

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Pencemaran Udara

Pencemaran udara adalah suatu kondisi di mana kualitas udara menjadi rusak dan terkontaminasi oleh zat-zat yang tidak berbahaya maupun yang membahayakan kesehatan tubuh manusia. Pencemaran udara sering terjadi di kota-kota besar, daerah padat industri, dan terminal yang menghasilkan gas-gas yang mengandung zat yang melebihi batas kewajaran. Selain itu pencemaran udara juga dikatakan sebagai perubahan atmosfer karena masuknya bahan-bahan kontaminan alami atau buatan ke dalam atmosfer yang mengakibatkan kelainan pada penduduk di sekitar. Sumber pencemaran udara didapat dari berbagai macam, misal industri, perkapalan, emisi kendaraan bermotor dan proses alami oleh makhluk hidup.

Polutan yang berada di udara dapat berupa gas (CO, NO_x, SO₂, Pb). Polutan terhirup melalui saluran pernapasan, sehingga polutan dapat masuk ke dalam tubuh dan masuk ke dalam pembuluh darah sistemik. Terpaparnya komponen pencemaran udara dapat mempengaruhi viskositas darah, sehingga mempengaruhi beberapa hasil pemeriksaan hematologi.

Beberapa ton emisi gas buangan yang buruk dilepas setiap harinya. Hal tersebut dapat mempengaruhi sistem dan fungsi syaraf pada masyarakat serta dapat mempengaruhi tingkat kecerdasan pada anak dan remaja. Efek dari pencemaran udara dapat mempengaruhi kerja jantung, saluran pernapasan,

pencernaan, serta mempengaruhi beberapa hasil pada pemeriksaan hematologi. Emisi kendaraan bermotor merupakan kontribusi terbesar terhadap konsentrasi NO₂ dan CO di udara yang jumlahnya mencapai 50% bahkan lebih dan bahan bakar fosil yang kualitasnya kurang baik dapat menghasilkan emisi gas buangan yang buruk seperti partikulat, nitrogen oksida, precursor ozon, hidro karbon.

Karbon monoksida apabila terhirup kedalam paru-paru akan ikut serta ke dalam peredaran darah dan menghalangi masuknya oksigen dalam jaringan tubuh. Karbon monoksida bersifat racun metabolis, yang ikut bereaksi secara metabolis dengan darah seperti halnya oksigen mudah bereaksi dengan darah. Sehingga konsentrasi gas karbon monoksida (CO) di udara yang terhirup secara langsung akan mempengaruhi konsentrasi karboksihemoglobin (COHb).

B. Komponen Pencemaran Udara

1. Nitrogen Oksida

Gas nitrogen oksida (NO_x) ada dua macam, yaitu nitrogen monoksida (NO) dan nitrogen dioksida (NO₂). Gas NO yang mencemari udara secara kasat mata sulit diamati karena gas tersebut tidak berbau dan tidak berwarna. Sedangkan gas NO₂ berbau sangat menyengat dan berwarna coklat kemerahan. Sifat toksisitas gas NO₂ lebih kuat, apabila paru-paru terkontaminasi gas NO₂ akan membengkak sehingga kesulitan untuk bernapas. Gas NO dalam batas normal tidak berbahaya bagi lingkungan, kecuali jika teroksidasi oleh oksigen menjadi lebih berbahaya karena menjadi gas NO₂.

2. Karbon Dioksida

Karbon dioksida berasal dari pembakaran sempurna dari hidrokarbon. Karbon dioksida tidak berbahaya bagi manusia, namun kenaikan kadar CO₂ di udara mengakibatkan suhu di permukaan bumi menjadi meningkat. Tidak seperti senyawa CO yang mempunyai potensi bersifat racun yang berbahaya karena mampu membentuk ikatan yang kuat dengan hemoglobin. Apabila gas CO darah (HbCO) mengalami peningkatan dan cukup tinggi maka akan terjadi gejala seperti pusing, mual, sesak napas, konsentrasi menurun, tidak sadar, bahkan dapat menyebabkan kematian.

