

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tinjauan Tentang Darah

Darah adalah jaringan cair yang terdiri atas dua bagian. Bahan interaseluler adalah cairan yang disebut plasma dan didalamnya terdapat unsur-unsur padat, yaitu sel darah. Volume darah secara keseluruhan kira-kira satu perdua belas berat badan atau kira-kira 5 liter. Sekitar 55 persennya cairan, sedangkan 45 persen sisanya terdiri atas sel darah. Angka ini dinyatakan dalam nilai hematokrit atau volume sel darah yang dipadatkan dengan berkisar antara 40-47 %. Pada waktu sehat volume darah konstan, dan sampai batas tertentu oleh tekanan osmotik dalam pembuluh darah dan dalam jaringan (Pearce, 2009).

Darah merupakan alat untuk komunikasi metabolik diantaranya organ-organ tubuh, darah juga sebagai alat untuk mengangkut oksigen dari paru-paru ke jaringan dan mengangkut CO₂ yang terbentuk selama metabolisme respirasi jaringan ke paru-paru untuk diekskresi (Thenawidjaja, 1994).

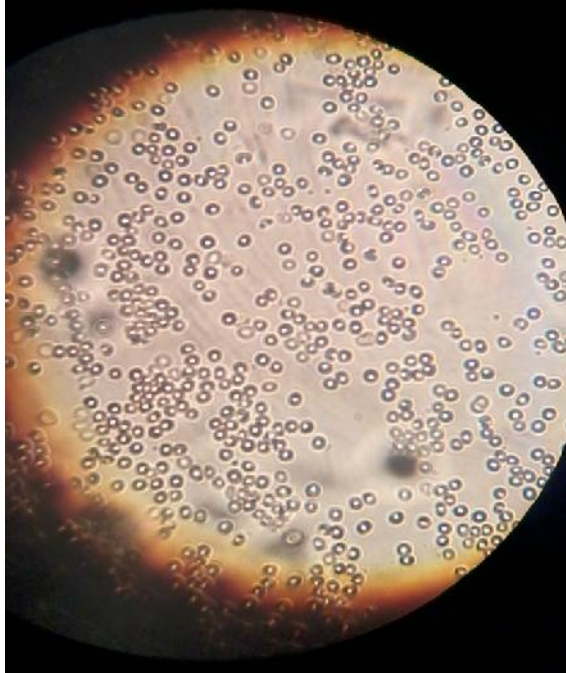
Fungsi utama darah adalah untuk transportasi, sel darah merah tetap berada dalam system sirkulasi dan mengandung pigmen pengangkut hemoglobin. Sel darah putih bertanggung jawab terhadap pertahanan tubuh dan diangkut oleh darah ke bagian jaringan tempat sel tersebut melakukan fungsi fisiologisnya. Trombosit berperan untuk mencegah kehilangan darah akibat perdarahan dan melakukan fungsi utamanya di dinding pembuluh darah (Richard, 2004).

2.1.1 Komponen Darah

1. Sel darah merah (eritrosit)

Eritrosit adalah sel darah merah yang mengandung hemoglobin , yang berfungsi untuk mengangkut oksigen dari paru-paru ke jaringan dan membawa karbondioksida dari jaringan keparu-paru. Eritrosit berbentuk cakram bikonkaf, cekung pada kedua sisinya, sehingga dilihat dari samping nampak seperti dua buah bulan sabit yang saling bertolak belakang. Kalau dilihat satu persatu warnanya kuning tua pucat, tetapi dalam jumlah besar kelihatan merah dan memberi warna pada darah (Pearce, E.C, 1979). Sel darah merah tidak memiliki inti sel, mitokondria dan ribosom, serta tidak dapat bergerak. Sel ini tidak dapat melakukan mitosis, atau pembentukan protein. Eritrosit hidup selama 74-154 hari (Gibson, 2003).

Sel darah merah yang tua akhirnya akan pecah menjadi partikel-partikel kecil didalam hati dan limpa. Sebagian besar sel tua dihancurkan oleh limpa yang lolos dihancurkan oleh hati. Hati menyimpan kandungan zat besi dari hemoglobin yang kemudian diangkut oleh darah ke sumsum tulang untuk membentuk sel darah merah yang baru. Persediaan sel darah merah di dalam tubuh diperbarui setiap empat bulan sekali (Anonim C, 2010.)



Gambar 2.1 Sel Darah Merah (Eritrosit) (Anonim 2015)

2. Sel darah putih (leukosit)

Bentuknya dapat berubah-ubah, mempunyai bermacam-macam inti sel, sehingga leukosit dapat dibedakan menurut inti selnya serta warnanya bening (tidak berwarna) (Handayani,2008). Dalam setiap millimeter kubik darah dapat terdapat 6.000 sampai 10.000 (rata-rata 8.000) sel darah putih (Pearce,2011). Sel darah putih terdiri atas:

a. Neutrofil

Netrofil adalah granula yang tidak berwarna mempunyai inti sel yang terangkai, kadang seperti terpisah-pisah, protoplasmanya banyak berbintik-bintik halus/granula, serta banyaknya sekitar 60-70% (Handayani,2008). Peranan netrofil adalah untuk pertahanan hospes, maka jumlah netrofil absolute yang kurang dari 1000/mm³ mempengaruhi individu terhadap infeksi. Jumlah dibawah 500/mm³ merupakan predisposisi terhadap infeksi yang mengancam kehidupan

yang sangat berbahaya. Netroponia dapat diakibatkan oleh pembentukan netrofil yang tidak efektif dan gangguan pembentukan netrofil.

