

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 TINJAUAN TENTANG ANEMIA**

##### **2.1.1 Pengertian Anemia**

Anemia adalah penyakit kurang darah yang ditandai dengan kadar hemoglobin (Hb) dan sel darah merah (eritrosit) lebih rendah dibandingkan normal (Soebroto, 2010). Anemia adalah keadaan menurunnya kadar hemoglobin, hematokrit, dan jumlah sel darah merah dibawah nilai normal yang dipatok untuk perorangan (Arisman, 2007).

Anemia (dalam bahasa Yunani: *ἀναιμία* anaimia, artinya kekurangan darah) adalah keadaan saat jumlah sel darah merah atau jumlah hemoglobin (protein pembawa oksigen) dalam sel darah merah berada di bawah normal. Sel darah merah mengandung hemoglobin yang memungkinkan mereka mengangkut oksigen dari jantung yang diperoleh dari paru-paru, dan kemudian mengantarkannya ke seluruh bagian tubuh (Ragavendra, 2007).

Anemia adalah penyakit darah yang sering ditemukan. Beberapa anemia memiliki penyakit dasarnya. Anemia bisa diklasifikasikan berdasarkan bentuk atau morfologi sel darah merah, etiologi yang mendasari, dan penampakan klinis. Penyebab anemia yang paling sering adalah perdarahan yang berlebihan, rusaknya sel darah merah secara berlebihan hemolisis atau kekurangan pembentukan sel darah merah ( hematopoiesis yang tidak efektif) (Ragavendra, 2007).

Anemia adalah kondisi dimana jumlah sel darah merah/hemoglobin dalam darah berada di bawah nilai normal. Batasan nilai normal hemoglobin berbeda antara pria dan wanita. Nilai normal hemoglobin pada pria adalah 13.5-17 g/dl sedang pada wanita 12-15 g/dl, BBLR 14-24 g/dl, ibu hamil 11-12 g/dl (Yoshe, 2012).

Anemia adalah suatu kondisi tubuh yang terjadi ketika sel-sel darah merah (eritrosit) dan/atau Hemoglobin (Hb) yang sehat dalam darah berada dibawah nilai normal (kurang darah) (Muhlisin, 2017).

Anemia ialah keadaan dimana massa eritrosit atau massa hemoglobin yang beredar tidak dapat memenuhi fungsinya untuk menyediakan oksigen bagi jaringan tubuh. Secara laboratorik dijabarkan sebagai penurunan dibawah normal kadar hemoglobin, hitung eritrosit dan hematokrit (*packed red cell*) (Bakta, 2003).

### **2.1.2 Gejala Anemia**

Gejala umum pada anemia adalah nilai kadar HB <7g/dl, pucat, kurang tenaga, cepat lelah, kepala terasa melayang, sklera mata tampak pucat, gelisah dan kadang sesak nafas. Penderita anemia cenderung mengalami penurunan hemoglobin. Kadar hemoglobin yang sedikit dalam darah mengurangi kemampuan hemoglobin mengikat oksigen sehingga menyebabkan penderita mengalami defisiensi oksigen. Defisiensi oksigen yang berkelanjutan dapat menyebabkan stroke dan serangan jantung (Yoshe, 2012).

Gejala anemia : bila anemia terjadi dalam waktu yang lama, konsentrasi Hb ada dalam jumlah yang sangat rendah sebelum gejalanya muncul. Gejala-gejala tersebut berupa :

- a) Asintomatik : terutama bila anemia terjadi dalam waktu yang lama
- b) Letargi : Suatu keadaan dimana terjadi penurunan kesadaran dan pemusatan perhatian serta kesiagaan.
- c) Nafas pendek atau sesak, terutama saat beraktifitas
- d) Kepala terasa ringan
- e) Palpitasi : Sensasi yang dirasakan saat jantung berdentum dengan kuat, cepat, dan tidak beraturan.
- f) Pucat
- g) Sirkulasi hiperdinamik, seperti takikardi, pulse yang menghilang, aliran murmur sistolik
- h) Gagal jantung
- i) Pendarahan retina (Vinay, 2007).

Tanda-tanda spesifik pada pasien anemia diantaranya :

- a) Glossitis : terjadi pada pasien anemia megaloblastik, anemia defisiensi besi
- b) Stomatitis angular : terjadi pada pasien anemia defisiensi besi
- c) Jaundis (kekuningan) : terjadi akibat hemolisis, anemia megaloblastik ringan.
- d) Splenomegali : akibat hemolisis, dan anemia megaloblastik.
- e) Ulserasi di kaki : terjadi pada anemia sickle cell
- f) Deformitas tulang : terjadi pada talasemia
- g) Neuropati perifer, atrofi optik, degenerasi spinal, merupakan efek dari defisiensi vitamin B12.

- h) Garing biru pada gusi (Burton's line), ensefalopati, dan neuropati motorik perifer sering terlihat pada pasien yang keracunan metal (Vinay, 2007).

Gejala-gejala tersebut apabila di klasifikasikan menurut organ yang terkena adalah sebagai berikut :

- a) Sistem kardiovaskuler : lesu, cepat lelah, palpitasi, takikardi sesak waktu kerja, angina pectoris dan gagal jantung.
- b) Sistem saraif : sakit kepala, pusing, telinga mendenging, mata berkunang-kunang, kelemahan otot, iritabel, lesu, perasaan dingin pada ekstremitas.
- c) Sistem urogenital : gangguan haid dan libido menurun
- d) Epitel : warna pucat pada kulit dan mukosa, elastisitas kulit menurun, rambut tipis dan halus (Bakta, 2003).

Gejala khas masing-masing anemia. Gejala yang menjadi ciri dari masing-masing jenis anemia, seperti :

- a) Anemia defisiensi besi : disfagia, atrofi papil lidah, stomatitis angularis
- b) Anemia defisiensi asam folat : lidah merah (*buffy tongue*)
- c) Anemia hemolitik : ikterus dan hepatosplenomegali
- d) Anemia aplastik : perdarahan kulit atau mukosa dan tanda-tanda infeksi (Bakta, 2003).

Gejala penyakit dasar yang menjadi penyebab anemia. Gejala ini timbul karena penyakit-penyakit yang mendasari anemia tersebut. Misalnya, anemia defisiensi besi yang disebabkan oleh infeksi cacing tambang berat akan menimbulkan gejala seperti : pembesaran parotis dan telapak tangan berwarna

kuning seperti jerami. Kanker kolon dapat menimbulkan gejala berupa perubahan sifat defekasi (*change of bowel habit*), feses bercampur darah atau lendir (Bakta, 2003).

### **2.1.3. Penanganan Anemia**

Penanganan anemia sangat tergantung pada faktor penyebabnya. Misal pada penderita gagal ginjal yang mengalami penurunan kadar hemoglobin, disarankan penderita segera diberikan transfusi darah. Pada penderita anemia akibat perdarahan akut misal akibat kecelakaan atau syok, pertahankan keseimbangan cairan dan elektrolit. Jika terjadi kehilangan darah dalam jumlah banyak lakukan transfusi dengan pengawasan ketat (Yoshe, 2012).