3. Belerang Oksida

Sebagian besar pencemaran udara yang disebabkan oleh belerang oksida (SO_x) didapati dari pembakaran bahan bakar fosil, terutama batu bara. Gas belerang oksida (SO_x) ada dua macam, yaitu SO₂ dan SO₃. Dalam pembakaran akan menghasilkan gas SO₂ lebih banyak daripada SO₃. Walaupun jumlah gas SO₂ lebih banyak tetapi jika bercampur dengan udara yang mengandung oksigen akan menghasilkan gas SO₃. Udara yang tercemar SO_x menyebabkan gangguan pada sistem pernapasan, karena SO_x mudah menjadi asam tersebut menyerang selaput lendir pada hidung, tenggorokan, dan saluran pernapasan yang lain sampai ke paru-paru. Apabila waktu paparan terhadap gas SO_x cukup lama maka akan terjadi peradangan yang hebat pada selaput lendir yang diikuti oleh *paralysis cilia* (kelumpuhan sistem pernapasan) yang diikuti kematian.

4. Timbal

Komponen lingkungan mempunyai konsentrasi kadar timbal yang tinggi. Timbal merupakan pencemaran udara yang berasal dari gas buangan kendaraan bermotor. Juga merupakan racun yang bila menumpuk di dalam tubuh akan menimbulkan kerusakan permanen pada otak, darah dan organ tubuh lainnya. Timbal sudah terbukti merusak sistem dan fungsi syaraf pada tubuh. Apabila terlalu lama bekerja di jalanan ataupun wilayah industri dan terpapar timbal maka kadar Pb dalam darah juga tinggi, sehingga dapat juga menyebabkan hipertensi.

5. Proses Masuknya Komponen Pencemaran Udara dalam Tubuh Manusia

Masuknya komponen pencemaran udara ke dalam tubuh manusia melalui sistem respirasi juga melalui sistem pencernaan. Saat manusia menghirup udara untuk bernapas, maka udara yang mengandung oksigen, nitrogen, serta gas lainnya juga ikut terhirup dan masuk ke dalam paru-paru lalu ke alveoli. Di dalam alveoli gas akan mengalami perubahan angkutan dari melalui udara berubah menjadi melalui sistem peredaran darah. Demikian maka molekul oksigen menembus dinding jaringan dan terikat oleh molekul hemoglobin dalam sel darah merah. Dalam keadaan normal hemoglobin berfungsi sebagai pengangkut oksigen (O_2) dalam bentuk oksihemoglobin dari paru-paru.

C. Darah

Darah adalah komponen esensial makhluk hidup yang berbentuk cair dan berwarna merah. Darah membentuk 6-8% dari berat tubuh total dan terdiri dari sel darah yaitu eritrosit, leukosit, dan trombosit yang terdapat dalam plasma darah.

Darah mengandung elektrolit sehingga berguna sebagai medium pertukaran sel-sel yang terfiksasi dari tubuh dengan lingkungan luar.

Fungsi utama dari darah sebagai pengatur suhu, pemelihara keseimbangan cairan, kadar asam basa darah, serta sebagai alat transport oksigen oleh hemoglobin ke jaringan dan dari jaringan. Sel darah hampir keseluruhan dihasilkan oleh sumsum tulang. Dalam tubuh tiap individu terdapat kira-kira 200-300 gram protein dalam bentuk koloid dan mempengaruhi viskositas darah.

D. Macam Pemeriksaan Darah

1. Eritrosit

Eritrosit merupakan bagian utama dari sel darah. Eritrosit mempunyai bentuk bikonkaf berwarna kekuning-kuningan dan dapat berwarna merah karena di dalam sitoplasma terdapat pigmen warna merah berupa hemoglobin. Sebagian besar sitoplasma eritrosit berisi hemoglobin yang mengandung Fe.

Hitung eritrosit adalah jumlah eritrosit per millimeterkubik darah. Masa hidup eritrosit sekitar 120 hari, kemudian di rombak ke dalam hati dan limpa. Sebagian dari hemoglobin dirubah menjadi bilirubin dan biliverdin atau disebut pigmen biru yang member warna pada empedu. Zat besi hasil penguraian hemoglobin selanjutnya digunakan untuk membentuk sel eritrosit yang baru.

