

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tinjauan Tentang Darah

2.1.1 Darah

Darah merupakan medium transport tubuh, volume darah manusia sekitar 7%-10% berat badan normal dan berjumlah kira-kira 5 liter sekitar 55% adalah cairan, sedangkan 45% sisanya sendiri atas sel darah. Keadaan jumlah darah pada tiap-tiap orang berbeda, tergantung pada usia, pekerjaan, sertakeadaan jantung atau pembuluh darah (Andidan Handayani, 2010).

Dalam keadaan fisiologik, darah selalu berada dalam pembuluh darah sehingga dapat menjalankan fungsinya sebagai : membawa oksigen dari paru-paru ke seluruh tubuh, mekanisme pertahanan tubuh terhadap infeksi, mengedarkan sari-sari makanan keseluruhan tubuh dan mengangkut karbondioksida ke paru-paru. Darah terdiri dari dua komponen utama yaitu plasma (bagian cair darah yang sebagian besar terdiri atas air, elektrolit, dan protein darah) dan butir-butir darah yaitu eritrosit (sel darah merah), leukosit (sel darah putih), dan trombosit (kepingan darah) (Bakta, 2011).

2.1.2 Plasma Darah

Plasma darah bagian darah yang encer tanpa sel-sel darah, warnanya bening kekuning-kuningan. Hampir 90% plasma terdiri atas air (Andi dan Handayani, 2010). Zat-zat yang terkandung dalam plasma darah antara lain (1) Fibrinogen yang berguna

dalam peristiwa pembekuan darah, (2) Garam-garam mineral (garam kalsium, kalium, natrium, dan lain-lain) yang berguna dalam metabolisme dan juga mengadakan osmotik, (3) Protein darah (albumin, dan globulin) meningkatkan viskositas darah juga memelihara keseimbangan cairan tubuh, (4) Zat makanan (asam amino, glukosa, lemak, mineral, dan vitamin), (5) Hormon, suatu zat yang dihasilkan dari kelenjar tubuh, (6) Antibodi. Plasma berfungsi sebagai perantara untuk mengalirkan makanan, mineral, lemak, glukosa, dan asam amino ke jaringan, juga perantara untuk mengangkut bahan buangan urea, asam urat, dan sebagian karbondioksida.

Darah selalu bersifat alkali, kadarnya tergantung dari konsentrasi ion hidrogen dan dinyatakan dengan pH darah. Darah selalu mengandung sedikit alkali, pH darah adalah 7,37-7,45. Angka ini harus tetap dipertahankan, sedikit berubah saja baik ke arah asam maupun ke arah basa dapat mempengaruhi kehidupan. Maka usaha untuk mempertahankan tingkat alkali yang konstan dalam darah adalah sangat penting dan dikendalikan oleh berbagai faktor yaitu : pengeluaran karbondioksida melalui paru-paru, ekskresi bahan asam melalui urin. Kemampuan untuk mempertahankan sifat alkali darah tergantung pada natrium bikarbonat dalam plasma. Zat ini bekerja untuk menghindari penurunan kebasahan darah akibat asam-asam hasil metabolisme (Pearce, 2014).

2.1.3 Sel Darah

2.1.3.1 Sel Darah Merah

Pembentukan sel darah berlangsung di dalam sumsum tulang dan sel-sel yang matang akan dilepaskan ke dalam aliran darah. Darah dapat dibedakan menjadi tiga jenis yaitu eritrosit (sel darah merah), leukosit (sel darah putih), dan trombosit (kepingan darah) (Bakta, 2011).



Gambar 2.1 Sel Darah Merah (www.Sandurezu.Wordpress.com, 2014)

Sel darah merupakan cairan bikonkaf dengan diameter sekitar 7 mikron. Warnanya kuning kemerah-merahan karena didalamnya mengandung suatu zat yang disebut hemoglobin (Hb). Sel darah merah tidak memiliki inti sel, mitokondria, dan ribosom, serta tidak dapat bergerak. Sel ini tidak dapat melakukan mitosis, fosforilasi sel, atau pembentukan protein (Andi dan Handayani, 2010).

Komponen darah terdiri dari membran eritrosit, sistem enzim (enzim G6PD), dan hemoglobin dimana komponen terdiri atas heme (merupakan gabungan protoporfirin dengan besi) dan globin (bagian protein yang terdiri atas dua rantai alfa dan dua rantai beta) (Andi dan Handayani, 2010).

Jumlah eritrosit pada laki-laki sekitar 5-6 juta/mm³, dan pada wanita 4,5-5,5 juta/mm³. Fungsinya yaitu mengikat oksigen dari paru-paru untuk diedarkan keseluruh tubuh untuk dikeluarkan melalui paru-paru. Tempat pembentukannya yaitu didalam sumsum tulang, limpa dan hati.

