

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Darah

Darah memiliki fungsi-fungsi mencakup transportasi nutrisi, oksigen, bahan kimia, hormon, dan enzim, serta pembuangan produk-produk metabolisme dan karbon dioksida. Selain itu, darah juga berperan dalam menjaga keseimbangan air tubuh, mengatur suhu tubuh, mengontrol pH tubuh, dan berfungsi sebagai alat pertahanan terhadap mikroorganisme. Dengan begitu, darah memiliki peran utama dalam memastikan berbagai proses tubuh berjalan dengan baik dan memelihara kesehatan secara keseluruhan (Siswanto, 2017).

Aliran darah memiliki dua komponen utama, yaitu fase cair yang disebut plasma darah, dan fase padat yang terdiri dari eritrosit, leukosit, dan trombosit yang memiliki peranan krusial pada proses pembekuan darah. Aliran darah dalam tubuh manusia secara keseluruhan disebut sebagai darah lengkap (whole blood), yang mayoritasnya terdiri dari plasma darah, sementara sebagian sisanya terdiri dari sel-sel darah. (Rosita, Pramana, & Arfira, 2019).

B. Hemoglobin

Hemoglobin merupakan struktur molekuler dari empat Haem (yang mengandung zat besi) dan empat rantai globin (termasuk alfa, beta, gama, dan delta) yang terdapat dalam eritrosit. Peran penting hemoglobin yaitu membawa oksigen. Kualitas dan warna darah merah ditentukan oleh konsentrasi hemoglobin pada darah (Sutedjo, 2009).

Menurut informasi yang dikutip dari Departemen Kesehatan Republik Indonesia, hemoglobin memiliki beberapa fungsi, yakni mengontrol pertukaran oksigen dan karbondioksida pada jaringan tubuh, membawa oksigen dari paru-paru dan mengirimkannya ke seluruh tubuh untuk digunakan untuk sumber energi, serta mengangkut karbondioksida yang dihasilkan oleh metabolisme dari jaringan tubuh kembali ke paru-paru untuk dikeluarkan. Selain itu, kadar hb juga digunakan sebagai indikator untuk menentukan apakah seseorang kekurangan darah atau tidak. Jika kadar hemoglobin turun dari nilai normalnya, ini menandakan adanya kondisi kekurangan darah yang disebut anemia (Arif & Pudjijuniarto, 2017).

1. Kadar hemoglobin

Kadar hemoglobin adalah pengukuran pigmen respiratorik di dalam sel darah merah. Konsentrasi normal hb pada darah adalah sekitar 15 gram per 100 ml darah. Penentuan nilai normal hemoglobin yang spesifik bagi seseorang bisa menjadi sulit karena variasi kadar hemoglobin dapat berbeda di antara berbagai kelompok etnis. Namun, Organisasi Kesehatan Dunia (*WHO*) telah menetapkan batas nilai normal kadar hemoglobin berdasarkan faktor-faktor seperti umur, jenis kelamin, dan menurut (Sutedjo, 2009) dalam bukunya yang berjudul “Mengenal Penyakit melalui Hasil Pemeriksaan Laboratorium” menjelaskan, untuk laki-laki nilai normal kadar hemoglobin 13-18 g/dl dan untuk perempuan 12-16 g/dl. Adapun kadar hemoglobin dari kategori anemia menurut (Kemenkes RI, 2018) seperti tabel dibawah.

Tabel 1
Kadar Hemoglobin Dari Kategori Anemia

Kelompok Umur	Batas Nilai Hemoglobin (g/dl)
Anak 6 - 59 bulan	11
Anak 5 – 11 tahun	11.5
Anak 12 – 14 tahun	12
Perempuan tidak hamil (≥ 15 tahun)	12
Ibu hamil	11
Laki-laki ≥ 15 tahun	13

Sumber : (Kemenkes RI, 2018)

2. Sintesis hemoglobin

Sintesis hemoglobin terjadi pada tahap eritroblast sekitar 65%, sementara sisanya sekitar 35% terbentuk pada tahap retikulosit. Proses sintesis hemoglobin melibatkan sejumlah reaksi biokimia yang terjadi dalam mitokondria. Dimulai dengan penggabungan glisin dan suksinil koenzim A di bawah kendali enzim utama yang disebut *delta-amino laevulinic acid (ALA)-sintetase*. Koenzim yang diperlukan untuk reaksi ini adalah vitamin B6, yang merespon pada rangsangan dari eritropoietin dan sebaliknya dapat dihambat oleh hemoglobin (Aliviameita & Puspitasari, 2019).