b. Eosinofil

Eosinofil adalah granula berwarna merah dengan perwarnaan asam, ukuran dan bentuknya hampir sama dengan neutrofil, tetapi granula dalam sitoplasmanya lebih besar, banyaknya kira-kira 24% (Handayani, 2008). Dalam keadaan normal, eosinofil ini merupakan 2-3% dari seluruh jumlah sel darah putih yang terdapat dalam darah. Sel eosinofil mempunyai daya fagositosis yang lemah. Eosinofil mengandung berbagai enzim yang menghambat mediator inflamasi akut. Eosinofil dianggap dapat mendetoksifikasi yang dapat menyebabkan radang yang dilepaskan oleh sel mast dan sel basofil dan mungkin juga oleh jaringan-jaringan yang rusak, jadi mencegah penyebaran proses radang local.

c. Basofil

Basofil granula berwarna biru dengan perwarnaan basa, sel ini lebih kecil daripada eosinofil, tetapi mempunyai inti yang bentuknya terarut, dalam protoplasmanya terdapat granula-granula yang besar, banyaknya kira-kira 0,5% di sumsum merah.

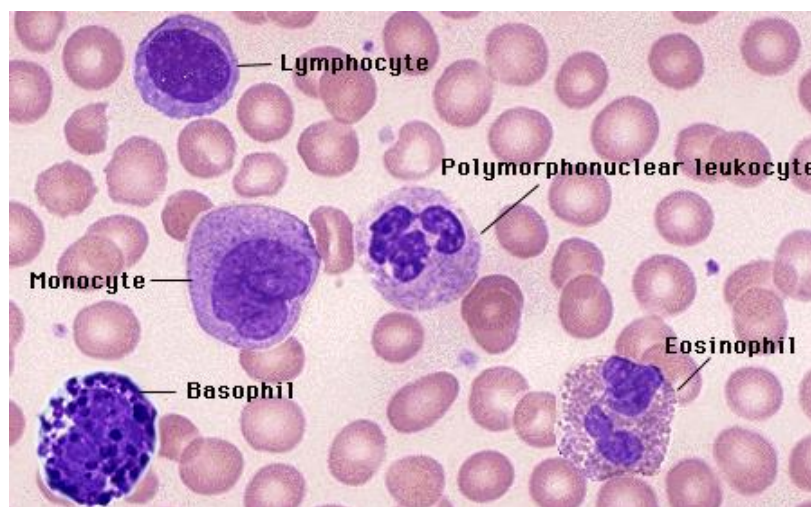
d. Limfosit

Limfosit yaitu memiliki nucleus besar bulat dengan menempati sebagian besar sel limfosit berkembang dalam jaringan limfe. Ukuran dari 7 sampai 15 mikron. Banyaknya 20-25% dan fungsinya membunuh dan memakan bakteri yang masuk ke dalam jaringan tubuh.

e. Monosit

Monosit ukurannya lebih besar dari limfosit, protoplasmanya besar, warna biru sedikit abu-abu, serta mempunyai bintik-bintik sedikit kemerahan. Inti selnya bulat atau panjang. Monosit dibentuk dalam sumsum tulang (Handayani, 2008). Monosit merupakan 5-8 % dari jumlah leukosit dalam darah tetapi yang ada dalam sirkulasi hanya merupakan sebagian kecil saja dari seluruh cadangan dari sel ini. Monosit berasal dari sel induk yang sama dengan sel induk granulosit. Sel ini mengalami maturasi didalam sumsum tulang, beredar sebentar kemudian masuk ke dalam jaringan dan media makrofag. Ciri monosit adalah sel berukuran besar (16-20 μm) kromatin inti jelas, inti memanjang berlekuk atau terlipat dan sitoplasmanya banyak, berwarna biru keabu-abuan dan tembus pandang. Umur monosit adalah beberapa minggu sampai beberapa bulan.

Monosit memiliki fungsi fagosit, membuang sel-sel cedera atau mati. Fragmen-fragmen sel dan mikroorganisme. Monositosis adalah kenaikan hitung monosit darah diatas $0,8 \times 10^9/\text{L}$. Keadaan ini mungkin terjadi karena infeksi bakteri kronis, penyakit protozoa, neutropenia kronis, penyakit Hodgkin serta leukemia mielomonositik dan monositik (Warsito, 2007).



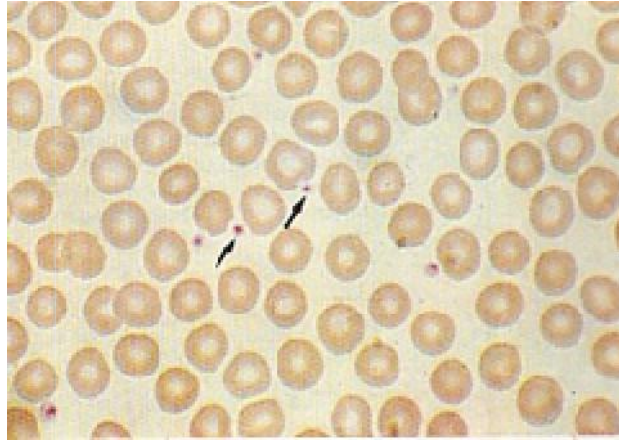
Gambar 2.2 Sel Darah Putih (Leukosit) (Anonim 2015)

3. Platelet (Trombosit)

Trombosit adalah sel kecil kira-kira sepertiga ukuran sel darah merah. Terdapat 300.000 trombosit dalam setiap millimeter kubik darah berperan sangat penting dalam penggumpalan darah (Handayani,2008). Penggumpalan trombosit terjadi melalui beberapa tahap yaitu adesi trombosit, agregasi trombosit dan reaksi pelepasan. Apabila pembuluh darah luka, maka sel endotel akan rusak sehingga jaringan ikat bawah endotel akan terbuka. Hal ini akan mencetuskan adesi trombosit yaitu suatu proses dimana trombosit melekat pada permukaan asing terutama serat kolagen.