2.1.3.2 Sel Darah Putih

Bentuk leukosit dapat berubah-ubah dan bergerak dengan perantara kaki palsu (pseudopodia). Mempunyai bermacam-macam bentuk inti sel, sehingga ia dapat dibedakan menurut inti selnya serta tidak berwarna. Sel darah putih dibentuk di sumsum tulang dari sel-sel bekal (Andi dan Handayani, 2010).

Sel darah putih (leukosit) dibagi menjadi dua kelompok besar yaitu : agranulosit dan granulosit.

1. Agranulosit : sel leukosit yang tidak mempunyai granula didalamnya terdiri dari

a. Limfosit

Limfosit memiliki nukleus besar bulat, ukuran 7-15 mikron, banyaknya 20-25% dan berfungsi membunuh dan memakan bakteri yang masuk ke dalam jaringan tubuh.

b. Monosit

Memiliki ukuran yang lebih besar dari limfosit, protoplasmanya besar, warnanya biru sedikit abu-abu, serta mempunyai bintik-bintik sedikit kemerahan. Inti selnya bulat atau panjang. Jumlahnya 34% dari total komponen yang ada di sel darah putih.

2. Granulosit : disebut juga leukosit granula terdiri dari :

a. Neutrofil

Mempunyai inti sel yang berangkai kadang-kadang seperti terpisah-pisah dan mempunyai lobus, protoplasma banyak berbintik-bintik halus atau granula. Banyaknya 60-70%.

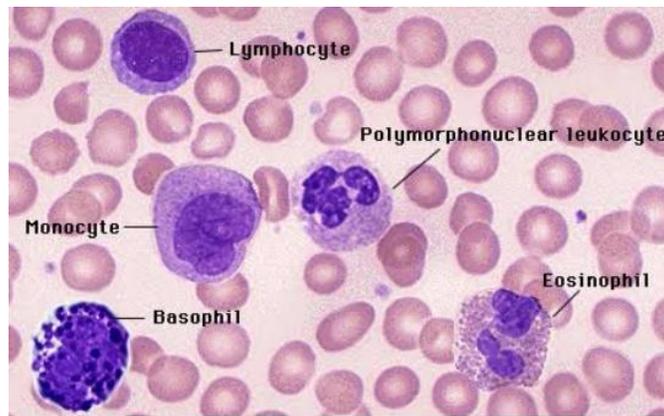
b. Eosinofil

Ukuran dan bentuknya hampir sama dengan neutrofil, tetapi granulanya lebih besar dan berwarna merah, granula memenuhi sitoplasma dan jumlahnya kira-kira 24%.

c. Basofil

Sel ini lebih kecil dari pada eosinofil, tetapi mempunyai inti yang bentuknya teratur, didalam protoplasmanya terdapat granula-granula yang besar. Banyaknya kira-kira 0,5%.

fungsi sel darah putih yaitu sebagai sedadu tubuh, yaitu membunuh dan memakan bibit penyakit atau bakteri yang masuk kedalam tubuh jaringan SRE (sistem retikulo endotel), dan sebagai pengangkut, yaitu mengangkut atau membawa zat lemak dari dinding usus melalui limpa terus ke pembuluh darah protein (Andi dan Handayani, 2010).



Gambar 2.2 Jenis Sel-sel Darah Putih (<http://tfakhrizalspd.wordpress.com,2009>)

2.1.3.3 Trombosit

Trombosit adalah fragmen sitoplasma megakariosit yang tidak berinti dan terbentuk di sumsum tulang. Trombosit matang berukuran $2-4\mu\text{l}$, berbentuk cakram bikonveks dengan volume 5-8 fl. Setelah keluar dari sumsum tulangsekitar 20-30%, trombosit mengalami sekuestrasi di limpa (Kosasaih dan kosasih, 2013).

Umur trombosit sekitar 10 hari. Jumlah trombosit 150.000-400.000/mm³, sekitar 30-40%, terkonsentrasi di dalam limpa dan sisanya bersikulasi dalam darah (Andi dan Handayani, 2010).

Fungsi utama trombosit adalah pembentukan bekuan darah, pembentukan sumber mekanik respons hemostatis normal terhadap cedera vaskular tanpa trombosit dapat terjadi kebocoran darah spontan melalui pembuluh darah kecil. Reaksi trombosit berupa adhesi, sekresi, agregasi, dan fusi serta aktivitas prokoagulannya sangat penting untuk fungsinya (Hoffbrand dkk, 2013).