Pembentukan hemoglobin dimulai saat *pro-erythroblast* dan berlanjut hingga tahap retikulosit dalam proses eritropoiesis. Ketika retikulosit meninggalkan sumsum tulang merah dan memasuki sirkulasi, sintesis hemoglobin masih berlanjut dalam jumlah kecil hingga retikulosit menjadi eritrosit matang, dan pada saat itu proses sintesis hemoglobin selesai. Tahap awal dalam pembentukan eritrosit adalah mengikat suksinil-koenzim A, salah satu senyawa antara siklus krebs terhadap glisin untuk menghasilkan molekul *pyrrole*. Kemudian, empat

molekul *pyrrole* bergabung untuk membentuk *protoporphyrin IX*, yang selanjutnya berikatan dengan ion besi untuk membentuk molekul heme. Tahap terakhir dalam pembentukan hemoglobin terjadi ketika heme berikatan dengan polipeptida yang disintesis oleh ribosom, yaitu globin, membentuk rantai hemoglobin. Keempat rantai hemoglobin ini saling berikatan membentuk satu molekul hemoglobin (Rosita, Pramana, & Arfira, 2019).

3. Faktor yang mempengaruhi hemoglobin

a. Usia

Usia merujuk pada periode waktu yang dihitung dari saat seseorang lahir hingga mencapai ulang tahun. Menurut (Al Amin & Juniati, 2017) klasifikasi usia menurut Kemenkes ialah, masa manula antara > 65 tahun, lansia akhir antara 56–65 tahun, lansia awal antara 46–55 tahun, dewasa akhir antara 36–45 tahun, dewasa awal antara 26–35 tahun, remaja akhir antara 17–25 tahun, remaja awal antara 12–16 tahun, balita antara 0–5 tahun, kanak-kanak antara 5–11 tahun. Pada usia yang sudah menginjak lansia, terjadi perubahan dalam komposisi darah, termasuk penurunan *Total Body Water* yang mengakibatkan berkurangnya kapasitas darah dan jumlah sel darah merah (Hemoglobin dan Hematokrit) yang menurun. Penelitian (Rizkiawati, 2012) menunjukkan bahwa terdapat korelasi antara usia dan tingkat hemoglobin dalam darah pada pengemudi becak. Semakin lansia seseorang, kadar Hb dalam darahnya cenderung menurun yang disebabkan oleh peningkatan usia dan penurunan kesehatan, berakibat pada penurunan fungsi berbagai organ tubuh, termasuk paru-paru. Penurunan kinerja paru-paru membuat lebih mudah bagi pb masuk melalui saluran.

b. Jenis kelamin

Jenis kelamin adalah pembeda biologis antara perempuan dan laki-laki yang ada ketika individu itu lahir. Menurut penelitian oleh (Nugrahani, 2013) ada beberapa faktor yang memengaruhi tingkat hemoglobin seseorang. Salah satu faktor tersebut adalah jenis kelamin, dimana wanita cenderung mempunyai kadar hemoglobin yang lebih rendah. Khususnya, pada perempuan selama masa menstruasi, terjadi penurunan kadar hemoglobin akibat kehilangan darah yang signifikan selama beberapa hari (Nugrahani, 2013). Selain itu, penelitian yang dilakukan oleh (Hasan dkk., 2013) mengindikasikan bahwa jenis kelamin memiliki dampak pada tingkat Pb dalam darah. Toksisitas yang disebabkan oleh logam berat timbal berbeda antara laki-laki dan perempuan, perempuan cenderung lebih rentan karena berbeda pada faktor-faktor seperti ukuran tubuh, keseimbangan hormonal, dan metabolisme.