Trombosit juga akan melekat pada trombosit lain dan proses ini disebut sebagai trombosit. Selama proses agresi, terjadi perubahan bentuk cakram menjadi bulat disertai pembentukan pseudopodi. Akibat perubahan bentuk ini maka granula trombosit akan terkumpul ditengah dan akhirnya akan melepaskan isinya.

Masa agregasi trombosit akan melekat pada endotel, sehingga akan membentuk sumbat trombosit yang dapat menutup luka pada pembuluh darah. Tahap terakhir untuk menghentikan perdarahan adalah pembentukan sumbat trombosit yang stabil melalui pembentukan fibrin. Jumlah trombosit darah normal dalam setiap millimeter kubik darah adalah 140.000-400.000 dan rata berkisaran 350.000 (Warsito, 2007).



Gambar 2.3 Trombosit (yang ditunjuk anak panah)

(Anonim 2015)

2.2 Tinjauan Tentang Hemoglobin

2.2.1 Pengertian Hemoglobin

Hemoglobin adalah protein yang kaya akan zat besi. Hemoglobin memiliki afinitas (daya gabung) terhadap oksigen, dengan oksigen itu membentuk oksihemoglobin didalam sel darah merah. Dengan melalui fungsi ini maka oksigen dibawa dari paru-paru ke jaringan-jaringan. Jumlah hemoglobin dalam darah normal kira-kira 15 gram setiap 100 ml darah, dan jumlah ini biasanya disebut “100 persen” (Pearce, 2011).

Hemoglobin adalah metaloprotein (protein yang mengandung zat besi) didalam sel darah merah yang berfungsi sebagai pengangkut oksigen dari paru-paru ke seluruh tubuh, pada mamalia dan hewan lainnya. Hemoglobin juga pengusung karbon dioksida kembali menuju paru-paru untuk dihembuskan keluar tubuh.

Molekul hemoglobin terdiri dari globin, apoprotein, dan empat gugus heme, suatu molekul organik dengan satu atom besi molekul hemoglobin tersusun dari empat sub unit yaitu 2 rantai α dan 2 rantai β . Masing-masing globin membentuk

sebuah molekul kantong untuk molekul heme sehingga memiliki kapasitas mengikat sampai empat molekul oksigen. 2,3 Difosfoglisarat mengikat 2 rantai untuk menstabilkan molekul saat molekul berada dalam keadaan terdeoksigenasi (Sacher dan Mc. Phearson, 2004 dalam sumarmi). Setiap gram hemoglobin mengandung 1,3ml oksigen. 97% oksigen yang dibawa dari paru-paru dan hanya 3% yang larut dalam plasma. Sehingga hemoglobin merupakan mengangkut utama oksigen didalam tubuh (Guyton, 1996).

Pada orang dewasa normal 2 subunit mengandung polipeptida rantai sedangkan subunit lainnya mengandung polipeptida , sehingga hemoglobin jenis ini disebut hemoglobin A dengan kode $\alpha_2\beta_2$. Namun pada darah orang dewasa ditemukan sekitar 2,5% hemoglobin dengan polipeptida rantai yang disubtitusikan polipeptida rantai (Ganong, 1999).

Hemoglobin yang terpapang oksigen, akan membentuk oksihemoglobin hasil pengikatan molekul oksigen pada rantai alfa dan beta. Oksihemoglobin akan diedarkan keseluruh tubuh. Sampai di jaringan molekul oksigen akan dilepaskan ke jaringan, disini menjadi doeksihemoglobin atau hemoglobin tereduksi (Slaon, 1996).

2.2.2 Fungsi Hemoglobin

1. Mengatur pertukaran oksigen dengan karbondioksida didalam jaringan-jaringan tubuh.
2. Mengambil oksigen dari paru-paru kemudian dibawa keseluruh jaringan-jaringan tubuh untuk dipakai sebagai bahan bakar.
3. Membawa karbondioksida dari jaringan-jaringan untuk dibuang (Kurniawan, 2008).

2.2.3 Pembentukan Hemoglobin

Molekul hemoglobin terdiri dari dua struktur utama, yaitu heme dan globin, serta struktur tambahan. Heme struktur ini melibatkan empat atom besi dalam bentuk Fe^{2+} dikelilingi oleh cincin protoporfirin IX, karena zat besi dalam bentuk Fe^{2+} tidak dapat mengikat oksigen. Protoporfirin IX adalah produk akhir dalam sintesis molekul heme. Protoporfirin ini hasil interaksi suksinil koenzim A dan asam delta-aminolevulinat didalam mitokondria dari eritrosit berinti., dengan pembentukan beberapa produk antara, yaitu porfobilinogen, uroporfirinogen, dan coproporfirin. Besi bergabung dengan protoporfirin untuk membentuk heme molekul lengkap. Cacat pada salah satu produk dapat merusak fungsi hemoglobin.

Globin terdiri dari asam amino yang dihubungkan bersama untuk membentuk rantai polipeptida. Hemoglobin dewasa terdiri dari atas rantai alfa dan rantai beta. Rantai alfa memiliki 146 asam amino. Heme dan globin dari molekul Hemoglobin dihubungkan oleh ikatan kimia.