1. Anemia kekurangan zat besi. Bentuk anemia ini diobati dengan suplemen zat besi, yang mungkin Anda harus minum selama beberapa bulan atau lebih. Jika penyebab kekurangan zat besi kehilangan darah - selain dari haid - sumber perdarahan harus diketahui dan dihentikan. Hal ini mungkin melibatkan operasi.
2. Anemia kekurangan vitamin. Anemia perniosa diobati dengan suntikan - yang seringkali suntikan seumur hidup - vitamin B-12. Anemia karena kekurangan asam folat diobati dengan suplemen asam folat.
3. Anemia terkait dengan penyakit sumsum tulang. Pengobatan berbagai penyakit dapat berkisar dari obat yang sederhana hingga kemoterapi untuk transplantasi sumsum tulang.
4. Anemia hemolitik. Mengelola anemia hemolitik termasuk menghindari obat-obatan tertentu, mengobati infeksi terkait dan menggunakan obat-

obatan yang menekan sistem kekebalan Anda, yang dapat menyerang sel-sel darah merah. Pengobatan singkat dengan steroid, obat penekan kekebalan atau gamma globulin dapat membantu menekan sistem kekebalan tubuh menyerang sel-sel darah merah.

5. Sickle cell anemia. Pengobatan untuk anemia ini dapat mencakup pemberian oksigen, obat menghilangkan rasa sakit, baik oral dan cairan infus untuk mengurangi rasa sakit dan mencegah komplikasi. Dokter juga biasanya menggunakan transfusi darah, suplemen asam folat dan antibiotik. Sebuah obat kanker yang disebut hidroksiurea (Droxia, Hydrea) juga digunakan untuk mengobati anemia sel sabit pada orang dewasa (Amalia, 2012).

#### **2.1.4. Penyebab Didasarkan Atas Jenis Anemia**

##### **a) Anemia hemolitik**

Penyebabnya adalah jumlah sel darah merah (HB) berada di bawah nilai normal akibat kerusakan (dekstruksi) pada eritrosit yang lebih cepat dari pada kemampuan sumsum tulang mengantinya kembali. Jika terjadi hemolisis (pecahnya sel darah merah) ringan/sedang dan sumsum tulang masih bisa mengompensasinya, anemia tidak akan terjadi, keadaan ini disebut anemia terkompensasi. Namun jika terjadi kerusakan berat dan sumsum tulang tidak mampu mengantinya keadaan inilah yang disebut anemia hemolitik. Anemia hemolitik sangat berkaitan erat dengan umur eritrosit. Pada kondisi normal eritrosit akan tetap hidup dan berfungsi baik selama 120 hari, sedang pada penderita anemia hemolitik umur eritrosit hanya beberapa hari saja (Yoshe, 2012).

#### **b) Anemia aplastik**

Penyebab anemia aplastik adalah kegagalan sumsum tulang membentuk sel-sel darah merah sehingga tubuh mengalami kekurangan sel darah merah (pansitopenia). Angka kejadian anemia aplastik sangat rendah pertahun, kira-kira 2-5 kasus/tahun/juta penduduk. Meski angka kejadian penyakit sangat jarang, anemia aplastik menyerang segala umur dan penyakit ini tergolong berpotensi menyebabkan kematian. Penderita anemia aplastik tidak hanya mengalami kekurangan sel darah merah tetapi juga kekurangan sel darah putih (leukosit) sehingga penderita sangat mudah terpapar infeksi (Yoshe, 2012).

#### **c) Anemia makrositik**

Anemia Makrositik adalah jenis anemia akibat defisiensi vitamin C, B12, asam folat dan zat besi. Vitamin C, B12, asam folat dan zat besi merupakan zat-zat yang diperlukan tubuh untuk membantu pembentukan sel darah merah. Kekurangan zat-zat diatas dalam jangka waktu yang lama dapat menyebabkan anemia defisiensi. Angka kekurangan zat besi pada wanita sekitar 20%, wanita hamil pemegang resiko kekurangan zat besi paling tinggi yaitu sekitar 50%, sedang angka kejadian pada pria hanya sekitar 3% (Yoshe, 2012).

#### **d) Anemia akibat penyakit kronis**

Penyakit kronis yang menyebabkan anemia antara lain gagal ginjal, kanker usus besar, maag kronis, lupus, artritis rematik dan kelainan sumsum tulang. Sumsum tulang (bone marrow) adalah pabrik tempat pembentukan sel darah merah. Jika sumsum tulang belakang mengalami

gangguan misal karena kanker, sumsum tulang tidak dapat memproduksi sel darah merah yang berkualitas (Yoshe, 2012).

**e) Anemia akibat kelainan genetik**

Kelainan ini disebut sickle cell anemia atau thalasemia. Pada penderita thalasemia umur sel darah merah sangat pendek sehingga tubuh selalu kekurangan sel darah merah (Yoshe, 2012).

**f) Anemia akibat perdarahan akut**

Seperti akibat kecelakaan, pembedahan, persalinan, menstruasi berlebihan dan gastritis erosif akibat iritasi obat-obatan (Yoshe, 2012).

**g) Anemia Defisiensi Vitamin C**

Anemia yang disebabkan karena kekurangan vitamin C yang berat dalam jangka waktu lama. Penyebab kekurangan vitamin C adalah kurangnya asupan vitamin C dalam makanan sehari-hari. Vitamin C banyak ditemukan pada cabai hijau, jeruk, lemon, strawberry, tomat, brokoli, lobak hijau, dan sayuran hijau lainnya, serta semangka. Salah satu fungsi vitamin C adalah membantu penyerapan zat besi, sehingga jika terjadi kekurangan vitamin C, maka jumlah zat besi yang diserap (febriyanti, 2015).

**2.1.5. Anemia Pekerja**

Anemia berpengaruh terhadap daya tahan tubuh, yang pada akhirnya akan berdampak pada penurunan kualitas kerja dan mutu sumber daya manusia. Anemia berakibat buruk bagi penderitanya, terutama bagi golongan rawan gizi, yaitu anak

balita, anak sekolah, serta pekerja terutama yang berpenghasilan rendah (Febriyanti, 2015).

Anak yang terkena anemia akan terganggu pertumbuhan fisiknya dan perkembangan kecerdasannya terhambat. Selain itu aktivitas fisiknya, juga akan menurun. Ibu hamil anemia mengakibatkan kerawanan saat melahirkan, pendarahan, berat bayi lahir rendah, bahkan dapat menyebabkan kematian bagi ibu dan anak. Ibu yang sedang menyusui, kualitas air susu rendah dan jumlahnya berkurang (Febriyanti, 2015).

Bagi para pekerja, terutama perempuan anemia menyebabkan lesu, lelah, tenaga berkurang sehingga produktivitas menurun (Febriyanti, 2015). Tenaga kerja tersebut diduga rawan terhadap gejala anemia defisiensi besi yang dapat menyebabkan produktivitas kerja rendah (Yanik Riani Naryati, 2004).

#### **2.1.6. Penyebab Anemia Pada Pekerja**

Penyebab langsung terjadinya anemia beraneka ragam antara lain : defisiensi asupan zat gizi dari makanan (zat besi, asam folat, protein, vitamin C, vitamin B kompleks) konsumsi zat-zat penghambat penyerapan besi, penyakit infeksi, malabsorpsi, pendarahan, dan peningkatan kebutuhan. Penyebab langsung tersebut berhubungan dengan kualitas dan kuantitas makanan, akses pelayanan kesehatan, konsumsi suplemen, umur, kecacingan, pendidikan, pengetahuan tentang anemia, pendapatan, dan lingkungan (Husaaini dkk, 2001).

Mengonsumsi mono sodium glutamat (MSG) di yakini dapat menimbulkan gejala pusing, lemah, lesu, yang hampir sama dengan gejala anemia. Selain itu MSG dapat menyebabkan diare, mual, dan muntah sehingga

dapat mengganggu penyerapan (malabsorpsi). Zat-zat gizi yang dikonsumsi dalam waktu lama dapat menyebabkan anemia (Anglesay, 1998).