2. Hemoglobin

Hemoglobin merupakan sel darah merah dalam darah arteri yang mengangkut oksigen dari paru-paru ke jaringan dan kembali lagi ke darah vena dengan karbon dioksida (CO₂) ke paru-paru. Hemoglobin mengikat oksigen dari paru-paru dan membentuk oksihemoglobin (HbO₂) yang selanjutnya dibawa ke

seluruh jaringan tubuh. Pengiriman oksigen merupakan fungsi utama dari hemoglobin. Pada pembuluh kapiler, oksihemoglobin terurai menjadi hemoglobin dan oksigen kemudian oksigen tersebut akan berdifusi ke sel-sel tubuh. Jika hemoglobin banyak mengikat oksigen maka pada darah akan berwarna cerah dan jika hemoglobin tidak banyak mengikat oksigen maka darah akan terlihat berwarna lebih gelap atau merah tua. Jika sampel keracunan CO lalu menerima O₂ murni maka perubahan HbCO menjadi HbO₂ meningkat. Keracunan paparan pencemaran udara yang akut dapat menyebabkan hipoksia jaringan karena penurunan transportasi O₂.

Definisi hemoglobin yang abnormal adalah hemoglobin yang sifat alamiah maupun kimianya berlainan dengan komplemen-komplemen normal. Sel darah merah merupakan suatu bentuk kompleks yang dibentuk oleh logam Fe dengan gugus haemo dan globin yang melibatkan 2 enzim, yaitu enzim ALAD (*Amino Levulinic Acid Dehidrase*) atau asam amino levulinat dehidrase dan enzim ferrokkelatase. Enzim ALAD akan bereaksi secara aktif pada awal sintesa dan selama sel darah merah bersirkulasi. Diantara enzim yang terlibat, kedua enzim tersebut termasuk yang paling rentan terhadap pencemaran udara.

3. Hematokrit

Hematokrit adalah hasil pengukuran yang menyatakan perbandingan sel darah merah terhadap volume darah yang dinyatakan menggunakan satuan persen. Nilai dari hasil pemeriksaan hematokrit bervariasi tergantung pada kondisi fisik seseorang misalnya, ketinggian tempat tinggal, aktifitas sehari-hari, menderita anemia atau tidak. Semakin besar presentase sel di dalam tubuh semakin besar

pula hematokritnya dan mempengaruhi viskositas darah. Nilai hematokrit digunakan dalam perhitungan nilai indeks eritrosit.

4. Nilai Indeks Eritrosit

Nilai indeks eritrosit dipergunakan secara luas dalam mengklasifikasi anemia atau sebagai penunjang dalam membedakan berbagai macam jenis anemia. Cara mengetahui hasil nilai indeks eritrosit dengan menghitung nilai MCV, MCH, MCHC sebagai berikut:

a. MCV (Mean Corpuscular Volume)

MCV mengindikasikan ukuran eritrosit, yaitu : mikrositik (MCV lebih kecil daripada normal), normositik (MCV normal), dan makrositik (MCV lebih besar daripada normal). Penurunan nilai disebabkan karena anemia mikrositik, anemia defisiensi besi (ADB), malignansi, artritis reumatoid, hemoglobinopati (talasemia, anemia sel sabit, hemoglobin C), keracunan timbal, radiasi.

MCV dalam darah normal (82-92 fl)

Mean corpuscular volume dihitung menggunakan rumus :

$$\text{MCV} = \frac{\text{hematokrit}}{\text{jumlah eritrosit}} \times 10$$

b. MCH (Mean Corpuscular Hemoglobin)

MCH mengindikasikan bobot hemoglobin di dalam eritrosit tanpa memperhatikan ukurannya. Derajat hemoglobinisasi sel dapat diperkirakan dengan mengukur MCH dan dapat digambarkan sebagai memiliki hemoglobin rata – rata normal (normokromik) atau hemoglobin rata – rata kurang daripada normal (hipokromik).