c. Kekurangan zat besi

Status gizi terkait dengan asupan makanan yang dimakan. Jika makanan yang dimakan mengandung zat besi dan memiliki nilai gizi yang mencukupi, maka status gizi individu tersebut akan baik. Sebaliknya, jika makanan yang dikonsumsi tidak mengandung zat besi dan memiliki nilai gizi yang rendah, hal ini dapat mengakibatkan kekurangan gizi dan potensial menyebabkan anemia akibat defisiensi besi (Hapzah & Yulita, 2012)

d. Paparan timbal (Pb)

Biosintesis heme dapat terganggu oleh beberapa faktor, salah satunya adalah paparan timbal ke dalam tubuh. Timbal yang masuk ke dalam paru-paru melalui pernapasan akan diserap dan bergabung dengan sirkulasi darah, kemudian

menyebar ke seluruh jaringan dan organ tubuh. Lebih dari 90% timbal yang diserap oleh aliran darah akan bergabung dengan sel darah merah, dan dampak utama dari timbal adalah mengganggu pembentukan heme dan pembentukan sel darah. (Marisa & Wahyuni, 2019). Konsentrasi hemoglobin dalam tubuh sangat dipengaruhi oleh paparan timbal (Pb). Timbal yang diserap oleh badan akan berikatan dengan sel darah merah, lalu menyebar di dalam aliran darah, cairan di luar sel, dan beberapa jaringan lembut serta mineral dalam waktu yang cepat. Kadar Pb yang tinggi dapat menghambat proses pembentukan hemoglobin. (Indwek, Agustina, & Mumpuni, 2022). Timbal menghambat pembentukan heme dengan menghambat aktivitas enzim daminolevulinat dehidratase (ALAD), ferokelatase, dan proses penggunaan koproporfirin. Hal ini mengakibatkan penumpukan asam levulinat, koproporfirin, dan protoporfirin IX serta zat besi nonheme dalam sel darah merah. Penurunan produksi heme ini terbukti dengan munculnya anemia (Rahayu & Solihat, 2018).

e. Penggunaan APD

Alat Pelindung Diri (APD) digunakan oleh pekerja untuk perlindungan mereka akibat risiko atau ancaman yang mungkin terjadi pada lingkungan kerja. Timbal yang terdapat pada asap kendaraan paling sering memasuki tubuh melalui pernapasan. Jika seseorang tidak menggunakan APD masker, maka mereka akan menghirup timbal yang ada di lingkungan sekitar, sehingga timbal ini akan bergabung ke dalam tubuh mereka dan menghalangi proses pembentukan hemoglobin. Akibatnya, hal ini dapat memengaruhi produktivitas kerja (Aprilian, Hillal, & Berliana, 2023).

Sebagian besar timbal yang terdapat di atmosfer berasal dari proses pembakaran bahan bakar yang mengandung timbal. Proses ini menghasilkan timbal oksida dalam bentuk debu atau partikulat yang bisa terhirup oleh manusia (Rahayu & Solihat, 2018). Sebagai juru parkir yang kesehariannya akan terpapar dengan asap kendaraan, dapat menggunakan APD seperti masker karena pencemaran pb tertinggi terjadi di udara yaitu sekitar 85%. Walaupun penggunaan APD tidak dapat sepenuhnya menjamin perlindungan total terhadap tubuh namun dengan mengenakan APD, risiko keparahan dari paparan timbal yang mungkin terjadi dapat dikurangi (Sari, Setian, & Joko, 2016).