Faktor-faktor yang menyebabkan terjadinya anemia pada tenaga kerja wanita adalah asupan gizi yang kurang, menstruasi setiap bulan, dan aktifitas fisik yang berat, sedangkan faktor asupan zat gizi yang dianggap mempunyai peranan adalah asupan energi, protein, dan zat besi. Adanya ketidakseimbangan jumlah energi yang diasup dapat menyebabkan rendahnya asupan zat besi dan penyerapan zat besi menjadi kurang maksimal. Energi dihitung berdasarkan umur, berat badan, tinggi badan dan aktivitas fisiknya. Aktifitas fisik yang dilakukan pada tenaga kerjatermasuk dalam aktifitas sedang sampai berat. Tingginya aktivitas fisik dan terbatasnya waktu yang dimiliki untuk mengkonsumsi makanan, menyebabkan asupan makanan menjadi kurang dan akan mempengaruhi asupan zat gizi dalam pembentukan hemoglobin sehingga hemoglobin tidak dapat diproduksi secara normal (Febriyanti, 2015).

Penurunan kadar hemoglobin, hematokrit, dan hitung eritrosit (red cell count) merupakan tanda terjadinya anemia. Kadar hemoglobin yang rendah sangat berpengaruh terhadap kemampuan darah menghantarkan O<sub>2</sub> yang sangat dibutuhkan tubuh. Aktifitas yang berat akan meningkatkan kebutuhan oksigen dalam jaringan. Keadaan tersebut dapat diperburuk oleh kekurangan asupan zat gizi seperti protein, zink, zat besi, vitamin (B12, asam folat dan vitamin C). Gejala umum dari anemia adalah kelemahan tubuh, lesu, mudah lelah, pucat, pusing, penurunan konsentrasi, keringat dingin, mata berkunang-kunang dan penurunan daya tahan tubuh. Kadar hemoglobin normal dalam darah pada wanita dewasa adalah 12 – 16 gram/dl (Febriyanti, 2015).

### **2.1.7. Anemia pada kadar Hemoglobin**

Anemia bukan merupakan diagnosa akhir dari sesuatu penyakit akan tetapi selalu merupakan salah satu gejala dari sesuatu penyakit dasar misalnya:

Anemia defisiensi besi selalu terjadi akibat dari perdarahan kronis apakah itu disebabkan karsinoma colon atau ankilostomiasis dan lain-lain. Hal ini harus selalu diingat, oleh karenanya apabila kita telah menentukan adanya anemia maka menjadi kewajiban kita selanjutnya menentukan etiologi dari anemianya. Sehabis batas kadar hemoglobin yang normal untuk wanita adalah 12 gr% dan pria 14 gr% (untuk dewasa) dan tentu kita harus hati-hati atas faktor yang mempengaruhi nilai normal tersebut (Kurniawan, 2008).

Manifestasi gejala dan keluhan anemia tergantung dari beberapa faktor:

1. Penurunan kapasitas daya angkut oksigen dari darah serta kecepatan dari penurunannya.
2. Derajat serta kecepatan perubahan dari volume darah.
3. Penyakit dasar penyebab anemianya dan
4. Kapasitas kompensasi sistem kardiopulmonal (Kurniawan, 2008).

Oleh karena itu rendahnya kadar hemoglobin dari seorang penderita anemia bukanlah satu-satunya faktor yang menentukan ada atau tidak adanya keluhan dan gejala anemia. Jadi apabila kadar hemoglobin cukup rendah akan tetapi tidak ada penyakit- lain dari sistem kardiopulmonal maka biasanya tidak akan ada keluhan akan tetapi apabila ada kelainan koroner maka akan timbul keluhan angina pectoris akibat hipoksianya (Kurniawan, 2008).

Apabila turunnya kadar hemoglobin terjadi secara lambat-laun lalu akan terjadi kompensasi dari sistem kardiopulmonal sehingga kadar hemoglobin yang

tidak terlalu rendah biasanya tidak menimbulkan keluhan. Apabila penurunan kadar hemoglobin terjadi secara cepat seperti yang terjadi akibat suatu perdarahan mendadak, keluhan bisa terjadi mendadak berupa suatu renjatan apabila perdarahannya masif, atau hanya berupa hipotensi bahkan bisa tanpa gejala tergantung berat-ringannya perdarahan yang terjadi (Kurniawan, 2008).

Penurunan kadar hemoglobin secara cepat akibat destruksi eritrosit (hemolisis) tentu disamping keluhan kardiopulmonal akan disertai dengan tanda-tanda hemolisis seperti ikterus, hemoglobinemi, hemoglobinuria dan lain-lain. Paparan kronis terhadap karbon monoksida mempunyai efek yang sama seperti hipoksia, dalam menurunkan volume plasma atau meningkatkan massa sel darah merah. Suatu anemia dapat digambarkan sebagai keadaan yang kekurangan akan hemoglobin pembawa O<sub>2</sub> (atau juga karena kekurangan sel merah, atau kekurangan hemoglobin) dalam setiap volume darah yang beredar (Kurniawan, 2008).

Anemia pada masyarakat dikenal sebagai penyakit kurang darah. Anemia berbeda dengan tekanan darah rendah. Tekanan darah rendah adalah kurangnya kemampuan otot jantung untuk memompa darah keseluruh tubuh sehingga kurangnya aliran darah yang sampai ke otak dan bagian tubuh lainnya (Kurniawan, 2008).

Kekurangan Hb dalam darah mengakibatkan kurangnya oksigen yang ditransport ke sel tubuh maupun otak, sehingga menimbulkan gejala 5 L (Lemah, Lesu, Letih, Lelah, Lalai) dan cepat capai yang akibatnya pada :

- a. Atlet : menurunkan kebugaran dan prestasi olah raga
- b. Balita & anak sekolah : menurunkan prestasi belajar

c. Pekerja : menurunkan produktivitas kerja (Kurniawan, 2008).

## **2.2. TINJAUAN TENTANG HEMOGLOBIN**

### **2.2.1. Definisi hemoglobin**

Hemoglobin merupakan senyawa pembawa oksigen pada sel darah merah. Hemoglobin dapat diukur secara kimia dan jumlah Hb/100 ml darah dapat digunakan sebagai indeks kapasitas pembawa oksigen pada darah. Sedangkan Menurut William, hemoglobin adalah suatu molekul yang berbentuk bulat yang terdiri dari 4 subunit. Setiap subunit mengandung satu bagian haeme yang berkonjugasi dengan suatu polipeptida (Suma, 2013).

Heme adalah suatu derivat porfirin yang mengandung besi. Polipeptida itu secara kolektif disebut sebagai bagian globin dari molekul hemoglobin. Ada 2 pasangan polipeptida dalam tiap molekul hemoglobin, 2 subunit mengandung satu jenis polipeptida dan 2 mengandung lainnya. Pada hemoglobin manusia dewasa normal (hemoglobin A), 2 jenis polipeptida dinamai rantai  $\alpha$ , masing-masingnya mengandung 141 gugusan asam amino dan rantai  $\beta$ , yang masing-masingnya mengandung 146 gugusan asam amino. Sehingga hemoglobin A dinamai  $\alpha_2\beta_2$  (Suma, 2013).

Hemoglobin mempunyai peran penting dalam sistem sirkulasi. Fungsi utama hemoglobin dalam tubuh yaitu mengikat oksigen yang akan berdifusi dari alveoli ke dalam darah paru, kemudian melepaskan oksigen di dalam kapiler jaringan perifer dan diteruskan menuju sel yang tekanan gas oksigennya lebih rendah (Suma, 2013).