MCH dalam darah normal (26-34 pg)

Mean corpuscular hemoglobin dihitung menggunakan rumus :

$$\text{MCH} = \frac{\text{hemoglobin}}{\text{jumlah eritrosit}} \times 10$$

c. MCHC (Mean Corpuscular Hemoglobin Concentration)

MCHC mengindikasikan konsentrasi hemoglobin per unit volume eritrosit dan merupakan hal penting dalam mengevaluasi anemia dan kelainan hematologik lain. Penurunan nilai MCHC dijumpai pada anemia hipokromik, defisiensi zat besi serta talasemia.

MCHC dalam darah normal (32-36%)

Mean corpuscular hemoglobin concentration dihitung menggunakan rumus :

$$\text{MCHC} = \frac{\text{hemoglobin}}{\text{hematokrit}} \times 100\%$$

5. Anemia

Anemia adalah suatu kondisi tubuh yang terjadi ketika sel-sel darah merah (eritrosit) dan Hemoglobin (Hb) yang sehat dalam darah berada dibawah nilai normal (kurang darah). Hemoglobin adalah bagian utama dari sel darah merah yang berfungsi mengikat oksigen. Jika seseorang kekurangan sel darah merah, atau hemoglobin yang normal, maka sel-sel dalam tubuh tidak akan mendapatkan oksigen yang cukup, akibatnya timbul gejala anemia. Gejala anemia seperti lemah dan lesu terjadi karena organ-organ tidak mendapatkan apa yang di butuhkan untuk berfungsi dengan baik, yaitu oksigen.

Oksigen sangat dibutuhkan tubuh untuk proses fisiologis dan biokimia pada seluruh jaringan tubuh. Pasokan oksigen dan sel darah merah yang kurang

akan membuat seseorang mengalami anemia dan timbul gangguan fisiologis pada tubuh. Timbulnya anemia juga di sebabkan oleh asupan makanan yang salah atau sumber gizi yang tidak seimbang terutama jika zat besi kurang, karena zat besi merupakan senyawa penting sebagai penyusun hemoglobin.

6. Jenis Anemia

a. Anemia mikrositik hipokrom

Suatu keadaan kekurangan Fe dalam tubuh yang mengakibatkan pembentukan eritrosit atau sel darah merah mengalami ketidakmatangan (imatur). Sel darah merah yang terbentuk ukurannya lebih kecil dari normal dan hemoglobin dalam sel darah merah berjumlah sangat sedikit. Faktor penyebab utama jenis anemia ini di pengaruhi oleh daya serap tubuh terhadap zat besi. Biasanya penderita mengalami gejala anemia mikrositik hipokromik karena memiliki gangguan daya serap zat besi. Akibatnya kadar zat besi yang di butuhkan untuk pembentukan darah tidak tercukupi. Anemia ini sering disebut dengan anemia defisiensi besi.

b. Anemia normositik normokrom

Anemia ini terjadi karena pengeluaran darah/destruksi darah yang berlebih sehingga menyebabkan sumsum tulang harus bekerja lebih keras lagi dalam proses eritropoiesis. Sehingga banyak eritrosit muda (retikulosit) yang terlihat pada gambaran darah tepi. Jika retikulosit tidak ditemukan, maka dicurigai adanya anemia aplastik, anemia defisiensi besi dan B12 yang tidak diobati, terapi radiasi, masalah endokrin, kegagalan sumsum tulang, sindrom mielodisplasia, dan alkoholism.

Peningkatan retikulosit menandakan respons sumsum tulang yang masih baik terhadap anemia, sehingga kemungkinan penyebab anemia dapat dipikirkan karena kelainan yang tidak melibatkan sumsum tulang, yaitu anemia hemolitik atau anemia karena perdarahan. Anemia dengan retikulosit rendah dapat terjadi karena penurunan produksi eritrosit di sumsum tulang, seperti pada anemia sekunder (penyakit hati, penyakit ginjal, dan penyakit endokrin), penyakit infiltratif (leukemia, mielofibrosis, mieloma), mielodisplasia, atau anemia aplastik. Selain itu, juga dapat ditemukan pada awal anemia penyakit kronik atau defisiensi besi.