2.2 Hemoglobin (Hb)

2.2.1 Definisi Hemoglobin

Hemoglobin (Hb) merupakan zat protein yang ditemukan didalam sel darah merah (SDM), yang memberi warna merah pada darah. Hemoglobin terdiri dari atas zat besi yang merupakan pembawa oksigen. Hemoglobin berfungsi untuk mengikat oksigen, satu gram hemoglobin akan bergabung dengan 1,34 ml oksigen. Tugas akhir hemoglobin adalah menyerap karbondioksida dan ion hidrogen serta membawanya ke paru-paru tempat zat-zat tersebut dilepaskan dari hemoglobin (Joyce, 2010).

Hemoglobin terdiri dari 4 sub unit yaitu : 2 rantai polipeptida alpha, dan 2 rantai polipeptida beta, masing-masing sub unit mengandung satu bagian heme yang berkonjugasi dengan polipeptida (Ganong, 2011). Nilai normal dari hemoglobin yaitu : pada anak-anak 11-13 gr/dl, laki-laki dewasa 14-18 gr/dl, perempuan dewasa 12-16 gr/dl (Soetopo, 2010).

2.2.2 Pembentukan Hemoglobin (Hb)

Menurut Guyton dan Hall, meskipun sel darah muda meninggalkan sumsum tulang dan masuk ke dalam aliran darah membentuk hemoglobin dalam jumlah kecil selama hari-hari berikutnya namun sintesis hemoglobin tetap berlangsung sampai tingkat normoblast (Guyton dan Hall, 2011). Bagian haem dari hemoglobin terutama disintesis dari asam asetat dan glisin, dan sebagian besar sintesis ini terjadi dalam mitokondria. Asam asetat diubah dalam siklus krebs, menjadi asam alfa-ketoglutarat kemudian dua molekul asam alfa-ketoglutarat berikatan dengan satu molekul glisin membentuk senyawa pirol. Empat senyawa pirol bersatu membentuk senyawa

protoporfirin. Salah satu senyawa protoporfirin dikenal sebagai protoporfirin III, kemudian berikatan dengan besi membentuk molekul haem. Akhirnya empat molekul haem berikatan dengan satu molekul globin. Molekul globin adalah suatu globulin yang disintesis dalam ribosom retikulum endoplasma, membentuk hemoglobin.

2.2.3 Reaksi-reaksi Hemoglobin

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-difosfoglisarat (2,3-DPG) dalam sel darah merah. 2,3-DPG dalam H^+ berkompetensi dengan O_2 untuk berikatan dengan hemoglobin terhadap O_2 dengan menggeser 4 rantai peptide.

Karbon monoksida bereaksi dengan hemoglobin membentuk karbon monoksida hemoglobin atau karbolasi hemoglobin.



Afinitas hemoglobin untuk oksigen jauh lebih rendah dari pada afinitasnya terhadap karbon monoksida sehingga menggantikan O_2 pada hemoglobin dan menurunkan kapasitas darah sebagai pengangkut oksigen (Ganon, 2011).

2.2.4 Derivat Hemoglobin

Derivat hemoglobin terdiri dari oksihemoglobin, karboksihemoglobin, methemoglobin, sulphemoglobin, mioglobin, haptoglobin, hemopeksin, methealbumin (Baron, 2012).

1. Oksihemoglobin

Hemoglobin tanpa oksigen atau hemoglobin tereduksi berwarna ungu sedangkan hemoglobin teroksidasi berwarna kuning-merah dengan pasangan heme + globin membawa 2 atom oksigen. 1 gram hemoglobin membawa 1,34 ml oksigen. Simbol oksihemoglobin seharusnya adalah HbO_8 tetapi HbO_2 lebih konvensional.

2. Karboksihemoglobin

Karbonmonoksida yang terikat dengan hemoglobin 200 kali lebih besar dari pada oksigen, sehingga dengan adanya karbon monoksida yang berasal dari pembakaran batu bara yang tidak sempurna, gas pabrik atau karena menghisap asap rokok akan lebih mungkin terbentuk karboksihemoglobin (heme-CO-globin HbCO).

3. Methemoglobin

Methemoglobin adalah hematin-globin yang mengandung $\text{Fe}^{3+} + \text{OH}$. Methemoglobin tidak dapat mengangkut oksigen pernafasan. Pada metabolisme hemoglobin normal didarakan oleh auto oksidasi dan reduksi melalui methemoglobin walaupun kurang dari 1%.

4. Sulphemoglobin

Sulphemoglobin berwarna coklat dan tidak dapat mengangkut oksigen pernafasan. Sulphemoglobin mempunyai struktur yang tidak tepat dan berhubungan dengan methemoglobin.