Menurut Medisiana, hemoglobin adalah molekul protein pada sel darah merah yang berperan penting dalam peningkatan kinerja fisik, sebab hemoglobin memiliki fungsi untuk mengikat oksigen dan mengantarkan oksigen yang dibutuhkan jaringan selama beraktifitas. Pada saat melakukan aktifitas, maka individu melakukan kontraksi otot yang memerlukan energi. Energi diperoleh dari metabolisme dalam sel yang membutuhkan oksigen dan menghasilkan sisa berupa uap air (H<sub>2</sub>O) dan karbondioksida (Suma, 2013).

Apabila seseorang melakukan latihan fisik, maka latihan fisik tersebut akan menyebabkan terjadinya hipoksia (kekurangan oksigen dalam darah) dan hipoksia sendiri dapat memicu peningkatan hemoglobin dalam darah (Vogt, 2001). Karna Hipoksia akan merangsang sekresi hormon eritropoietin dalam sirkulasi darah, dengan disekresikannya hormon eritropoietin, maka akan merangsang produksi proeritoblas dari sel sistem hematopoetik di sumsum tulang dan eritropoietin juga akan mempercepat tahap eritoblastik dibandingkan dengan keadaan normal (Suma, 2013).

Sehingga produksi sel darah merah baru akan semakin cepat. Produksi proeritoblas dimulai pada awal pembentukan hemoglobin dan secara otomatis akan dimulai bersamaan dengan pembentukan sel darah merah. Dengan latihan yang rutin maka hipoksia akan terus terjadi, sehingga merangsang sekresi hormon eritropoietin secara teratur yang akan menyebabkan produksi sel darah merah dalam sumsum tulang juga akan semakin bertambah banyak. Begitu juga dengan pembentukan hemoglobin yang dibentuk bersamaan dengan sel darah merah (Suma, 2013).

### **2.2.2. Bentuk-Bentuk Hemoglobin**

Hemoglobin terdiri dari beberapa macam bentuk sebagai berikut :

#### **1. Oksihemoglobin**

Oksihemoglobin merupakan hemoglobin tanpa oksigen (hemoglobin tereduksi) yang mempunyai warna ungu muda, hemoglobin teroksidasi penuh, dengan tiap pasangan heme + globulin membawa 2 atom oksigen, berwarna kuning merah. Simbol untuk oksihemoglobin adalah HbO<sub>2</sub>, tetapi HbO<sub>8</sub> adalah konvensional (Wanenor, 2011)

#### **2. Karboksihemoglobin**

Karboksihemoglobin merupakan karbon monoksida yang terikat ke hemoglobin 200 kali lebih besar dari pada oksigen. Sehingga adanya karbon monoksida (karena banyak menghisap rokok) maka lebih mungkin terbentuk karboksihemoglobin. Karboksihemoglobin berwarna merah cherry, terutama di dalam larutan encer (Wanenor, 2011).

#### **3. Methemoglobin**

Methemoglobin merupakan hementin-globin, yang mengandung Fe<sup>III</sup>-OH (symbol : Hi) methemoglobin tidak dapat mengangkut oksigen untuk pernafasan (Wanenor, 2011).

#### **4. Sulfhemoglobin**

Sulfhemoglobin merupakan struktur yang tak tetap, yang berhubungan dengan methemoglobin dan juga tidak dapat mengangkut oksigen pernafasan. Ditimbulkan oleh obat-obatan, pengawet makanan, air minum yang terkena polusi (Wanenor, 2011).

#### 5. Haemoglobin terglisosilasi

Haemoglobin terglisosilasi merupakan haemoglobin yang diikat ke glukosa untuk membentuk derivat yang stabil bagi kehidupan eritrosit (Wanenor, 2011).

#### 6. Mioglobin

Mioglobin merupakan haemoglobin yang disederhanakan, terdapat di otot rangka dan jantung, ditempat mioglobin dapat bekerja sebagai reservoir oksigen yang sedikit dan dilepaskan setelah Crush injury atau iskemia. Karena berat molekulnya rendah, ia cepat dibersihkan dari plasma dan terdapat sebagai mioglobinuria, yang merupakan indeks kerusakan sel otot yang sensitif, juga dari gerak badan yang hebat (Wanenor, 2011).

#### 7. Haptoglobin

Haptoglobin merupakan globulin spesifik, yang mengikat haemoglobin pada globin. Berfungsi untuk mengkonservasi besi setelah hemeolisa intravakuler, ia mengikat haemoglobin sekitar 1,25 g/l plasma dan hanya konsentrasi itu ada haemoglobin bebas yang hilang ke dalam urine atau terikat ke haemopeksin (Wanenor, 2011).

#### 8. Haemopeksin

Haemopeksin merupakan glikoprotein yang terikat dengan sisa haemoglobin. Konsentrasinya di dalam plasma normal sekitar 0,5 g/l (Wanenor, 2011).

#### 9. Methaemalbumin

Methaemalbumin merupakan komponen hemeatin + albumin. Ia berwarna coklat dan adanya dalam plasma selalu abnormal. Penyebab

Methaemalbuminemia lain adalah perdarahan ke kavitas abdominalis atau pankreatis haemoragika akuta, pencernaan oleh pankreas mengkonversi haemoglobin menjadi haematin, yang diabsorpsi dan diikat ke albumin plasma (Wanenor, 2011).

### **2.2.3. Fungsi Hemoglobin**

Fungsi utama Hemoglobin adalah mengikat dan membawa O<sub>2</sub> dari paru-paru untuk diedarkan dan dibagikan ke seluruh sel di berbagai jaringan.

Hemoglobin merupakan bahan yang penting sekali dalam eritrosit, karena fungsinya sebagai :

1. Pembawa oksigen dalam paru ke jaringan
2. Sebagai dapar asam-basa yang baik di dalam sel
3. Sebagai buffer oksigen di jaringan (Wanenor, 2011).

Tiap gram hemoglobin mampu mengikat 1,33 ml oksigen. Oleh karena itu pada laki-laki normal 20 ml oksigen dapat diangkut dengan haemoglobin dalam tiap-tiap 100 ml darah. Sedangkan pada wanita normal dapat diangkut 18 ml oksigen (Kosasih, 1984:34).

Biasanya 97% oksigen yang ditranspor dari paru ke jaringan diangkut dalam kombinasi kimia dengan haemoglobin di dalam eritrosit dan 3% sisanya diangkut dalam keadaan terlarut didalam air dari plasma dan sel. Jadi dalam keadaan terlarut dapat diabaikan. Tetapi bila seseorang menghirup oksigen dengan tekanan sangat tinggi, kadang-kadang jumlah oksigen yang dapat ditranspor dalam keadaan terlarut sama dengan jumlah oksigen yang bergabung secara kimia dengan haemoglobin. Untuk memenuhi keperluan seluruh sel tubuh

akan oksigen tiap saat, yang jumlahnya besar, senyawa ini tidak cukup untuk dibawa dalam keadaan terlarut secara fisik di dalam air, yang dalam ini cairan serum (Wanenor, 2011).