Struktur tambahan adalah struktur tambahan yang mendukung molekul hemoglobin adalah 2,3 -Difosfoglisarat (2,3-DPG), suatu zat yang dihasilkan melalui jalur Embden Meyerhof yang anaerob selama proses glikolisis. Struktur ini berhubungan erat dengan afinitas oksigen dari hemoglobin. Setiap molekul heme terdiri dari empat struktur heme dengan besi dipusat dan dua pasang rantai globin. Struktur heme berada pada rantai globulin (Kiswari , 2004).

Pembentukan hemoglobin terjadi pada sumsum tulang melalui semua stadium pematangan. Sintesis hemoglobin dimulai dari eritroblas dan terus berlangsung sampai tingkat normoblas dan retikulosit. Retikulosit adalah stadium terakhir dari perkembangan sel darah merah yang belum matang dan mengandung jala yang

terdiri dari serat-serat retikular. Sejumlah kecil hemoglobin masih dihasilkan selama 24 sampai 48 jam pematangan. Reticulum kemudian larut dan menjadi sel darah merah yang matang (Kurniawan, 2008).

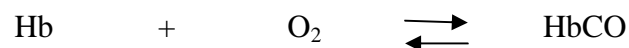
2.2.4 Reaksi Hemoglobin (Hb) dengan Karbon Monoksida

Hemoglobin mengikat oksigen, untuk membentuk oksihemoglobin, oksigen menempel pada Fe^{3+} dalam heme.



Afinitas hemoglobin terhadap O_2 dipengaruhi oleh pH, suhu, dan konsentrasi 2,3-Difosfogliserat (2,3-DPG) dalam sel darah merah. 2,3-DPG dan H^+ berkompetisi dengan O_2 untuk berikatan dengan hemoglobin terhadap O_2 .

Karbon monoksida (CO) bereaksi dengan hemoglobin membentuk karbon monoksidhemoglobin (karboksihemoglobin).



Afinitas hemoglobin untuk oksigen jauh lebih rendah daripada afinitasnya terhadap karbon monoksida, sehingga menggantikan O_2 pada hemoglobin dan menurunkan kapasitas darah sebagai pengangkut oksigen (Ganong, 2002).

2.2.5 Faktor-faktor yang mempengaruhi Hemoglobin

Hemoglobin seseorang tidak hanya dipengaruhi oleh paparan (timbang), kebiasaan minum teh setiap hari setelah makan, mengonsumsi alkohol serta rokok dapat mempengaruhi kadar Hemoglobin (Mehdi *et al.*,2000). Konsumsi teh setiap hari dapat menghambat penerapan zat besi sehingga akan mempengaruhi terhadap kadar Hemoglobin (Gibson,2005). Beberapa faktor lain yang mempengaruhi kadar Hemoglobin antara lain :

1. Usia

Usia anak-anak, orang tua, ibu yang sedang hamil akan mudah mengalami penurunan kadar Hemoglobin. Pada anak-anak dapat disebabkan karena pertumbuhan anak-anak yang cukup pesat dan tidak diimbangi dengan asupan zat besi sehingga dapat menurunkan kadar Hemoglobin (National Anemia Action Council, 2009).

2. Jenis kelamin

Jenis kelamin pada perempuan lebih mudah mengalami penurunan daripada laki-laki, terutama pada saat menstruasi (Curtale *et al.*, 2000).

3. Penyakit sistematik

Penyakit sistematik beberapa penyakit yang dapat mempengaruhi kadar Hemoglobin yaitu Leukimia, Thalasemia, Tuberkulosis. Penyakit tersebut dapat mempengaruhi produksi sel darah merah yang disebabkan karena terdapat gangguan pada sumsum tulang (Hoffbrand *et al.*, 2005).

4. Pola makan

Pola makan adalah menu makanan yang dalam keseharian oleh seseorang. Pola makan yang sehat tercantum dalam pemilihan menu makanan yang seimbang (Prasetyono, 2009). Sumber zat besi terdapat dimakanan bersumber dari hewani dimana hati merupakan sumber yang paling banyak mengandung Fe (antara 6,0 mg sampai dengan 14,0 mg). Sumber lain juga berasal dari tumbuh-tumbuhan tetapi kecil kandungannya sehingga bisa diabaikan (Gibson, 2005). Zat besi didalam makanan berbentuk hem yaitu berikatan dengan protein atau dalam bentuk nonhem yang berbentuk senyawa besi anorganik yang kompleks. Zat besi hem lebih banyak diabsorpsi dibanding dengan zat besi nonhem. Sumber zat besi hem adalah hati, ginjal, daging, ayam, ikan dimana dalam usus diresap 15-35%.

Sumber nonhem umumnya terdapat dalam makanan yang berasal dari tumbuh-tumbuhan seperti sayur-sayuran, biji-bijian, kacang-kacangan, buah-buahan dan serelia, sedikit dalam daging, ikan telur (Burgess, 1993).