5. Mioglobin

Mioglobin adalah hemoglobin yang disederhanakan terdiri dari satu heme + globin yang sedikit berbeda dari hemoglobin yang mempunyai satu atom Fe^{3+} dengan

berat molekul sekitar 17.000. Mioglobin bekerja sehingga reservoir oksigen yang sedikit sehingga mioglobin terdapat di dalam otot rangka dan otot jantung.

6. Haptoglobin

Haptoglobin berfungsi untuk mengkonversasi besi setelah hemolisa intravaskuler. Haptoglobin mengikat hemoglobin hingga 1,25 gr/dl plasma dan hanya diatas konsentrasi tersebut terdapat hemoglobin bebas yang hilang ke dalam urin atau terikat ke hemopeksin sehingga karena alasan tersebut maka haptoglobin bertanggung jawab terhadap ambang ginjal bagi hemoglobin. Haptoglobin yang terikat hemoglobin diambil oleh hepar kemudian disintesa ulang dan besinya diresirkulasi dari hemoglobin dan kemudian dilepaskan sehingga konsentrasi haptoglobin plasma yang rendah ditemukan setelah hemolisa intravaskuler berulang.

7. Hemopeksin

Hemopeksin merupakan beta-shikopotein yang terikat dengan sisa hemoglobin. Konsentrasinya di dalam yang normal sekitar 0,5 gr/dl.

8. Methemalbumin

Komponen methemalbumin adalah hematin + albumin yang berwarna coklat. Keberadaan dalam plasma adalah abnormal. Methemalbumin terbentuk setelah hemolisa intravaskuler yang hebat jika haptoglobin telah disaturasi.

2.2.5 Kadar Hemoglobin

Menurut (Wirakusumah, 2010) kadar hemoglobin pada setiap orang berbeda berdasarkan pada jenis kelamin dan umur. Batas normal kadar hemoglobin menurut kelompok umur dan jenis kelamin dapat dilihat pada tabel.

Tabel 2.2 Tabel Batas Normal Kadar Hemoglobin

Kelompok Umur	Kadar Normal Hemoglobin (gr/dl)
Bayi	13,5 – 18,5
2-6 bulan	9,5 – 13,5
6 bulan -6 tahun	11,0 – 14,0
6-12 tahun	11,5 – 15,5
Laki-laki dewasa	13,0 – 17,0
Wanita dewasa	12,0 – 15,0

Sumber : (Anonim, 2010)

Kadar hemoglobin seseorang dapat mengalami peningkatan atau penurunan. Penurunan kadar hemoglobin dalam darah dapat disebabkan oleh terganggunya pembentukan sel darah merah sebagai akibat kurangnya kadar zat besi dalam darah (Wirakusumah, 2010).

2.2.5.1 Faktor-faktor yang Mempengaruhi Kadar Hemoglobin

Kadar hemoglobin dalam darah dipengaruhi oleh beberapa hal, meliputi :

1. Makanan atau Gizi

Zat-zat gizi atau komponen gizi yang terdapat dalam makanan yang dimakan digunakan untuk menyusun terbentuknya hemoglobin yaitu Fe (zat besi) dan protein.

2. Jantung dan Paru-paru

Jantung berfungsi memompa darah keseluruh tubuh. Dalam darah terdapat hemoglobin yang membawa oksigen keseluruh tubuh sebagai pembentukan energi. Paru-paru berfungsi untuk menghisap oksigen dari udara luar yang kemudian disuplai ke aliran darah dengan adanya ikatan antara hemoglobin.

Paru-paru mempengaruhi kerja jantung yang optimal.

3. Fungsi Organ-organ Tubuh Lain seperti hati dan ginjal berfungsi untuk membantu dalam proses pembentukan eritrosit dan hemoglobin.

4. Merokok

Menurut (Giam, 2010) merokok mengurangi kelembapan hemoglobin membawa oksigen dari darah serta pengaliran darah ke organ-organ vital dan jaringan-jaringan (seperti: jantung, otak, dan otot) akan berkurang secara keseluruhan pengaruh rokok adalah berkurangnya kemampuan fisik dan timbulnya stress terhadap organ-organ vital seperti jantung.

2.2.6 Pemeriksaan Hemoglobin

Penetapan kadar hemoglobin dapat dilakukan dengan menggunakan kolorimetri yaitu cara cyanmethemoglobin dan cara sahli. Namun dengan perkembangan zaman dan kemajuan teknologi dapat digunakan juga alat yang lebih canggih yaitu jenis autoanalyzer dengan metode SLS-Hemoglobin.