Hemoglobin ini dapat saja berada dalam keadaan terlarut langsung dalam plasma, seperti yang dapat di jumpai pada berbagai mahluk invertebrate, terutama yang sederhana. Akan tetapi dalam keadaan seperti itu kemampuan haemoglobin untuk mengikat O<sub>2</sub> tidak maksimum, karena pengaruh kedua faktor lingkungan tersebut masih tampak yaitu faktor tekanan parsial dan suhu. Lagi pula, oksigen yang berikatan dengan haemoglobin (disebut sebagai oxyhaemoglobin atau HbO<sub>2</sub> saja) merupakan suatu senyawa yang reaktif, lebih reaktif dari pada oksigen yang terlarut secara fisik demikian saja (Wanenor, 2011).

Dalam bentuk berikatan dengan haemoglobin tersebut, oksigen bahkan lebih mudah mengoksidasi berbagai bahan disekitarnya. Dengan banyaknya oksigen yang dapat diikat dan dibawa oleh darah, berkat adanya Hb yang berkurang di dalam sel darah merah, pasokan oksigen ke berbagai tempat diseluruh tubuh, bahkan yang paling terpencil dan terisolasi sekalipun akan terjangkau. Akibatnya, berbagai sel dalam tubuh dapat bekerja melakukan fungsinya dengan energi yang cukup. Hasilnya, individu tersebut dapat menjalankan fungsi hidup dan berkembang sempurna. Dalam menjalankan fungsinya membawa oksigen ke seluruh tubuh, haemoglobin di dalam sel darah merah mengikat oksigen melalui suatu ikatan kimia khusus. Reaksi yang membentuk ikatan antar Hb dan O<sub>2</sub> tersebut dapat dituliskan sebagai berikut :



#### **2.2.4. Kadar Hemoglobin**

Hemoglobin atau disingkat dengan HB merupakan protein yang terdapat dalam sel darah merah yang mempunyai tugas utama untuk menghantarkan oksigen ke paru-paru.hemoglobin (Haniva, 2014).

Kadar hemoglobin antara satu orang, negara, jenis kelamin sangat sulit ditetapkan, namun oleh badan WHO telah menetapkan hemoglobin berdasarkan umur dan jenis kelamin. Dikutip dari buku arisman tahun 2002, data WHO sebagai hemoglobin normal berikut :

1. Anak – anak usia 6 bulan – 6 tahun memiliki hemoglobin 11,0 gr/dl
2. Anak – anak usia 6 tahun – 14 tahun memiliki hemoglobin 12,0 gr/dl
3. Pria dewasa memiliki hemoglobin 13,0 gr/dl
4. Ibu hamil memiliki hemoglobin 11,0 gr/dl
5. Wanita dewasa memiliki hemoglobin 12,0 gr/dl

Dalam beberapa kasus untuk mengetahui kadar hemoglobin tidak bisa diketahui oleh beberapa gejala seperti hemoglobin rendah yang rentan memiliki wajah pucat, letih, lesu dan sebagainya. Untuk mengetahui kadar hemoglobin yang pasti dapat dilakukan dengan tes darah. Beberapa akibat dari hemoglobin naik / turun memang tidak berbahaya, namun ada kalanya jika dibiarkan dapat menyebabkan penyakit yang berbahaya seperti pada hemoglobin rendah pada bayi (Haniva, 2014).

### 2.2.5. Pemeriksaan Kadar Hemoglobin

Dalam hemoglobin fungsi utamanya adalah menyebarkan oksigen kedalam tubuh, namun dari Depkes RI menjabarkan menjadi 3 bagian fungsi yaitu:

1. Mengatur perpindahan antara oksigen dengan karbondioksida dalam tubuh
2. Meneruskan oksigen dalam paru-paru yang dibawa sel darah merah untuk dilanjutkan ke bagian organ yang memerlukan oksigen seperti otak.

Melakukan pembuangan oksigen ke dalam paru-paru sebagai hasil metabolisme (Khun, 2014).

Metode analisa Hb ada 2 yaitu:

- a. Metode Sianmethemoglobin ( dengan lar Drabkins ) dibaca dengan metode kolorimetri ( spektrofotometer ) (Saputro, 2012).
- b. Metode Sahli ( asam hematin ) dibaca juga dengan metode kolorimetri. (dikerjakan praktikum) (Saputro, 2012).

#### 1. Metode Sahli

##### a. Dasar

Metode sahli merupakan satu cara penetapan hemoglobin secara visual. Darah diencerkan dengan larutan HCl sehingga hemoglobin berubah menjadi hematin asam. Untuk dapat menentukan kadar hemoglobin dilakukan dengan mengencerkan larutan campuran tersebut dengan aquadest sampai warnanya sama dengan warna batang gelas standar (Saputro, 2012).

## 2. Metode cyanmethemoglobin

### a. Dasar

Ferrosianida mengubah besi pada Hb dari bentuk ferro ke bentuk ferri menjadi methemoglobin yang kemudian bereaksi dengan KCN membentuk pigmen yang stabil yaitu sianmethemoglobin. Intensitas warna yang terbentuk yang diukur fotometrik 540 nm. Kalium-hidrogen-fosfat digunakan agar pH tetap di mana reaksi dapat berlangsung sempurna pada saat yang tepat. Deterjen berfungsi mempercepat hemolisa darah serta mencegah kekeruhan yang terjadi oleh protein plasma (Saputro, 2012).

### b. Pembuatan Kurva Kalibrasi dan Perhitungan factor (Saputro,2012).

Sebelum fotometer dipergunakan untuk penetapan kadar hemoglobin, harus dikalibrasi dulu, atau dihitung faktornya. Untuk keperluan tersebut dipergunakan larutan standart hemisianida (sianmethemoglobin) dan pengenceran larutan tersebut dalam pereaksi Drapkin. Kadar Hb dari larutan standart hemisianida dapat dihitung dalam gr/100ml atau gr/dl sebagai berikut :

$$\text{Kadar HbLarutan Standart} = \text{Kadar hemisianida mg/dl} / 10 \times (500 + 20) \text{ mikroliter} / 20 \text{ mikroliter} = \text{kadar hemisianida} \times 0,251 \text{ mg/dl.}$$

Buatlah pengenceran larutan standar 100, 75, 50, 25, dan 0% sebagai blanko dengan larutan Drapkin. Setelah masing-masing tercampur sempurna biarkan pada suhu kamar 3 menit dan baca serapan pada fotometer dengan 540 nm. Buatlah kurvanya dengan kadar Hb sebagai absisi dan serapan sebagai ordinat, maka hasil percobaan serapan pasien

tinggi memplotkan pada kurva tera. Atau menggunakan factor sebagai berikut :

Faktor (F) = Jumlah Kadar Hb/ Jumlah Serapan (Saputro,2012).

### 3. Hb pada alat hematologi autoanalyzer

Hematologi autoanalyzer adalah pemeriksaan darah secara komputerasi, meliputi pemeriksaan darah rutin (hemoglobin, leukosit, hematokrit, dan trombosit), DIFFCOUNT (eosinofil, basofil, neutrofil batang, neutrofil segmen, limfosit, dan monosit ), MCV, MCH, MCHC dan eritrosit. Pada alat ini biasanya terdapat dua chamber, chamber pertama untuk pemeriksaan hemoglobin atau kelompok sel darah merah dan chamber kedua untuk pemeriksaan kelompok sel darah putih. Pembagiannya sudah otomatis. Ketika hasil sudah selesai maka hasil pemeriksaan akan ditampilkan layar (print out).Mesin pengukur akan memecah hemoglobin menjadi sebuah larutan. Hemoglobin dalam larutan ini kemudian dipisahkan dari zat lain dengan menggunakan zat kimia yang bernama sianida. Selanjutnya dengan penyinaran khusus, kadar hemoglobin diukur berdasarkan nilai sinar yang berhasil di serap (Imad, 2016).