f. Lama kerja

Salah satu faktor risiko penyakit yang berkaitan dengan pekerjaan adalah lamanya masa kerja. Lama kerja atau masa kerja adalah periode saat seseorang bekerja di suatu tempat. Seseorang yang bekerja dengan terpapar asap kendaraan secara terus-menerus dan dalam waktu bertahun-tahun akan memiliki resiko penurunan kadar hemoglobin akibat dari timbal. Proses eliminasi Pb dari tubuh berlangsung dengan kecepatan yang sangat rendah, dengan setengah waktu eliminasi Pb sekitar 25 hari untuk jaringan tubuh yang lembut, 40 hari untuk jaringan lunak, dan bahkan hingga 25 tahun untuk tulang. Hal ini berakibat Pb dapat dengan mudah menimbun pada tubuh, baik dalam konteks paparan yang terkait dengan pekerjaan maupun yang tidak terkait dengan pekerjaan (Witcahyo, 2014). Terus-menerus menumpuknya pb dalam berbagai bentuk dalam tubuh manusia dapat menghasilkan gangguan pada sistem pembentukan sel darah atau hematopoiesis (Laila & Shofwati, 2013). Gangguan dalam sistem hematopoiesis dapat dilihat dari perubahan kadar hemoglobin. Ketidaknormalan dalam sintesis

hemoglobin dapat mengakibatkan gangguan dalam pembentukan hemoglobin itu sendiri, yang pada akhirnya akan mengakibatkan penurunan kadar hemoglobin dalam darah (Pahlawan & Keman, 2014).

Paparan timbal selama bertahun-tahun menyebabkan tubuh kehilangan kemampuan untuk menyerap timbal dalam darah, yang akhirnya menyebabkan timbal dalam darah terus-menerus meningkat dan mengakumulasi menjadi jumlah yang signifikan, membentuk akumulasi racun (Laila & Shofwati, 2013).

4. Metode pemeriksaan Hemoglobin

a. *Point Of Care Test (POCT)*

POCT yaitu metode laboratorium sederhana yang menggunakan sedikit sampel darah, bisa dilakukan di luar fasilitas laboratorium dan memberikan hasil cepat tanpa perlu mengirimkan sampel dan persiapan tambahan. Metode ini menggunakan *Easy Touch* GCHb yang bekerja dengan cara mengukur kadar hemoglobin dalam sampel darah melalui perubahan potensial listrik yang terjadi seketika akibat interaksi kimia antara sampel darah yang diuji dan elektroda pada strip (Akhzami, Rizki, & Setyorini, 2016).

Berdasarkan penelitian yang dilakukan (Lailla, Zainiar, & Fitri, 2021) menyarankan penggunaan alat strip digital *Easy Touch* GCHb untuk pengukuran kadar hemoglobin dalam darah karena hasil yang dikeluarkan tidak menunjukkan perbedaan signifikan dengan pengukuran kadar hemoglobin menggunakan metode *Cyanmethemoglobin* yang direkomendasikan oleh WHO.

b. *Cyanmethemoglobin*

Metode *Cyanmethemoglobin* adalah cara untuk mengukur kadar hemoglobin dalam eritrosit secara otomatis (Lailla, Zainiar, & Fitri, 2021). Prinsip kerja dari metode ini yaitu, hemoglobin dalam darah diubah menjadi hemoglobin *Cyanide* dengan suatu proses kuantitatif menggunakan larutan pereaksi yang mengandung kalium sianida dan kalium ferrisianida. Kemudian, absorbansi larutan dihitung pada panjang gelombang 546 nm dengan faktor 36,77 (Dharmawati dkk., 2021). Metode sianmethemoglobin memiliki kelebihan dalam akurasi dan kontrol, namun memiliki kekurangan dalam hal biaya, penggunaan listrik, dan penggunaan larutan beracun (Dharmawati dkk., 2021).