2.2.6 Derivat Hemoglobin (Hb)

1. Menurut (Kiswari, 2014) hal 92-93 derivat hemoglobin terdiri dari hemoglobin (methemoglobin), sulfhemoglobin (SHb) dan karboksihemoglobin (carboxhemoglobin, HbCO). Masing-masing karakteristiknya dijelaskan berikut ini: Hemoglobin (Methemoglobin) adalah turunan dari hemoglobin dimana besi ferro teroksidasi menjadi besi ferri, mengakibatkan ketidakmampuan methemoglobin untuk mengikat O₂ secara reversible, sedangkan rantai polipeptida tidak diubah. Seorang individu normal memiliki methemoglobin mencapai 1,5 % konsentrasi methemoglobin yang meningkat didalam darah akan menyebabkan methemoglobinemia dan terjadi perubahan warna darah menjadi coklat, mengalami sianosis, dan akan terjadi anemia fungsional jika konsentrasinya cukup tinggi.
2. Sulfhemoglobin (SHb) merupakan campuran dari hasil oksidasi, sebagian terbentuknya dari denaturasi hemoglobin yang terjadi selama oksidatif hemolisis. Selama oksidasi hemoglobin, sulfur dari beberapa sumber yang mungkin berbeda masuk kedalam cincin heme pada hemoglobin, menghasilkan hemokrom hijau. Oksidasi lebih lanjut biasanya menghasilkan denaturasi dan endapan sebagai Heinz body. SHb tidak dapat mengangkut (CO) untuk membentuk karboksisulfhemoglobin. Tidak seperti methemoglobin, SHb tidak berkurang, dan tetap berada dalam sel sampai rusak. Pada sulfhemoglobinemia darah berwarna ungu muda sampai ungu.

3. Karboksihemoglobin adalah CO endogen yang diproduksi saat degradasi heme menjadi bilirubin normal yang berpengaruh sekitar 0,5 % dari karboksihemoglobin (HbCO) didalam darah, dan meningkat pada anemia hemolitik. Hemoglobin memiliki kapasitas untuk bergabung dengan CO dengan afinitas 210 kali lebih besar daripada O₂. CO akan diikat oleh Hb, bahkan jika konsentrasinya di udara sangat rendah (misalnya 0,02-0.04 %).

2.2.7 Pemeriksaan Kadar Hemoglobin

Penetapan kadar hemoglobin dapat dilakukan dengan menggunakan metode kolorimetri yaitu cara cyanmethemoglobin, sahli dan sodium laury sulfat (SLS).

1. Cara Cyanmethemoglobin

Prinsip

Kadar hemoglobin ditetapkan dengan cara darah diencerkan dengan Drabkins yang mengandung potassium ferri cyanide dan potassium cyanide. Bahan yang pertama mengoksidir hemoglobin menjadi methemoglobin ini selanjutnya bereaksi dengan potassium cyanide menjadi cyanmethemoglobin yang berwarna stabil.

Kelebihan

Kesalahan yang didapat hanya sekitar 2%. Kadar standart cyanmethemoglobin dapat dibeli dan kadarnya bersifat stabil.

Sampel

Darah yang keruh dapat menghasilkan absorbansi dan kadar hemoglobin yang lebih tinggi dari yang sebenarnya. Larutan Drabskins harus diganti tiap bulan.

2. Cara Sahli

Prinsip

Hemoglobin dalam darah akan diubah menjadi asam hematin, kemudian setelah penambahan aquadest, warna yang terbentuk dibandingkan dengan alat tersebut secara visual.

Kelebihan

Tidak memerlukan peralatan spektrofotometer sehingga banyak digunakan di laboratorium-laboratorium kecil. Waktu pemeriksaan cepat (tidak boleh lebih dari 5 menit).

Kekurangan

Kesalahannya dapat mencapai 10% bahkan lebih. Tidak semua hemoglobin dapat diubah menjadi asam hematin (Firdaus,2010).

2.2.8 Nilai Normal Hemoglobin

Nilai normal hemoglobin pada setiap umur dan jenis kelamin berbeda-beda seperti yang ada pada tabel berikut :

Tabel 2.1 Jumlah Hemoglobin Normal

Kriteria	Kadar Hb (g/dl)
Anak umur 6 bln -6 th	11 – 14,5
6 th – 14 th	12 – 13,5
Pria Dewasa	13 – 17
Wanita Hamil	11 – 14
Wanita Dewasa	12 – 15,5

(Sumber : Widman F.K, 1995 dalam Warsito 2007)

2.3 Pencemaran Udara

2.3.1 Definisi Tentang Pencemaran Udara

Polusi atau pencemaran udara adalah dimasukkannya komponen lain ke dalam udara, baik oleh kegiatan manusia secara langsung atau tidak langsung maupun akibat proses alam sehingga kualitas udara turun sampai pada tingkatan tertentu yang menyebabkan lingkungan menjadi kurang atau tidak dapat berfungsi lagi sesuai peruntukannya. Setiap substansi yang bukan merupakan bagian dari komposisi udara normal disebut sebagai polutan (Candra,2006).

Menurut Kamar (1987), pencemaran udara adalah adanya bahan polutan di atmosfer yang dalam konsentrasi tertentu akan mengganggu keseimbangan dinamik atmosfer dan mempunyai efek pada manusia dan lingkungan (Mukono,2002).



Gambar 2.4 Polusi udara (Anonim2015)

2.3.2 Sumber Pencemaran Udara

Menurut Chandra (2006) sumber-sumber pencemaran udara dapat dibagi dalam dua kelompok besar, yaitu (1). Pencemaran yang berasal dari proses atau

kegiatan alam misalnya : kebakaran hutan, kegiatan gunung berapi, dan lainnya, (2). Pencemaran buatan manusia (berasal dari kegiatan manusia) misalnya : (a) Sisa pembakaran bahan bakar minyak oleh kendaraan bermotor berupa gas CO, CO₂, NO, Karbon, Hidrokarbon, Aldehid, dan Pb. (b) Limbah industry : kimia, metalurgi, tambang, pupuk, dan minyak bumi. (c) Sisa pembakaran dari gas alam : Batu bara, dan minyak, seperti asap, debu, dan sulfurdioksida dan pembakaran sisa pertanian, hutan, sampah, serta limbah reaktor nuklir.