### 4. Hb meter (pocket)

Pemeriksaan ini secara mudah dan simple dan juga bisa dilakukan dengan siapapun. Karena alat ini tidak diutamakan keahlian dan sebagainya hanya cukup tau bagaimana cara memakainya, dan nilai normal pada pemeriksaan Hb yang dilakukan adalah cukup dan ya

## **2.3. TINJAUAN TENTANG GAS BUANGAN KENDARAAN BERMOTOR**

### **2.3.1. Tinjauan tentang gas karbon monoksida (CO)**

Efek terhadap kesehatan dan lingkungan terhadap kesehatan, gas CO merupakan gas yang berbahaya untuk tubuh karena daya ikat gas CO terhadap Hb adalah 240 kali dari daya ikat CO terhadap O<sub>2</sub>. Apabila gas CO darah (HbCO) cukup tinggi, maka akan mulai terjadi gejala antara lain pusing kepala (HbCO 10%), mual dan sesak nafas (HbCO 20%), gangguan penglihatan dan konsentrasi menurun (HbCO 30%) tidak sadar, koma (HbCO 40-50%) dan apabila berlanjut akan dapat menyebabkan kematian. Pada paparan menahun akan menunjukkan gejala gangguan syaraf, infark otak, infark jantung dan kematian bayi dalam kandungan. Gas CO yang tinggi di dalam darah dapat berasal dari rokok dan asap dari kendaraan bermotor. Terhadap lingkungan udara dalam ruangan, gas CO dapat pula merupakan gas yang menyebabkan building associated illnesses, dengan keluhan berupa nyeri kepala, mual, dan muntah (Mukono, 2009).

### **2.3.2 Dampak Terhadap Manusia Akibat Tercemar oleh Logam Berat Timbal (Pb).**

Menurut ketentuan WHO, kadar Pb dalam darah manusia yang tidak terpapar oleh Pb adalah sekitar 10-25 ug/100 ml. Pada penelitian yang dilakukan di industri proses daur ulang aki bekas, Suwandi (1995) menemukan bahwa kadar Pb udara di daerah terpapar pada malam hari besarnya sepuluh kali lipat kadar Pb di daerah tidak terpapar pada malam hari (0,0299 mg/m<sup>3</sup> vs 0,0028 mg/m<sup>3</sup>), sedangkan rerata kadar Pb Blood ( Pb-B ) di daerah terpapar 170,44 ug/100 ml

dan di daerah tidak terpapar sebesar 45,43 ug/100 ml. Juga ditemukan bahwa semakin tinggi kadar Pb-B, semakin rendah kadar Hb nya (Suwandi, 1995).

Pada penelitian mengenai kadar Pb di udara ambien dan hubungan antara kadar Pb-B dengan IQ anak sekolah, Susanto (1997) menemukan bahwa kadar Pb udara ambien di daerah penelitian sebesar 0,00103 mg/m<sup>3</sup>, masih dibawah nilai baku mutu yang besarnya 0,060 mg/m<sup>3</sup>. Didapatkan pula bahwa kadar Pb-B anak SD di kawasan tertib lalu-lintas (sekitar 39,73 ug/100 ml) lebih tinggi dari kadar Pb-B di luar kawasan tertib lalu lintas (16,30 ug/100 ml). Tidak di temukan pula perbedaan yang bermakna antara IQ anak sekolah SD di kawasan tertib lalu lintas dan di luar kawasan tertib lalu lintas (Mukono, 2009).

Mukono dkk yang pada tahun 1991 meneliti status kesehatan dan kadar Pb-B karyawan SPBU (Setasiun Pompa Bensin Umum) di Jawa Timur, menemukan bahwa pemeriksaan darah lengkap pada karyawan SPBU dengan penjualan bensin kurang dari 8 ribu liter lebih baik dari karyawan SPBU yang menjual bensin lebih dari 10 ribu liter per hari. Didapatkan pula bahwa rerata kadar Pb-B karyawan SPBU sebesar 77,59 ug/100 ml (Mukono, 1991).

Paparan bahan tercemar Pb dapat menyebabkan gangguan pada organ sebagai berikut :

A. Gangguan pada sistem syaraf.

Susunan syaraf merupakan jaringan yang sangat peka terhadap bahan pencemar Pb. Gangguan neurologi (susunan syaraf) akibat tercemar oleh Pb dapat berupa encephalopathy, ataxia, stupor dan coma. Pada anak-anak dapat menimbulkan kejang tubuh dan neuropathy perifer (Mukono, 2009).

#### B. Gangguan pada sistem urogenetal .

Bahan pencemar Pb dapat menyebabkan tidak berfungsinya tubulus renal, nephropati irreversible, sclerosis vaskuler, sel tubulus atropi, fibrosis dan sclerosis glumerolus. Akibatnya dapat menimbulkan aminoaciduria dan glukosuria, dan jika paparannya terus berlanjut dapat terjadi nefritis kronis (Mukono, 2009).

#### C. Gangguan pada sistem reproduksi

Sistem reproduksi dapat pula terganggu fungsinya akibat terpapar oleh logam berat Pb. Gangguan terhadap sistem reproduksi dapat berupa keguguran, kesakitan dan kematian janin. Logam berat Pb mempunyai efek racun terhadap gamet dan dapat menyebabkan cacat kromosom. Anak-anak sangat peka terhadap paparan Pb di udara. Paparan Pb dengan kadar yang rendah yang berlangsung cukup lama dapat menurunkan IQ (Mukono, 2009).

#### D. Gangguan pada sistem hemopoitik.

Unsur hemopoitik yang peka terhadap paparan Pb adalah hemoglobin yang menyebabkan terjadinya anemia. Efek paparan Pb tersebut menyebabkan terjadinya terjadinya penurunan sintesis globin walaupun tak tampak adanya penurunan kadar zat besi dalam serum. Anemia ringan yang terjadi disertai dengan sedikit peningkatan kadar ALA (Amino Levulinic Acid) urine. Pada anak – anak juga terjadi peningkatan ALA dalam darah. Efek dominan dari keracunan Pb pada sistem hemopoitik adalah peningkatan ekskresi ALA dan CP (Coproporphyrine) . Dapat dikatakan bahwa gejala anemia merupakan gejala dini dari keracunan Pb pada manusia. Anemia tidak terjadi pada karyawan industri dengan kadar Pb-B (kadar Pb dalam darah) dibawah 110 ug/100 ml (Mukono, 2009).

#### E. Gangguan pada sistem syaraf.

Anak –anak lebih peka terhadap paparan Pb, utamanya organ otak lebih sensitif pada anak-anak dibandingkan pada orang dewasa. Paparan menahun dengan Pb dapat menyebabkan lead encephalopathy. Gambaran klinis yang timbul adalah rasa malas, gampang tersinggung, sakit kepala, tremor, halusinasi, gampang lupa, sukar konsentrasi dan menurunnya kecerdasan (Mukono, 2009).

Pada anak dengan kadar Pb darah (Pb-B) sebesar 40-80 ug/100 ml dapat timbul gejala gangguan hematologis, namun belum tampak adanya gejala lead encephalopathy. Gejala yang timbul pada lead encephalopathy antara lain adalah rasa cangung, mudah tersinggung, dan penurunan pembentukan konsep. Apabila pada masa bayi sudah mulai terpapar oleh Pb, maka pengaruhnya pada profil psikologis dan penampilan pendidikannya akan tampak pada umur sekitar 5-15 tahun (Mukono, 2009).