2.2.7 Masalah Klinis Hemoglobin

Masalah klinis hemoglobin dapat ditemukan pada berbagai kondisi seperti :

1. Penurunan kadar hemoglobin terjadi pada penderita anemia (difisiensi zat besi, aplastik, hemolitik), pendarahan hebat, sirosis hati, leukemia, kehamilan, kanker (usus besar dan usus halus, rektum, hati, tulang), talasemia, penyakit ginjal, pengaruh obat antibiotik (kloramfenikol, penisilin, tetrasiklin), aspirin, obat antineoplastik, vitamin A dalam dosis besar, dan lain-lain.
2. Peningkatan kadar hemoglobin terjadi pada dehidrasi atau hemokonsentrasi, polisitemia, tinggal di daerah dataran tinggi, luka bakar yang parah, pengaruh obat gentamisin, metildopa dan lain-lain.

2.3 Batu Kapur

2.3.1 Asal Mula Terjadinya Batu Kapur

Batu kapur atau limestone, adalah sedimen yang banyak mengandung organisme laut seperti kerang-kerang dan tiram yang telah mati yang berubah menjadi kalsium karbonat. Karbonat ini merupakan penyusun utama kulit kerang dan tiram. Pada saat organisme ini mati, kulit kerang, dan tulang yang tertinggal akan di degradasikan menjadi unsur yang lebih kecil lagi oleh mikroorganisme mikroskopis. Hasil degradasi ini akan membentuk pasir karbonat atau lumpur karbonat. Karena pengendapan ini terjadi terus-menerus dalam waktu yang lama dan adanya proses alam, maka endapan pasir dan lumpur karbonat akan mengeras, sehingga jadilah pengunungan batu kapur. Batuan ini merupakan hasil penumpukan dan sedimentasi ribuan tahun yang lalu, membentuk bebatuan masih berwarna putih kekuningan sampai kecoklatan. Mineral murni batu kapur mengandung CaCO_3 kalsit (*calcite*), mineral *dolomite* ($\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$), dan *aragonit* (CaCO_3), gabungan dari tiga unsur ini

membentuk warna putih dan bertekstur lembut. Bila ditemukan batu kapur berwarna kelabu menunjukkan batu kapur sudah tidak murni. Ketidakmurnian ini karena tercampur dengan unsur pasir, tanah liat, besi, oksigen, hidroksida dan material organik. Kebanyakan batu kapur komersial mengandung oksida besi, aluminium, magnesium, silika dan belerang, dengan CaO (22 – 56 %) dan MgO (sekitar 21 %) sebagai komponen utamanya (Arifin, 2010).

Di masa dahulu batu kapur dipakai sebagai pengeras tembok, namun dalam industri moderen dipakai sebagai bahan pembuat semen dan kapur juga dipakai dalam sektor pertanian dan perkebunan untuk mengurangi keasaman tanah (menaikkan pH). Agar dapat digunakan sebagai campuran pupuk, batu kapur harus dibakar sehingga dihasilkan kapur tohor (CaO). Secara teoritis, pada proses ini diemisikan gas-gas seperti: NO₂, SO₂, dan CO yang menambah pencemaran udara (Saefudin, 2010).

2.3.2 Dampak Batu Kapur

Batu kapur merupakan batuan sedimen jenis khusus yang terbentuk oleh fosil-fosil hewan laut yang terdegrasi, kandungan utama dari batu kapur adalah CaCO₃ sebanyak 95% dan MgCO₃ sebanyak 11%. Jika terpapar dalam jumlah sedikit dengan waktu yang singkat tidak akan menimbulkan bahaya terhadap tubuh, namun karena debu batu kapur mengandung kristal silika sebanyak 1-20% maka akan sangat bahaya bagi tubuh jika terhirup dalam jumlah besar dan waktu panjang yang relatif lebih dan seketika itu cepat diserap oleh paru-paru dan kemudian masuk ke dalam darah setelah memasuki tubuh terdapat efek dari debu batu kapur bisa menyebabkan iritasi kulit,

mata, hidung, dan tenggorokan, mengganggu pernafasan, pusing, sakit kepala, rasa tidak nyaman pada tubuh, dan kelelahan (Geneva, 2011).