2.3.3 Jenis polutan berdasarkan struktur kimia dan penampang partikel

Menurut Chandra (2006) jenis polutan dapat dibagi berdasarkan struktur kimia dan penampangnya partikel seperti berikut : (1) berdasarkan struktur kimia meliputi : (a) Partikel antara lain debu, abu, logam, Pb, nikel, kadmium, dan berilium. (b) Gas anorganik meliputi NO, CO, SO₂, ammonia dan hydrogen. (c) Gas organic meliputi Hidrokarbon, benzene, etilen, asetilen, aldehid, keton, alcohol, dan asam-asam organic. (2) berdasarkan penampangan partikel : Partikel dalam udara dapat melekat pada saluran pernapasan manusia yang tentunya dapat menyebabkan bahaya bagi kesehatan manusia.

2.3.4 Efek pencemaran udara

1. Efek Terhadap Kesehatan

Efek pencemaran udara terhadap kesehatan manusia dapat terlihat baik secara cepat maupun lambat, seperti berikut :

a. Efek cepat

Hasil studi epidemiologi menunjukkan bahwa peningkatan mendadak kasus pencemaran udara juga akan meningkatkan angka kasus kesakitan dan kematian

akibat penyakit saluran pernapasan. Pada situasi tertentu, gas CO dapat menyebabkan kematian mendadak karena daya afinitas gas CO terhadap hemoglobin darah (menjadi methemoglobin) yang lebih kuat dibandingkan daya afinitas O₂ sehingga terjadi kekurangan gas oksigen di dalam tubuh.

b. Efek lambat

Pencemaran udara diduga sebagai salah satu penyebab penyakit bronchitis kronis dan kanker paru. Penyakit yang disebabkan oleh pencemaran udara, emfisema paru, penyakit asma dan eksema.

2. Efek Terhadap Tumbuhan dan Hewan

Tumbuhan-tumbuhan sangat sensitive terhadap gas sulfur dioksida, florin, ozon, hidrokarbon, dan CO. Apabila terjadi pencemaran udara, konsentrasi gas tersebut akan meningkat dan dapat menyebabkan daun tumbuhan berlubang dan layu. Hewan akan menjadi sakit jika memakan tumbuhan-tumbuhan yang mengandung dan tercemar florin.

2.3.5 Klasifikasi Bahan Pencemaran Udara

Menurut Mukono (2000) bahan pencemaran udara atau polutan dapat dibagi menjadi dua bagian :

1. Polutan Primer

Polutan primer adalah polutan yang dikeluarkan langsung dari sumber tertentu, dan dapat berupa :

a. Polutan gas

Polutan gas terdiri dari 1) Senyawa karbon, yaitu hidrokarbon, hidrokarbon teroksigenasi, dan karbon oksida (CO atau CO₂), 2) Senyawa sulfur, yaitu sulfur

oksida, 3) Senyawa nitrogen, yaitu nitrogen oksida dan amoniak, 4) Senyawa halogen, yaitu fluor, klorin, hydrogen klorida, hidrokarbon terklorinasi, dan bromine. Penyebab terjadinya pencemaran lingkungan di atmosfer biasanya berasal dari sumber kendaraan bermotor atau industri. Bahan pencemaran yang dikeluarkan antara lain adalah gas NO_2 , SO_2 , SO_3 , ozon, CO, HC, dan partikel debu. Gas NO_2 , SO_2 , SO_3 , HC dan CO dapat dihasilkan oleh proses pembakaran dari mesin yang menggunakan bahan bakar yang berasal dari bahan fosil.

b. Partikel

Partikel yang di atmosfer mempunyai karakteristik yang spesifik, dapat berupa zat padat maupun suspense aerosol cair di atmosfer. Bahan partikel tersebut dapat berasal dari proses kondensasi, proses disipasi (misalnya proses menyemprot/spraying) maupun proses erosi bahan tertentu.

2. Polutan Sekunder

Polutan Sekunder biasanya terjadi karena reaksi dari dua atau lebih bahan kimia di udara, misalnya reaksi foto kimia. Sebagai contoh adalah disosiasi NO_2 dan O radikal. Proses kecepatan dan arah reaksinya dipengaruhi oleh berbagai factor, antara lain : (a) Konsentrasi relative dari bahan reaktan, (b) Derajat fotoaktivasi, (c) Kondisi iklim, (d) Topografi local dan adanya embun.

Polutan sekunder ini mempunyai sifat fisik dan sifat kimia yang tidak stabil diantaranya : ozon dan formaldehid (Mukono, 2000).

2.3.6 Indikator Pencemaran Udara

1. Karbon monoksida

Karbon monoksida dapat juga dipakai sebagai parameter indikator pencemaran udara, terutama yang diakibatkan oleh pembakaran bahan bakar minyak oleh kendaraan bermotor.

2. Oksidan (O_3)

Oksidan, misalnya saja ozon (O_3) dihasilkan akibat kerja sinar matahari terhadap asap pembuangan kendaraan bermotor di kota-kota besar.

3. Nitrogen dioksida

Nitrogen dioksida merupakan gas yang dihasilkan baik akibat kegiatan manusia maupun akibat proses alam semacam gunung berapi.

4. Timah hitam atau timbal

Sering dipakai sebagai bahan untuk menambah kekuatan dan kecepatan mobil dan biasanya ditambah ke dalam bahan bakar bensin.

