah satu kebutuhan primer manusia.

2. Jenis – jenis percetakan

Industri printing sendiri menurut Coleman (2010) dapat dibagi menjadi tiga kategori yaitu printing komersial, label dan lain-lain. Untuk kategori printing komersial dibagi lagi menjadi beberapa sub kategori antara lain:

- a. General commercial
- b. Quick printing
- c. Newspaper printing
- d. Book printing
- e. Financial, legal printing
- f. Screen printing
- g. Digital printing

Pada pencetakan surat kabar (news paper printing) biasanya menggunakan sistem cetak rotasi (gulungan) dengan kecepatan yang sangat tinggi (sekitar 800 - 15000 f.p.m), sehingga pengeringan dengan lapisan tinta yang tipis. Oleh karena itu jenis tinta yang digunakan bersifat non drying oil. Cetak Rotasi merupakan teknik mencetak kertas gulungan pada kedua sisinya secara bersamaan dan langsung melipatnya.

3. Jenis tinta pada percetakan koran

Tinta adalah salah satu komponen yang sangat penting dalam industri percetakan koran. Pemilihan tinta dapat mempengaruhi kualitas cetakan. Salah satu kualitas cetakan dapat dilihat dari komposisi warna yang tercetak pada kertas. Dan kualitas cetak yang baik akan menaikkan daya kompetisi koran. Tinta sebagai salah satu material industri koran dapat diperoleh dari beberapa suplier tinta. Selain karakteristik tinta yang dapat mempengaruhi kualitas cetak. (Adhi dan Susanto, 2013)

Menurut (Adhi dan Susanto, 2013) terdapat 2 jenis tinta yang digunakan dalam percetakan Koran yaitu :

a. Tinta koran rotasi

Tinta ini sangat sederhana, pada prinsipnya terdiri dari minyak mineral dan pigmen. Tinta ini tidak mengandung bahan pelarut yang menguap. Selain pigmen yang tidak dapat larut (lengas gas atau jenis-jenis lengas yang lain), tinta ini mengandung zat yang disebut toner, ialah bahan pewarna biru atau ungu. Maksud dari toner ini adalah untuk menetralkan warna yang bernada kecoklat-coklatan yang menjadi sifat dari sebagian besar macam lengas. Minyak mineral yang digunakan untuk tinta koran, sering dilarutkan sejenis damar. Damar ini bukan bahan pengikat, karena setelah pencetakan tetap larut dan tak menunjukkan pengikatan pada pigmen. Cocok untuk bahan kertas yang mempunyai daya serat tinggi.

b. Tinta koran hitam

Tinta ini lebih kental dibanding tinta koran rotasi yang dapat dikatakan encer. Bila pada mesin rotasi digunakan tinta kental, maka kertas koran akan

robek karena tertarik oleh tinta itu. Tinta kerja (smout) erat sekali ikatannya dengan tinta koran hitam, tetapi di samping minyak mineral, mengandung pula vernis lena dalam prosentase tertentu. Tinta hitam kerja terutama digunakan untuk mencetak barang cetakan perdagangan (handelsdrukwerk).

E. Penetapan Kadar Hemoglobin

1. Metode skala warna bertingkat (*Tallquist*)

Prinsip metode pemeriksaan ini adalah membandingkan darah asli dengan suatu skala warna yang bertingkat mulai dari warna merah muda sampai warna merah tua. Metode ini tidak dianjurkan untuk digunakan karena akurasi kurang dan tingkat kesalahannya antara 25-50%. Metode ini sudah jarang digunakan, kadang-kadang digunakan dalam keadaan darurat. (Faatih, dkk, 2017)

2. Metode Sahli

Pada cara ini hemoglobin diubah menjadi hematin asam, kemudian warna yang terjadi dibandingkan secara visual dengan standard dalam alat itu. Cara sahli ini bukanlah cara yang teliti. Kelemahan metode ini yaitu kalorimetri visual tidak teliti, hematin asam bukan merupakan larutan sejati dan bahwa alat itu tidak dapat distandarkan. Cara ini juga kurang baik karena tidak semua hemoglobin diubah menjadi hematin asam seperti karboksihemoglobin, methemoglobin dan sulfhemoglobin (Gandasoebrata, 2013).

3. Metode gravitasi (kupri sulfat)

Prinsip metode ini adalah dengan menetapkan kadar minimum yang ditentukan dengan setetes darah yang tenggelam dalam larutan kupri sulfat dengan berat jenis 1.053. Metode ini dahulu dipakai untuk menetapkan kadar Hb donor yang diperlakukan dalam transfusi. Tidak dapat menetapkan kadar Hb dengan

tepat, untuk pemeriksaan klinik cara kupri sulfat tidak dapat digunakan. (Faatih, dkk, 2017)

4. Metode *cyanmenthemoglobin*

Hemoglobin darah diubah menjadi *Cyanmenthemoglobin* (hemoglobinsianida) dalam larutan yang berisi kalium ferrisianida dan kalium sianida. Absorbansi larutan diukur pada gelombang 540 nm atau filter hijau. Larutan drabkins yang dipakai pada cara ini mengubah hemoglobin, oksihemoglobin, methemoglobin dan karboksihemoglobin menjadi sianmethemoglobin. Sullhemoglobin tidak berubah dan karena itu tidak ikut diukur. Cara ini sangat baik digunakan untuk laboratorium rdan sangat dianjurkan untuk penetapan kadar hemoglobin dengan teliti karena standard sianmethemoglobin yang ditanggung kadarnya bersifat stabil dan dapat dibeli. Ketelitian cara ini dapat mencapai $\pm 2\%$ (Gandasoebrata, 2013).

5. Metode *azidemet Hb (POCT)*

Prinsip metode pemeriksaan ini adalah eritrosit yang terhemolisis akan mengeluarkan Hb kemudian diubah menjadi metHb dan digabungkan dengan azide untuk membentuk azidemetHb. Absorban diukur pada panjang gelombang 570 nm dan 880 nm. Absorban yang diukur berbanding lurus dengan kadar Hb. Kelebihan dari metode ini yaitu pemeriksaan dilakukan berdekatan dengan penderita sehingga pengerjaan lebih cepat, mengurangi kesalahan pra analitik misalnya pada sampel darah pasien hipoglikemia yang tidak segera diperiksa, tidak perlu penanganan sampel tambahan, hanya perlu sedikit sampel serta tidak memerlukan tenaga khusus. Kekurangannya adalah biaya pemeriksaan lebih mahal dibandingkan metode konvensional, volume darah yang sedikit

mempengaruhi dapat ketepatan hasil pemeriksaan, dan belum terkoneksi dengan laboratory information system. (Estridge dan Reynolds, 2012)

6. Metode *Flow Cytometri Hematology Analyzer*

Sel-sel dari sampel masuk dalam suatu flow chamber, dibungkus oleh cairan pembungkus. Sel-sel dialirkan melewati suatu celah atau lubang dengan ukuran kecil yang memungkinkan sel lewat satu demi satu kemudian dilakukan proses pengukuran. Aliran yang keluar sel tersebut kemudian melewati medan listrik dan dipisahkan menjadi tetesan-tetesan sesuai dengan muatannya. Tetesan-tetesan yang telah terpisah ditampung ke dalam beberapa saluran pengumpul yang terpisah. Apabila cahaya tersebut mengenai sel, akan dihamburkan, dipantulkan, atau dibiaskan ke semua arah. Beberapa detector yang diletakkan pada sudut-sudut tertentu akan menangkap berkas-berkas sinar sesudah melewati sel sehingga dapat diperoleh jumlah sel (Ariati, 2013).