2.3.3 Kandungan Bahan Kimia Batu Kapur

Bahan kimia dan gas yang beracun yang terkandung dalam batu kapur adalah CaCO_3 , SiO_2 , FeO_3 , MgO , Na_2O , CO , NO , dan H_2O . Batu kapur ini dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku industri oksidasi untuk memproduksi ethylene. Ethylene itu sendiri adalah senyawa tak jenuh dan menggabungkan langsung dengan klorin dan bromin yang berwarna, hidrokarbon gas C_2H_4 , membentuk unsur penting $\text{H}_2\text{C}=\text{CH}_2$ menerangi gas, dan juga diperoleh aksi asam sulfat pekat dalam alkohol. Namun bahan-bahan kimia dan gas-gas tersebut juga dapat menimbulkan faktor-faktor negatif seperti, keracunan gas, uap, dan debu bahan kimia, yang diantaranya disebabkan oleh karbon monoksida. Faktor-faktor yang mempengaruhi terjadinya keracunan bahan kimia antara lain:

1. Lingkungan Kerja

Udara yang memenuhi persyaratan, merupakan faktor yang sangat penting bagi kesehatan pekerja. Persyaratan tersebut tidak hanya kebersihannya, tapi juga suhu dan kelembapannya.

2. Panas

Panas akan meningkatkan daya kerja bahan kimia dan kecepatan absorpsinya. Panas dan kelembapan, menurunkan daya tahan seseorang dan meningkatkan absorpsi gas atau uap bahan kimia oleh tubuh.

3. Waktu Kerja

Lebih lama seseorang bekerja dalam lingkungan yang mengandung bahan kimia akan lebih besar kemungkinan keracunan karena lebih banyak kontak langsung dan menghirupnya.

4. Jenis Kelamin

Berdasarkan pengamatan, pekerja pria lebih mudah terkena dan lebih berat menderita akibat keracunan bahan kimia.

2.3.4 Pencemaran Udara

Pencemaran udara yang terjadi berasal dari sumber alami dan akibat kegiatan manusia. Berbagai macam kegiatan manusia untuk memperoleh energi dan memproses bahan dalam industri, menggunakan bahan bakar fosil yang menghasilkan pencemaran udara apabila tidak dikendalikan. Sebagai makhluk hidup yang mendambakan udara bersih, maka senantiasa menjaga kualitas udara sesuai dengan kebutuhan kesehatan manusia.

Polusi udara yang diakibatkan oleh aktivitas manusia pada umumnya berasal dari debu batu kapur. Polusi udara tersebut terdiri dari: debu (partikulat), nitrogen monoksida (NO) dan karbon monoksida (CO). Parameter pencemaran lainnya adalah timbal (Pb) yang dikandung dalam bensin (premium). Peningkatan zat pencemar tersebut di udara masih tetap berlangsung terus-menerus sejalan dengan laju pertumbuhan ekonomi dimana telah memberikan kontribusi besar dalam menurunkan kualitas udara bagi kehidupan manusia sehingga mengganggu kenyamanan, kesehatan dan bahkan keseimbangan iklim global.

Sumber pencemaran udara sangat dipengaruhi oleh arah angin, kecepatan angin, radiasi sinar matahari, dan temperatur. Sehingga dalam permodelan distribusi pencemaran udara perlu dipahami mekanisme transportasi jenis pencemaran (Saefudin, 2010).

2.3.4.1 Gas Karbon Monoksida (CO)

Apabila bahan bakar fosil atau organik, misalnya minyak tanah, bensin, atau bahan kayu yang terbakar, maka tiap atom karbon akan bereaksi dengan dua atom oksigen di atmosfer dan terbentuk CO_2 , apabila proses pembakaran terbentuk tersebut tidak sempurna (kekurangan waktu dan oksigen) maka tiap atom karbon akan bereaksi dengan satu atom oksigen dan terbentuklah CO (karbon monoksida). Gas ini mempunyai sifat lebih ringan dari udara, tidak berbau, tidak berwarna, dan tidak berasa. Secara alamiah, CO dapat berasal dari reaksi hidrokarbon, metana di atmosfer.

Dampak CO terhadap tubuh manusia

Saat manusia menghirup udara untuk bernafas, maka udara yang mengandung oksigen, nitrogen, dan kemungkinan karbon monoksida serta gas lainnya akan tertarik ke dalam paru-paru dan terus ke alveoli. Di dalam alveoli inilah gas akan mengalami perubahan angkutan dari melalui udara berubah sistem peredaran darah.

Harga normal dari karbonmonoksida dalam darah sekitar 0,5%. Kadar ini akan meningkat apabila seseorang itu menderita sakit. Gas oksigen dan karbon monoksida akan ditarik oleh zat besi dalam hemoglobin (Hb) dan hemoglobin ini mempunyai daya ikat yang besar terhadap karbon monoksida. Kadar

karboksihemoglobin (COHb) juga tergantung kepada dua keadaan, yaitu frekuensi pernafasan dan kadar CO di atmosfer. Jika kadar karboksihemoglobin (COHb) meningkat, maka kadar oksigen berkurang, karena molekul CO menangkap sebagian besar hemoglobin. Berkurangnya kadar oksigen tubuh akan menyebabkan kelainan yang berkaitan dengan gas CO.