Akan timbul gejala tidak spesifik berupa hiperaktifitas atau gangguan psikologis jika terpapar Pb pada anak berusia 21 bulan sampai 18 tahun. Untuk melihat hubungan antara kadar Pb-B dengan IQ (Intelligence Quation) telah dilakukan penelitian pada anak berusia 3 sampai 15 tahun dengan kondisi sosial ekonomi dan etnis yang sama. Pada sampel dengan kadar Pb-B sebesar 40-60 ug/ml ternyata mempunyai IQ lebih rendah apabila dibandingkan dengan sampel yang kadar Pb-B kurang dari 40 ug/ml. Pada dewasa muda yang berumur sekitar 17 tahun tidak tampak adanya hubungan antara Pb-B dan IQ (Mukono, 2009).

Gambaran klinis akibat keracunan Pb terhadap gangguan syaraf perifer dapat berupa semutan dan kulit terasa tebal. Keracunan kronis Pb akan meningkatkan kematian yang disebabkan oleh kelainan cerebro vasculer. Efek

keracunan timbal (Pb) terhadap saluran pencernaan berupa abdominal colic. Efek negatif terhadap liver adalah meningkatnya enzim SGOT (Serum Glutamic Oxaloacetic Transaminase) (Mukono, 2009).

Masyarakat dapat terpapar oleh Pb melalui pencemaran udara, air dan tanah serta dapat pula masuk kedalam tubuh melalui makanan/minuman, obat-obatan, rokok dan terpapar oleh cat. Paparan kronis oleh Pb dapat menyebabkan tertimbunnya Pb dalam organ atau jaringan dan cairan tubuh. Dalam keadaan ini dapat terdeteksi adanya Pb dalam urine, feces, keringat, rambut dan kuku (Mukono, 2009).

Logam berat Pb yang terdeteksi dalam darah merupakan indikator penting akibat paparan dan seberapa jauh akibat/efek yang ditimbulkan. Paparan oleh Pb yang cukup tinggi di industri dapat memberikan gangguan cerebrovaskular seperti perdarahan otak, trombosis, dan arterio sclerosis.. Karyawan industri dengan masa kerja 20 tahun dan terpapar timbal dengan kadar yang cukup tinggi menunjukkan kadar timbal dalam urine sebanyak 100 - 250 ug/liter. Pada pria yang bekerja selama 15 tahun pada pabrik aki dan pengecoran Pb yang kadar Pb udaranya melebihi 0,15 ug/m<sup>3</sup> dapat timbul hipertensi (Mukono, 2009).

Implikasi klinik akibat tercemar oleh Pb dapat ditunjukkan oleh hubungan antara dosis-efek dan dosis-respon. Hubungan antara dosis-efek ditunjukkan oleh besarnya dosis dengan intensitas yang spesifik pada seseorang. Sebagai contoh adalah bagaimana hubungan antara Pb-B (kadar Pb di dalam darah) dengan persentasi inhibisi dari ALAD (Amino Levulinic Acid Dehydratase) dalam darah. Sedangkan hubungan dosis-respon ditunjukkan oleh hubungan antara dosis

paparan dengan proporsi populasi penduduk yang terkena efek paparan (Mukono, 2009).

F. Gas buang kendaraan bermotor terdiri dari :

Senyawa yang tidak berbahaya bagi kesehatan seperti nitrogen, karbon dioksida dan uap air.

Senyawa yang berbahaya bagi kesehatan / bahan pencemar :

1. karbon monoksida (CO),
2. berbagai senyawa hidrokarbon,
3. berbagai senyawa oksida nitrogen (NO<sub>x</sub>)
4. berbagai senyawa oksida sulfur (SO<sub>x</sub>),
5. berbagai partikulat debu termasuk timbel (PB).
6. Baku mutu emisi gas buang kendaraan bermotor:

CO max 2.5% (1.5% max diberlakukan untuk kendaraan injeksi) HC < 300ppm CO<sub>2</sub> harus lebih besar dari 12% dan maksimum teoritis adalah 15.5% O<sub>2</sub> < 2% (Archive, 2009).

Bahan bakar bensin adalah campuran yang kompleks dari distilasi senyawa hidrokarbon pada suhu sekitar 30° C sampai 210° yang terdiri dari 200-300 senyawa hidrokarbon C<sub>4</sub> sampai C<sub>11</sub>. Minyak Solar adalah petroleum middle distillate yang digunakan sebagai bahan bakar mesin diesel untuk kendaraan. Minyak Solar terdiri dari C<sub>12</sub> sampai C<sub>20</sub> (atau lebih) dan mempunyai kisaran titik didih dari 250°C sampai 370°C (Archive, 2009).

Polusi di atmosfer yang disebabkan oleh bahan bakar bensin dapat terjadi dari dua kejadian :

1. Emisi karena penguapan (evaporative emissions), yaitu komponen organik yang mudah menguap (VOC-volatile organic compounds),
2. Emisi gas buang (exhaust emissions), yaitu emisi CO, HC dan NO<sub>x</sub>, SO<sub>x</sub> (Archive, 2009).

Kandungan Timbal (Lead = Pb) dalam alky-lead (Tetra-Ethyl- Lead) compound digunakan sebagai aditif untuk meningkatkan angka oktan bahan bakar bensin. Aditif Tetra-Ethyl-Lead, suatu senyawa timbal organik, adalah aditif peningkat angka oktan yang paling efektif dan murah, namun merupakan bahan beracun logam berat yang sifatnya akumulatif dan sangat berbahaya serta dapat merubah fungsi metabolisme, menurunkan IQ terutama bagi anak-anak (Archive, 2009).

Kandungan Sulfur dalam bensin akan berubah menjadi oksida sulfur pada gas buang kendaraan bermotor. Bahan-Bahan Pencemar yang Terutama Mengganggu Saluran Pernafasan : organ pernafasan merupakan bagian yang diperkirakan paling banyak mendapatkan pengaruh karena yang pertama berhubungan dengan bahan pencemar udara. Sejumlah senyawa spesifik yang berasal dari gas buang kendaraan bermotor seperti oksida-oksida sulfur dan nitrogen (SO<sub>x</sub> dan NO<sub>x</sub>), partikulat dapat menyebabkan iritasi dan radang pada saluran pernafasan. Walaupun kadar oksida sulfur (SO<sub>x</sub>) di dalam gas buang kendaraan bermotor dengan bahan bakar bensin relatif kecil, tetapi tetap berperan karena jumlah kendaraan bermotor dengan bahan bakar solar makin meningkat (Archive, 2009).

Bahan-bahan pencemar yang menimbulkan pengaruh racun sistemik :

Banyak senyawa kimia dalam gas buang kendaraan bermotor yang dapat menimbulkan pengaruh sistemik karena setelah diabsorpsi oleh paru-paru, bahan pencemar tersebut dibawa oleh aliran darah atau cairan getah bening ke bagian tubuh lainnya, sehingga dapat membahayakan setiap organ di dalam tubuh (Archive, 2009).

Senyawa-senyawa yang masuk ke dalam hidung dan yang ada di-jaringan mukosa bronkial juga dapat terbawa oleh darah atau tertelan masuk tenggorokan dan diabsorpsi masuk ke saluran pencernaan makanan. Diantara senyawa-senyawa yang terkandung di dalam gas kendaraan bermotor yang dapat menimbulkan pengaruh sistemik, yang paling penting adalah karbon monoksida dan timbel.

Karbon Monoksida /Carbon Monoxide / CO (Archive, 2009).