2.3.7 Tindakan pencegahan dan pengendalian pencemaran udara

Menurut Chandra (2006), beberapa batasan prosedur pencegahan dan pengendalian pencemaran udara yang diajukan dalam *Research into Environmental Pollution* WHO (1968), antara lain :

1. *Containment*, merupakan suatu upaya penanggulangan untuk mencegah masuknya gas-gas toksik secara langsung ke dalam udara bebas.
2. *Replacement*, mengganti perlengkapan dan sumber energi yang banyak mengakibatkan pencemaran dengan sumber energi yang kurang mengakibatkan pencemaran.
3. *Dilution*, suatu upaya untuk mengencerkan bahan pencemaran.

4. *Legislation*, dengan adanya peraturan dan perundangan yang dikeluarkan untuk melindungi tenaga kerja, masyarakat umum, dan untuk melestarikan lingkungan hidup.
5. *International action*, WHO telah membentuk suatu jaringan internasional berupa laboratorium-laboratorium yang bertugas memantau dan mempelajari kasus-kasus pencemaran udara (Chandra,2006).

2.4 Tinjauan Tentang Karbon Monoksida (CO)

Karbon monoksida (CO) adalah suatu komponen tidak berbau, tidak berwarna dan tidak mempunyai rasa yang terdapat dalam bentuk gas pada suhu di atas -192° C. Komponen ini mempunyai berat sebesar 96,5% dari berat air dan tidak larut dalam air (Fardiaz,1992). Gas karbon monoksida ini tidak menyebabkan iritasi, mudah terbakar dan merupakan gas beracun. Sifat yang sulit dideteksi ini menjadikan karbon monoksida dikenal sebagai silent killer (Selvia dkk, 2011).

2.4.1 Sumber Karbon Monoksida

Lingkungan merupakan sumber utama karbon monoksida termasuk knalpot mobil, asap rokok dan bahan bakar fosil. Gas yang mengandung karbon monoksida salah satunya yaitu berasal dari gas buangan dari mesin yang menggunakan bensin yang mengandung 6% dari gas karbon monoksida. Sumber kontribusi terbesar karbon monoksida adalah dari kendaraan bermotor sekitar 50%. Berdasarkan hasil penelitian, jumlah karbon monoksida dari sumber buatan mendekati 60 juta ton per tahun. Laporan WHO (1999) menyatakan paling tidak 90% dari karbon monoksida diudara perkotaan berasal dari emisi kendaraan bermotor (Selvia dkk, 2011).

Transportasi menghasilkan karbon monoksida yang banyak diantara sumber lainnya, terutama dari kendaraan yang menggunakan bensin sebagai bahan bakar. Sumber karbon monoksida yang kedua adalah pembakaran hasil-hasil pertanian seperti sampah, sisa kau dihutan dan sisa tanaman di perkebunan. dan sumber karbon monoksida yang ketiga setelah transportasi dan pembakaran adalah proses-proses industry. Dan industry yang merupakan sumber karbon monoksida terbesar yaitu industry baja dan besi (Fardiaz, 1992).

2.4.2 Proses terbentuknya karbon monoksida

Menurut Fardiaz (1992), karbon monoksida yang terdapat di alam terbentuk dari salah satu proses sebagai berikut:

1. Pembentukan bahan bakar fosil.
2. Pada suhu tinggi terjadi reaksi antara karbon dioksida (CO_2) dengan karbon monoksida (CO) yang menghasilkan gas karbon monoksida.
3. Pada suhu tinggi karbon monoksida dapat terurai kembali menjadi karbon monoksida dan oksigen.

Gas karbon monoksida dapat meracuni darah atau system pernapasan. Hal ini disebabkan afinitas karbon monoksida terhadap hemoglobin lebih besar daripada afinitas O_2 terhadap hemoglobin. Oleh karena itu, apabila dalam udara pernapasan ada O_2 dan karbon monoksida, hemoglobin lebih suka mengikat karbon monoksida daripada mengikat O_2 . hemoglobin yang telah mengikat karbon monoksida tidak dapat mengikat O_2 lagi sehingga mengganggu pengangkutan O_2 dari paru-paru ke jaringan (Sumardjo, 2009).

2.4.3 Mekanisme Hemoglobin Mengikat Karbon Monoksida

Dari populasi udara yang dihirup sekitar 80% - 90% jumlah CO yang diabsorpsi berikatan dengan hemoglobin, membentuk karboksihemoglobin (HbCO). HbCO menyebabkan lepasnya ikatan oksihemoglobin dan mereduksi kapasitas transport oksigen dalam darah. Afinitas (daya tarik) ikatan karbon monoksida dan hemoglobin adalah 200-250 kali dari $O_2 + Hb$. Karbon monoksida masuk ke aliran darah melalui paru-paru dan bereaksi dengan hemoglobin.

Karboksihemoglobin beberapa kali lebih stabil dibandingkan oksihemoglobin sehingga reaksi ini mengakibatkan berkurangnya kapasitas darah untuk menyalurkan O_2 ke jaringan tubuh. Jika kita duduk di udara dengan kadar karbon monoksida 60 ppb selama 8 jam, maka kemampuan mengikat oksigen oleh darah turun sebanyak 15%, sama dengan kehilangan darah sebanyak 0,5 liter. Paparan dari karbon monoksida menghasilkan hypoxia (kekurangan oksigen) pada jaringan. Hypoxia menyebabkan efek pada otak dan perkembangan janin. Efek pada system kardiovaskuler terjadi pada HbCO kurang dari 5% adapin pengaruh COHb (dalam %) terhadap kesehatan antara lain yaitu: (1) Kurang dari 1,0 : tidak ada pengaruh. (2) 2,0 – 5,0 : berpengaruh pada system saraf utama, reaksi panca indera tidak normal, pandangan kabur. (3) 5,0 : perubahan fungsi jantung. (4) 10,0 – 80,0 : kepala pusing, mual, berkunang-kunang, pingsan, sesak nafas, dan kematian.