Gejala-gejala keracunan CO antara lain akan menimbulkan hipoksia jaringan tubuh, pusing, rasa tidak enak pada mata, telinga berdengung, mual muntah, detak jantung meningkat, rasa tertekan di dada kesukaran bernafas dan kelemahan otot-otot.

2.3.4.2 Nitrogen Monoksida (NO)

Selain terdapat di alam, nitrogen monoksida (NO) dan nitrogen dioksida (NO₂) berasal dari gas-gas yang di hasilkan oleh buangan kendaraan bermotor dan pusat-pusat tenaga listrik. Tidak seperti karbon dan sulfur, NO tidak terdapat dalam bahan bakar minyak, akan tetapi berasal dari udara dimana terjadi proses pembakaran dari senyawa ini. Pengaruh NO terhadap lingkungan kesehatan tidak diketahui dengan jelas, akan tetapi NO dalam kadar yang cukup tinggi dapat bereaksi dengan hemoglobin dan mempunyai sifat yang sama dengan CO, karena dapat menghalangi fungsi normal hemoglobin dalam darah. Beberapa penelitian menunjukkan NO memberikan efek yang dapat menyebabkan iritasi pada mata, saluran pernafasan, dan pembengkakan pada paru-paru karena waktu paparan yang cukup lama pada konsentrasi 1 ppm. Absorpsi gas NO oleh mukosa dapat menyebabkan peradangan saluran pernafasan bagian atas dan iritasi pada mukosa mata.

2.3.4.3 Partikulat

Pencemaran udara oleh partikel dapat di sebabkan karena peristiwa alamiah dan dapat pula di sebabkan karena ulah manusia, lewat kegiatan industri dan teknologi. Secara umum partikel yang mencemari udara dapat merusak lingkungan, tanaman, hewan, dan manusia, partikel-partikel tersebut sangat merugikan kesehatan manusia. Pada umumnya udara yang telah tercemar oleh partikel dapat menimbulkan berbagai macam penyakit saluran pernafasan atau *pneumokoniosis*.

Pada saat orang menarik nafas, udara yang mengandung partikel akan terhirup ke paru-paru. Ukuran partikel (debu) yang masuk ke dalam paru-paru akan menentukan letak penempelan atau pengendapan partikel tersebut. Partikel yang berukuran lebih dari 5 mikron akan tertahan di saluran nafas bagian atas, sedangkan partikel berukuran 3-5 mikron akan tertahan pada saluran pernafasan bagian tengah. Partikel yang berukuran lebih kecil 1-3 mikron, akan masuk ke dalam kantong udara paru-paru menempel pada alveoli. Partikel yang lebih kecil lagi, kurang dari 1 mikron, akan ikut keluar saat nafas di hembuskan.

Pneumokoniosis adalah penyakit saluran pernafasan yang di sebabkan oleh adanya partikel (debu) yang masuk atau mengendap di dalam paru-paru. Penyakit pneumokoniosis banyak jenisnya tergantung dari jenis partikel (debu) yang masuk atau terhirup ke dalam paru-paru. Di sini akan di uraikan beberapa jenis penyakit pneumokoniosis yaitu: silikosis, asbestosis, bisinosis, antrakosis dan beriliosis (Wardana, 2010).

2.3.5 Tambang Batu Kapur

Batu kapur merupakan salah satu jenis hasil galian golongan C yaitu bahan galian yang tidak termasuk golongan strategi dan vital, yang tercantum dalam undang-undang No. 11 tahun 1967 tentang ketentuan-ketentuan pokok pertambangan. Kegiatan pertambangan batu kapur dapat dibagi menjadi dua jenis yaitu pertambangan skala besar dan pertambangan skala kecil. Jenis pertambangan skala kecil sering disebut pertambangan rakyat. Hal ini dikarenakan kegiatan pertambangan dilakukan oleh masyarakat setempat secara bersama-sama dengan menggunakan alat sederhana, yang bertujuan untuk memenuhi kebutuhan sehari-hari. Pertambangan batu kapur biasanya dilakukan oleh perseorangan atau oleh warga masyarakat yang tinggal di sekitar wilayah pertambangan, namun ada juga penambangan yang dilakukan oleh pengusaha kecil maupun besar (Arvina, 2009).