Metode *cyanmethemoglobin* (sianmethemoglobin) adalah metode kuantitatif untuk mengukur kadar Hemoglobin yang direkomendasikan oleh ICSH, yaitu Komite Internasional untuk Standarisasi Hematologi. Teknik ini melibatkan penggunaan spektrofotometer untuk mengukur konsentrasi Hemoglobin. Metode sianmethemoglobin memiliki kelebihan yaitu, metode ini lebih akurat daripada metode sahli, reagen dan peralatan untuk menilai kadar hemoglobin metode ini dapat dikontrol memakai larutan standard stabil, dan semua bentuk Hb (Oksihemoglobin, methemoglobin, karboksihemoglobin kecuali sufhemoglobin) dapat diubah menjadi haemoglobin (Dharmawati dkk., 2021).

c. Sahli

Hb Sahli atau Hemoglobinometer adalah metode pemeriksaan hemoglobin yang bersifat visual berdasarkan perbandingan warna (*colorimetric*). Prosedur pemeriksaannya melibatkan perbandingan warna sampel darah terhadap warna standar yang berwarna merah. Pemeriksaan hemoglobin menggunakan metode

Sahli dianggap sederhana dan hemat biaya, namun tetap subjektif karena hasilnya didapat melalui pengamatan mata manusia. Hal ini disebabkan karena tidak semua hemoglobin mengalami perubahan ke hematin asam, dan kekuatan untuk membedakan warna bisa bervariasi (Kusumawati dkk., 2018).

d. Talquist

Metode ini pada dasarnya membandingkan warna darah di atas kertas saring khusus dengan standar warna pada buku Talquist, menggunakan skala bergradasi dari merah muda hingga merah tua (10% hingga 100% kadar hemoglobin) (Rahmani, 2016).

e. Metode *Hanging Falling Drops* (CuSO_4)

Berdasarkan prinsip berat jenis darah yang dituangkan ke dalam larutan CuSO_4 . Pengamatan dilakukan terhadap posisi darah yang ditaruh dengan cara meneteskan, apakah darah tersebut mengambang, mengapung, atau tenggelam dalam CuSO_4 (Rahmani, 2016).

C. Anemia

Anemia merupakan kondisi di mana tingkat hemoglobin darah turun dari nilai normal. Anemia akibat dari berkurangnya warna, jumlah atau ukuran dari sel-sel darah merah. Seseorang dianggap mengalami anemia jika kadar hemoglobin darah di bawah normal. Faktor-faktor seperti aspek gizi, fisiologis, dan lingkungan dapat memengaruhi anemia, termasuk paparan asap kendaraan yang mengandung timbal (Yushananta dkk., 2021).

D. Juru Parkir

Juru Parkir ialah orang dengan izin untuk melaksanakan tugas parkir pada fasilitas parkir (Peraturan Daerah Kota Yogyakarta, 2019). Pekerjaan sebagai juru parkir adalah salah satu jenis pekerjaan yang memiliki risiko terpapar polusi kendaraan bermotor dengan jangka waktu yang cukup lama (Wong & Lontoh, 2020). Hampir tiap hari, pekerjaan seorang juru parkir sering kali menghadapinya dengan debu dan polusi, terutama yang bersumber dari kendaraan bermotor (Putra, Rahmatullah, & Novitasari, 2012). Paparan dengan asap kendaraan bermotor yang mengandung salah satunya timbal dapat mempengaruhi kadar hemoglobin pada juru parkir jika paparan ini berlangsung cukup lama. Dampak dari timbal berkepanjangan, semakin lama terpapar maka dosis akumulatifnya terus meningkat secara bertahap (Lestari, 2022). Timbal menghambat sintesis heme melalui berbagai mekanisme, salah satunya adalah dengan menghambat aktivasi enzim *ferrochelatase* dan *aminolevulinic acid dehidratase* (δ -ALAD). Hal ini dapat mempengaruhi kadar hemoglobin juru parkir akibat dari kontaminasi kadar timbal dalam darah (Shinta & Mayaserli, 2020).

E. Lama Kerja

Menurut Handoko (2007) seperti yang dikutip dalam (Indahsari, 2017), lama kerja mengacu pada periode waktu yang tenaga kerja habiskan di suatu tempat kerja. Lama kerja dapat mencerminkan tingkat pengalaman individu dalam menguasai tugasnya. Ketika seseorang bekerja dalam sebuah organisasi untuk waktu yang lebih lama, tingkat pengalaman mereka bertambah, sehingga kemampuan kerja mereka pun semakin meningkat. Lama kerja atau masa kerja yaitu periode waktu bekerja di suatu tempat yang dipengaruhi oleh seberapa baik

kompensasi hasil kerja yang diterima dan keperluan finansial individu (Indwek, Agustina, & Mumpuni, 2022).