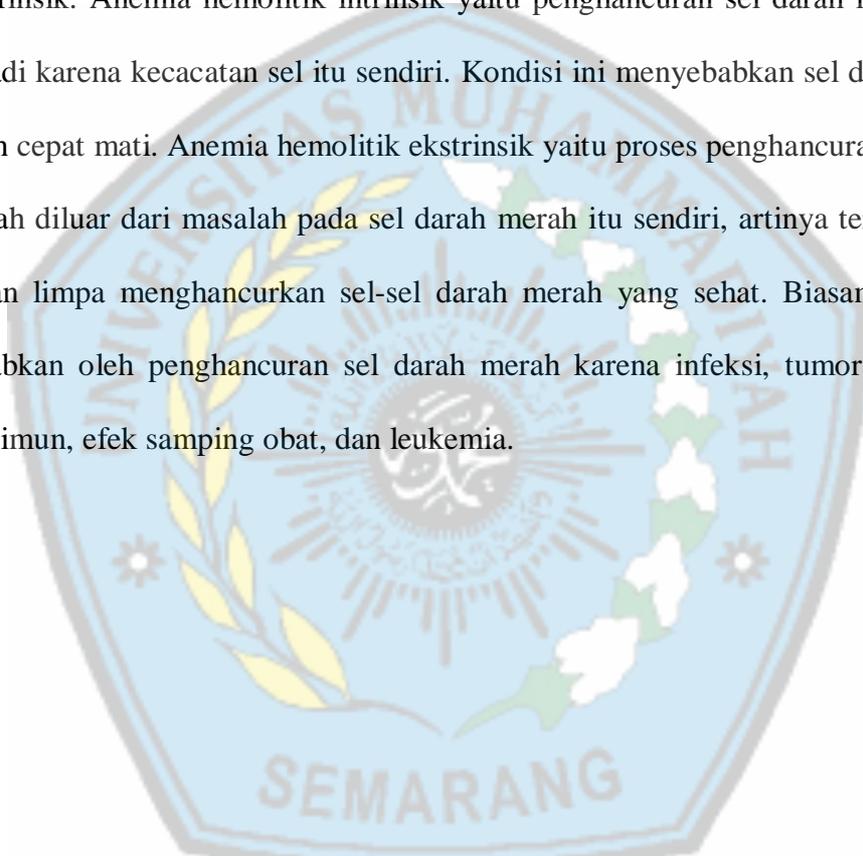
c. Anemia makrositik

Anemia makrositik biasanya ditandai dengan ukuran eritrosit yang besar yang disebabkan karena pematangan eritrosit yang tidak sempurna. Ukuran eritrosit yang matang berukuran kecil, sedangkan ukuran eritrosit yang belum matang berukuran besar. Anemia makrositik disebabkan karena pematangannya tidak sempurna, gangguan pada hepar, atau gangguan pada sumsum tulang. Gangguan ini menyebabkan eritrosit berukuran makro ($MCV > 100\text{fl}$).

Anemia ini disebabkan karena kekurangan vitamin B 12. Sumsum tulang memerlukan vitamin B 12 dan asam folat untuk menghasilkan sel darah merah. Jika salah satunya kurang bisa terjadi anemia megaloblastik. Anemia makrositik memiliki ciri-ciri sel darah putih dan jumlah trombositnya abnormal. Peranan asam folat dan vitamin B 12 adalah sebagai metabolisme intraseluler.

d. Anemia hemolitik

Anemia yang terjadi ketika sel darah merah mati lebih cepat daripada proses pembentukan sel darah merah oleh sumsum tulang. Anemia hemolitik biasanya disebabkan oleh kelainan darah, racun, serta infeksi. Ada dua jenis anemia hemolitik yaitu anemia hemolitik intrinsik dan anemia hemolitik ekstrinsik. Anemia hemolitik intrinsik yaitu penghancuran sel darah merah yang terjadi karena kecacatan sel itu sendiri. Kondisi ini menyebabkan sel darah merah lebih cepat mati. Anemia hemolitik ekstrinsik yaitu proses penghancuran sel darah merah diluar dari masalah pada sel darah merah itu sendiri, artinya terjadi ketika organ limpa menghancurkan sel-sel darah merah yang sehat. Biasanya juga disebabkan oleh penghancuran sel darah merah karena infeksi, tumor, gangguan autoimun, efek samping obat, dan leukemia.



E. Kerangka Teori