2.3.5.1 Sistem Pertambangan Batu Kapur

Risyanto (2009) sistem pertambangan batu kapur yang sering dilakukan oleh pertambangan rakyat dibagi menjadi dua jenis yaitu:

1. Sistem Pertambangan Terbuka

Sistem pertambangan terbuka atau open pit mining menghasilkan bahan tambang dolomit berupa hancuran atau batuan pecah, dan batuan ini masih harus diproses lebih lanjut untuk keperluan tertentu. Sistem pertambangan seperti ini memiliki prosedur yaitu langsung memotong lereng atau tebing bukit kapur hingga menghasilkan depresi luas dinding belereng dapat mencapai $>90^\circ$. Sistem pertambangan seperti ini merupakan sistem pertambangan yang banyak digunakan

oleh masyarakat. Dengan menggunakan peralatan tradisional maupun peralatan mekanik.

2. Sistem Pertambangan Tertutup

Sistem pertambangan tertutup merupakan sistem yang pelaksanaannya dengan cara membuat gua-gua tambang dengan tiang penyangga dari gua tambang itu adalah dolomititu sendiri, peralatan yang digunakan pada sistem pertambangan ini adalah peralatan tradisional antara lain bethel, bodem, linggis dan lain-lain. Sistem seperti ini adalah sistem yang paling sering ditemukan pada pertambangan rakyat.

2.3.6 Kegiatan Pertambangan Batu Kapur

Proses pertambangan batu kapur sendiri terdiri dari beberapa tahapan proses yang diawali dengan proses peledakan (blasting) yang bertujuan untuk membongkar atau melepaskan batuan (losses) dari batuan induknya, dilanjutkan dengan pemecahan bongkahan batu kapur menjadi diameter yang lebih kecil (breaking), kemudian pengambilan material (loading), dilanjutkan dengan pemuatan material (hauling) dan tahapan terakhir adalah pembuangan material (dumping) ke dalam crusher (Frakhruzy, 2009).

2.3.7 Hubungan Kadar Hemoglobin (Hb) dengan Batu Kapur

Batu kapur mengandung CaCO_3 yang dapat menghambat penyerapan zat besi dalam tubuh sehingga zat besi dalam darah berkurang atau rendah. Dengan berkurangnya zat besi maka terjadi pembentukan hemoglobin dan konsentrasi hemoglobin menjadi turun atau rendah, zat besi itu sendiri merupakan komponen pembentukan hemoglobin (Hb) dalam darah. Jika kadar hemoglobin (Hb) rendah

maka sering mengakibatkan anemia, yaitu suatu gangguan yang disebabkan oleh rendahnya jumlah sel darah merah. Anemia terjadi ketika tubuh memproduksi terlalu sedikit sel darah merah, kehilangan terlalu banyak sel darah merah atau mematikan sel darah merah lebih banyak dari pada menggantinya (Arifin, 2010).

Di dalam batu kapur terdapat gas CO, dengan terpaparnya gas CO pada pernafasan kita terus-menerus dengan gas CO misalnya pada pekerja tambang kapur. Maka apabila keracunan gas CO akan menimbulkan hipoksia jaringan tubuh karena kekurangan oksigen di dalam aliran darah, akibatnya pasokan oksigen darah ke jaringan tubuh juga berkurang. Kejadian ini disebabkan ikatan gas CO dengan hemoglobin membentuk karboksihemoglobin (COHb) yang 200-300 kali lebih kuat dibandingkan ikatan oksigen dengan hemoglobin. Akibatnya oksigen terdesak dan terlepas dari ikatannya dengan hemoglobin, hal ini terdapat pada hemoglobin rendah (Saefudin, 2010).

Tingkat hemoglobin dalam darah yang rendah, maka pasokan oksigen ke berbagai bagian tubuh akan berkurang dengan berkurangnya pasokan oksigen ke berbagai bagian tubuh, fungsi tubuh akan terhambat. Orang dengan kadar hemoglobin yang rendah menjadi sangat lelah karena sel-sel mereka tidak mendapatkan oksigen yang cukup untuk melakukan aktivitasnya. Gejalanya lesu, pusing, mual, muntah, sesak nafas, kelopak mata pucat, selera makan berkurang. Ketika tubuh kekurangan hemoglobin jantung harus memompa darah lebih keras dari biasanya untuk memastikan agar oksigen mencapai tempat yang membutuhkannya.

Hemoglobin rendah menunjukkan rendahnya tingkat oksigen dalam darah yang sering menyebabkan sesak nafas. Untuk mengatasi kekurangan oksigen dalam

darah, tubuh mencoba untuk meningkatkan daya kerja jantung. Hal ini menimbulkan gejala seperti jantung berdebar dan nyeri dada. Kadar hemoglobin rendah juga dapat memperburuk masalah jantung yang telah ada (Admin, 2011).