F. Alat Pelindung Diri

Petugas penjaga parkir perlu menjaga keamanan diri dengan menggunakan peralatan pelindung untuk menghindari risiko paparan asap yang berasal dari kendaraan bermotor, yang dapat mengandung zat berbahaya seperti timbal. Sesuai dengan Peraturan Menakertrans RI Nomor Per.08/Men/VII/2010, Alat Pelindung Diri (APD) merupakan suatu perangkat yang dirancang untuk melindungi individu dengan kemampuan isolasi tubuh baik sebagian maupun seluruhnya dari potensi bahaya di lingkungan kerja. Setiap pekerja diwajibkan untuk menggunakan APD, yang meliputi perlindungan kepala, mata serta wajah, telinga, alat pernapasan, serta tangan dan kaki. (Peraturan Menteri Tenaga Kerja dan Transmigrasi Republik Indonesia, 2010). Menggunakan alat pelindung diri seperti masker, pakaian lengan panjang, sarung tangan, dan sepatu memiliki signifikansi besar dalam mengurangi penyerapan timbal pada darah dan mengurangi risiko potensial bahaya toksik akibat pekerjaan (Putri, 2023).

G. Timbal

Timbal atau dikenal juga sebagai plumbum (Pb), ialah unsur alami yang diperoleh di kerak bumi. Mineral yang biasanya mengandung timbal berikatan terhadap belerang atau oksigen, seperti *sulfur* (S), *oksigen* (O₂), PbS (*galena*), PbSO₄ (*anglesite*), PbCO₃ (*cerussite*), dan Pb₃O₄ (*minium*). Timbal adalah logam putih kebiruan, sangat lunak, gampang untuk dibentuk, dan tahan korosi. Timbal oksida (PbO) melapisi permukaan timbal di udara lembab, dan bergabung pada karbon dioksida (CO₂) untuk menciptakan timbal karbonat (PbCO₃). Karena

sifatnya yang tahan korosi, densitasnya yang tinggi, dan titik leleh rendah, timbal digunakan di berbagai industri, salah satunya pada produksi bensin. Timbal dicampur untuk anti letupan dan meningkatkan efisiensi dari bensin ATSDR (*Agency for Toxic Substances and Disease Registry*) pada tahun 2020 dalam kutipan dari (Lestari, 2022).

Kuantitas senyawa timbal tidak lenyap selama proses pembakaran di mesin, mengakibatkan peningkatan timbal yang terlepas ke udara melalui gas buang kendaraan cenderung tinggi (Palar, 2008). Timbal masuk pada tubuh lewat sistem pernapasan dan pencernaan, sementara penyerapan dari kulit sangat kecil kemungkinannya sehingga bisa dianggap tidak signifikan. Resiko yang diperbuat oleh Pb bergantung pada ukuran partikelnya. Partikel yang berukuran kurang dari 10 μg bisa terperangkap pada paru-paru, sementara partikel yang lebih besar akan tertimbun di saluran pernapasan atas (Witcahyo, 2014).

Pengaruh timbal sebenarnya tercermin dalam tahap sintesis hemoglobin. Bahkan kadar timbal pada darah sebanyak 10 $\mu\text{g/dL}$ bisa mengganggu pembentukan hemoglobin dengan menghambat aktivitas *enzim δ -aminolevulinat dehidratase (ALAD)*. Tingginya kadar timbal dalam darah dapat menyebabkan penurunan kadar hemoglobin (Rizkiawati, 2012). Timbal mengakibatkan dua jenis anemia, seringkali diiringi dengan eritrosit yang memiliki bintik basofilik. Lamanya masa kerja selama bertahun-tahun yang menghadapi paparan timbal mengakibatkan tubuh tidak mampu menyerap timbal dalam darah, sehingga timbal dalam darah terus mengakumulasi menjadi jumlah yang besar dan mengendap menjadi zat beracun (Lailla, Zainiar, & Fitri, 2021).