Karbon monoksida dapat mengikat haemoglobin darah lebih kuat dibandingkan dengan oksigen membentuk karboksihaemoglobin (COHb), sehingga menyebabkan terhambatnya pasokan oksigen ke jaringan tubuh. Paparan CO diketahui dapat mempengaruhi kerja jantung (sistem kardiovaskuler), sistem syaraf pusat, juga janin, dan semua organ tubuh yang peka terhadap kekurangan oksigen. Pengaruh CO terhadap sistem kardiovaskuler cukup nyata teramati walaupun dalam kadar rendah. Penderita penyakit jantung dan penyakit paru merupakan kelompok yang paling peka terhadap paparan CO (archive, 2009).

Menurut evaluasi WHO, kelompok penduduk yang peka (penderita penyakit jantung atau paru-paru) tidak boleh terpapar oleh CO dengan kadar yang dapat membentuk COHb di atas 2,5%. Kondisi ini ekuivalen dengan paparan oleh CO dengan kadar sebesar 35 mg/m<sup>3</sup> selama 1 jam, dan 20 mg/mg selama 8 jam.

Oleh karena itu, untuk menghindari tercapainya kadar COHb 2,5-3,0 % WHO menyarankan paparan CO tidak boleh melampaui 25 ppm (29 mg/m<sup>3</sup>) untuk waktu 1 jam dan 10 ppm (11,5 mg/m<sup>3</sup>) untuk waktu 8 jam.

Lead / Plumbum / Pb / Timbal : Seperti telah disebutkan diatas, Lead / Pb / timbal ditambahkan sebagai bahan aditif pada bensin dalam bentuk timbel organik (Tetra-Ethyl-Lead atau Tetra Methyl-Lead). Pada pembakaran bensin, timbal organik ini berubah bentuk menjadi timbal anorganik. Timbal yang dikeluarkan sebagai gas buang kendaraan bermotor merupakan partikel-partikel yang berukuran sekitar 0,01 µm. Partikel-partikel timbal ini akan bergabung satu sama lain membentuk ukuran yang lebih besar, dan keluar sebagai gas buang atau mengendap pada kenalpot (Archive, 2009).

Pengaruh Pb pada kesehatan terutama pada sintesa haemoglobin dan sistem pada syaraf pusat maupun syaraf perifer. Pengaruh pada sistem pembentuk Hb darah dapat menyebabkan anemia. Pengaruh pada syaraf otak anak diamati pada kadar 60µg/100 ml, yang dapat menyebabkan gangguan pada perkembangan mental anak, menurunkan IQ anak (Archive, 2009).

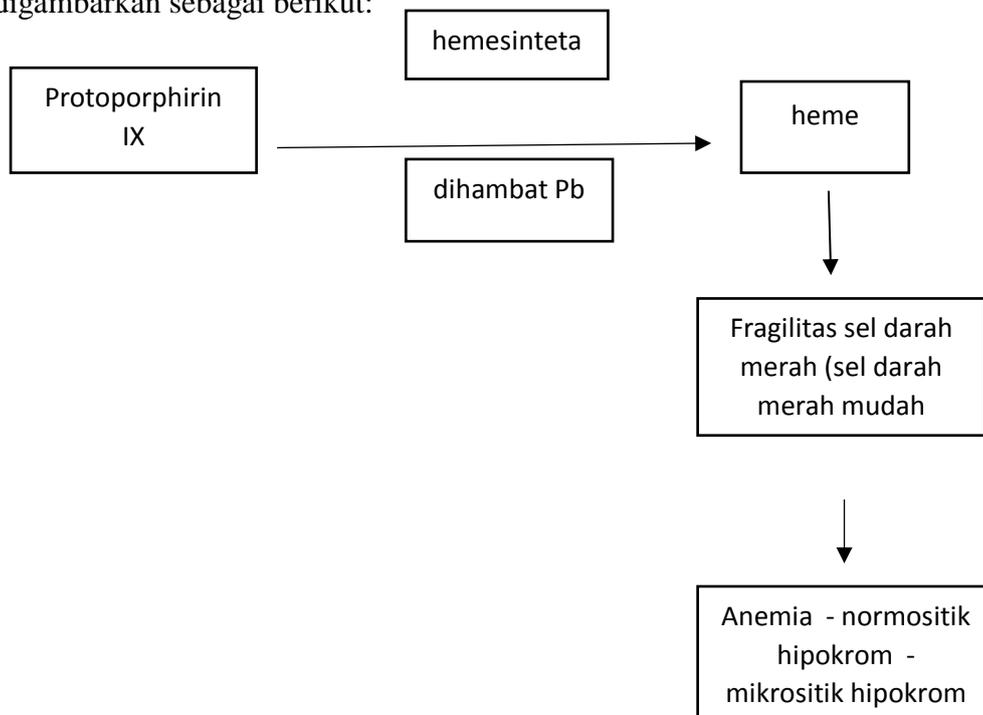
carbon-monoxide-indicator-2b Mengingat bahaya dari pencemaran gas buang kendaraan bermotor dalam ruang parkir basement, terutama apabila pengaturan sirkulasi udaranya tidak memadai, maka sudah seharusnya pihak pengelola gedung memberikan perhatian yang khusus terhadap sirkulasi udara yang baik dalam ruang parkir basement, untuk memonitor sudah seberapa jauh kualitas udara dalam ruang parkir tersebut seyogianya dapat dipasang alat-alat detector kadar Carbon monoxide yang dilengkapi dengan alarm yang berbunyi keras manakala kadar carbon monoxide melebihi ambang batas aman ! Semuanya ini

demi peduli lingkungan pada kesehatan masyarakat umum pengguna / pengunjung gedung (Archive, 2009).

Bagi para pengunjung gedung di-advikan untuk tidak berlama-lama berada dalam ruang parkir yang tidak sehat, tidak mengobrol diruang tersebut, dan bagi sopir-sopir tamu / pengunjung hendaknya pihak pengelola gedung membuatkan ruangan-ruangan tunggu khusus yang tertutup dengan sistem pengendalian udara yang sesuai dengan standar kesehatan lingkungan, dibuatkan ruangan tunggu itu satu atau lebih ruangan tunggu per lantai tergantung dari luasnya lantai parkir (Archive, 2009).

### 2.3.3. Efek terhadap terjadinya Anemia oleh Pb (Timah Hitam)

Mekanisme terjadinya anemia akibat tercemar oleh Pb (timah hitam) dapat digambarkan sebagai berikut:



Gambar 1 : skema Efek terjadinya anemia oleh Pb (Kurniawan, 2008).

Secara biokimiawi, keracunan timah hitam dapat menyebabkan :

a. Peningkatan produksi ALA (Amino Levulinic Acid)

Timah hitam akan menghambat enzim hemesintetase, yang mengakibatkan penurunan produksi heme. Penurunan produksi heme ini akan meningkatkan aktivitas ALA sintetase, dan akhirnya produksi ALA meningkat. Peningkatan produksi ALA ini dapat dilihat dari ekskresi ALA di urine (Kurniawan, 2008).

b. Peningkatan Protoporphirin

Perubahan protoporphirin IX menjadi heme, akan terhambat dengan adanya timah hitam. Hal ini akan menyebabkan terjadinya akumulasi dari protoporphirin IX yang dapat diketahui pada plasma dan feces (Kurniawan, 2008).

c. Peningkatan koproporphirin

Akumulasi dari protoporphirin akan meningkatkan akumulasi dari koproporphirin III. Hal ini diketahui dengan didapatkannya koproporphirin III pada urine dan feces (Kurniawan, 2008).