2.5 Petugas Pom Bensin

2.5.1 Definisi Pom Bensin

Stasiun Pengisian Bahan Bakar adalah tempat di mana kendaraan bermotor bisa memperoleh bahan bakar. Di Indonesia, Stasiun Pengisian Bahan Bakar

dikenal dengan nama SPBU (singkatan dari Stasiun Pengisian Bahan Bakar Umum). Namun, masyarakat juga memiliki sebutan lagi bagi SPBU. Misalnya di kebanyakan daerah, SPBU disebut Pom Bensin yang adalah singkatan dari Pompa Bensin (Wikipedia).

Bensin (gasoline) merupakan salah satu senyawa yang sudah tidak asing digunakan dalam kehidupan sehari-hari sebagai bahan bakar kendaraan bermotor. Bensin diperoleh dari minyak mentah (crude oil) pada proses pengilangan minyak. Minyak mentah mempunyai bentuk berupa cairan kental berwarna hitam dan mengandung sekitar 500 macam hidrokarbon dengan jumlah atom karbon (C) mulai dari 1 hingga 50. Titik didih hidrokarbon akan mengalami peningkatan seiring dengan meningkatnya jumlah atom karbonnya. Pengolahan minyak bumi dilakukan melalui proses destilasi bertingkat sehingga diperoleh fraksi-fraksi yang memiliki rentang titik didih tertentu.

Efek Bensin terhadap kesehatan dapat menimbulkan iritasi ringan pada kulit, mata, dan saluran pernafasan. Efek sistemik akibat paparan akut bensin yang terutama adalah depresi sistem saraf pusat. Kebanyakan efek berbahaya dari bensin berasal dari bahan-bahan kimia yang terkandung di dalamnya, terutama senyawa BTEX (benzen, etilbenzen, toluen, dan xilen), yang ada dalam jumlah kecil. Efek terhadap sistem saraf juga dapat terjadi pada orang yang terpapar uap bensin untuk jangka panjang, baik itu karena pekerjaannya atau karena mereka menghirup bensin untuk memperoleh efek halusinasi. Orang yang bidang pekerjaannya memungkinkan terpapar bensin setiap hari kemungkinan juga dapat mengalami gangguan ingatan dan gangguan fungsi otot. Pada kadar tinggi,

beberapa bahan kimia dalam bensin, seperti benzen, diketahui bersifat karsinogenik (SIKer *et,al.*, 2001).



Gambar 2.5 Pom Bensin

(sumber: <https://www.google.com/search?q=leukosit&client=firox-a&rls=org.mozilla>)

2.6 Dampak Pencemaran Udara terhadap Hemoglobin

2.6.1 Efek Pb dan sintesa hemoglobin

Sel darah merah dibentuk oleh logam Fe (besi) dengan gugus heme dan globin. Sintesa tersebut melibatkan 2 macam enzim, yaitu enzim ALAD (*Amino Levullinic Acid Dehidrasi*) atau asam amino levulinat dehidrasi dan enzim *ferrokhelatase*. Enzim ALAD adalah enzim jenis sitoplasma. Enzim ini akan bereaksi secara aktif pada tahap awal sintesa dan selama sirkulasi sel darah merah berlangsung. Adapun enzim *ferrokhelatase* termasuk pada golongan enzim mitokondria.

Salah satu gangguan yang diakibatkan oleh keracunan Pb dan persenyawaan organik adalah gangguan pada sistem hematopoetik adalah terhambatnya aktifitas enzim *Amino Levullinic Acid Dehydrogenase* (ALAD) dalam eritroblas sumsum

tulang dan eritroblas pada sintesis haeme. Hal ini akan mengakibatkan penurunan kadar delta ALAD dalam darah dan peningkatan kadar *Amino Levullinate Acid* (ALA) dalam serum dan urine (Key, 2007).

System hematopotiek sangat peka terhadap efek pb hematotoksisitas adalah menghambat sebagian besar enzim yang berperan dalam biosintesa haeme. Diantara enzim yang terlibat dalam *haeme*, enzim *d-Aminolevullinik Acid Dehydrogenasel* (delta ALAD) dan ferrokhelatase termasuk enzim yang rentan terhadap efek penghambat logam Pb. Sedangkan enzim *d-Aminolevullinik Acid Synthetase* (delta ALAS) *uroporphyrinogen decarboxylase* (UROD) *coproporphyrinogen oxidase* (COPROD) tidak begitu peka terhadap penghambat logam Pb.

Namun efek yang paling berperan adalah hambatan pada reaksi enzimatik terakhir dalam sintesa *haeme*, dimana ferrokhelatase mengkatalisis penggabungan besi ferro kedalam ke cincin *haeme*.

Senyawa logam Pb terdapat dalam tubuh akan mengikat gugus aktif dari enzim ALAD. Ikatan yang terbentuk antara logam Pb dengan gugus ALAD tersebut akan mengakibatkan pembentukan intermediet porfobilinogen dan kelanjutan dari proses reaksi ini tidak dapat berlanjut.

Keracunan yang terjadi sebagai akibat kontaminasi dari logam Pb dapat menimbulkan hal-hal sebagai berikut :

1. Menimbulkan kadar ALA dalam darah urine.
2. Meningkatkan kadar protoporfirin dalam sel darah merah.
3. Memperpendek umur sel darah merah.
4. Menurunkan jumlah sel darah merah.

5. Menurunkan kadar retikulosit yaitu sel-sel darah merah yang masih muda.
6. Meningkatkan kandungan logam Fe dalam plasma (Firdaus, 2010).