H. Hubungan Lama Kerja dengan Kadar Hemoglobin

Ketoksikan timbal dipengaruhi oleh jumlah dosis, durasi paparan, pola paparan (berkelanjutan atau sporadis), jenis kontak, usia, kondisi kesehatan, status gizi, dan tingkat eksposur yang dialami (Indahsari, 2017). Dampak paparan timbal muncul secara perlahan di jangka waktu yang cukup lama, sehingga tidak terlihat efeknya jika hanya diukur pada beberapa jam saja (Rizkiawati, 2012).

Konsentrasi hemoglobin dalam tubuh sangat dipengaruhi oleh pemaparan timbal, karena punya kemampuan untuk mengumpul di tubuh dan menyerang organ-organ vital seperti darah, yang dapat mengganggu pembentukan hemoglobin. Individu dengan paparan asap kendaraan bermotor yang lama dapat mengalami penurunan kadar hemoglobin. Timbal yang diserap oleh tubuh akan berikatan dengan sel darah merah, lalu tersebar pada darah, cairan ekstraseluler, dan beberapa jaringan lunak serta mineral dalam waktu cepat. Paparan Pb dapat mengganggu proses sintesis biologis heme melalui enzim *coproporphyrinogen*, δ -*ALAD*, dan *ferrochelatase*. Penghambatan enzim ini berkontribusi pada turunnya kadar hemoglobin dalam darah (Indwek, Agustina, & Mumpuni, 2022).

Proses eliminasi timbal dari tubuh berlangsung dengan kecepatan yang sangat lama, dengan setengah waktu eliminasi Pb sekitar 25 hari untuk jaringan tubuh yang lembut, 40 hari untuk jaringan lunak, dan bahkan hingga 25 tahun untuk tulang. Hal ini mengakibatkan Pb dapat dengan gampang menumpuk di tubuh, baik dalam konteks paparannya yang terkait dengan pekerjaan maupun yang tidak terkait dengan pekerjaan (Witcahyo, 2014). Penumpukan timbal yang terus-menerus dalam tubuh manusia dapat menghasilkan gangguan pada sistem pembentukan sel darah atau *hematopoiesis* (Laila & Shofwati, 2013). Gangguan

dalam sistem *hematopoiesis* dapat dilihat dari perubahan kadar hemoglobin. Ketidaknormalan dalam sintesis hemoglobin dapat mengakibatkan gangguan dalam pembentukan hemoglobin itu sendiri, yang pada akhirnya akan mengakibatkan penurunan kadar hemoglobin dalam darah (Pahlawan & Keman, 2014).

Berdasarkan hasil studi yang dilakukan oleh (Pratiwi, 2012) menyatakan, dalam kelompok yang masa kerja ≥ 5 tahun terdapat tingkat risiko yang lebih tinggi untuk kadar Hb rendah dibandingkan kelompok yang masa kerja < 5 tahun. Penelitian ini juga didukung dari (Fauziah, 2022) yang juga menyimpulkan bahwa, masa kerja 3-5 tahun menjadi salah satu penyebab kadar hemoglobin yang tidak normal pada petugas (SPBU).

I. Hubungan Penggunaan APD dengan Kadar Hemoglobin

Jenis APD yang digunakan harus disesuaikan dengan risiko khusus atau potensi bahaya yang ada. Menurut penelitian dari (Aprilian, Hillal, & Berliana, 2023) mengenai faktor apa saja yang ada kaitannya dengan kadar hemoglobin petugas SPBU, terdapat hubungan yang bermakna antara penggunaan APD dengan kadar hemoglobin.

Sebagian besar timbal di udara bermula dari pembakaran bahan bakar bertimbal, menghasilkan pelepasan timbal oksida dalam bentuk debu atau partikulat yang bisa dihirup oleh manusia. Karena juru parkir terpapar asap kendaraan setiap hari, APD dapat berfungsi sebagai masker. Ini karena 85% pencemaran Pb terjadi di udara (Rahayu & Solihat, 2018).