

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **A. Tinjauan Umum Tentang Pencemaran Udara**

##### **1. Definisi Pencemaran Udara**

Menurut Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No.22 Tahun 2021, pencemaran udara adalah masuk atau dimasukkannya zat, energi, dan/atau komponen lainnya ke dalam udara ambien oleh kegiatan manusia sehingga melampaui baku mutu udara ambien yang telah ditetapkan (PP, 2021).

Pencemaran/polusi udara adalah proses dimasukkannya komponen tambahan ke dalam udara, baik melalui aktivitas manusia secara langsung atau tidak langsung, maupun akibat proses alam, sehingga kualitas udara menurun ke tingkatan tertentu yang menyebabkan lingkungan tidak dapat berfungsi dengan baik (Puspitasari & Fauziah, 2023).

##### **2. Sumber Pencemaran Udara**

Sumber pencemaran udara dapat dibagi menjadi 3 yaitu: sumber perkotaan dan industri, sumber pedesaan/pertanian, dan sumber alami. Sumber perkotaan dan industri ini berasal dari kemajuan teknologi yang mengakibatkan banyaknya pabrik-pabrik industri, pembangkit listrik dan kendaraan bermotor. Kualitas udara di perkotaan, tanpa disadari sebenarnya telah menurunkan kualitas hidup masyarakatnya sendiri. Setiap manusia bernapas dengan udara yang dihirup, jika tercemar oleh bahan berbahaya dan beracun, akan berdampak serius pada kesehatan manusia (Puspitasari & Fauziah, 2023).

Pencemaran udara merupakan satu permasalahan yang akut yang dapat disebabkan oleh asap pabrik/industri, asap rokok, asap pembakaran sampah, serta pencemaran udara banyak terjadi pada transportasi akibat penggunaan bahan bakar yang dipergunakan sebagai penggerak bagi kendaraan yang menjadi sarana utama dalam transportasi tersebut. Penguapan bahan bakar, sistem ventilasi mesin dan yang terutama adalah buangan dari knalpot hasil pembakaran bahan bakar yang merupakan pencampuran ratusan gas dan aerosol yang menjadi penyebab utama keluarnya berbagai pencemar dari sektor transportasi (Renita, 2021).

Menurut Indonesia *Fuel Quality Monitoring* 2014 (Kementerian Lingkungan Hidup, 2014), beberapa faktor penting yang menyebabkan dominasi sektor transportasi terhadap pencemaran udara perkotaan di Indonesia antara lain:

- 1) Jumlah kendaraan yang mengalami perkembangan dan peningkatan begitu cepat (eksponensial);
- 2) Ketidakseimbangan antara infrastruktur transportasi dengan jumlah kendaraan yang ada;
- 3) Pola lalu lintas perkotaan yang cenderung memusat, dipengaruhi oleh meningkatnya kegiatan perekonomian dan perkantoran di pusat kota;
- 4) Dampak turunan dari kebijakan pengembangan kota, seperti perluasan daerah pemukiman yang semakin menjauhi pusat kota
- 5) Kesamaan waktu aliran lalu lintas;
- 6) Jenis, umur dan karakteristik kendaraan bermotor yang beragam;
- 7) Faktor perawatan kendaraan;
- 8) Jenis bahan bakar yang digunakan;
- 9) Jenis permukaan jalan;
- 10) Siklus penggunaan kendaraan dan pola mengemudi (*driving pattern*).

### 3. Jenis Polutan Di Udara

Jenis polutan di udara yang menjadi penyebab pencemaran, yaitu sebagai berikut (Fadila, 2023):

- 1) *Particulate matter* (PM), merupakan kumpulan partikulat padat atau cair. Komponen utama dari PM adalah amonia, sulfat, natrium klorida, karbon hitam, mineral debu, nitrat dan air. Partikulat ini umumnya berasal dari emisi kendaraan dan industri, asap dari kebakaran hutan, dan asap rokok.
- 2) Ozon (O<sub>3</sub>), merupakan polutan berbahaya yang ada di permukaan tanah sebagai penyusun utama kabut asap yang terbentuk dari reaksi terhadap sinar matahari bersama-sama dengan *Volatile Organic Compounds* (VOC) dan nitrogen oksida (NO<sub>x</sub>) dari emisi kendaraan, limbah industri, maupun limbah kimia.

- 3) Nitrogen dioksida, merupakan sumber utama dari aerosol nitrat yang membentuk particulate matter berukuran kecil (PM 2,5) dan ozon jika ada sinar ultraviolet dari matahari. Sumber utama emisi nitrogen dioksida berasal dari proses pembakaaan, seperti pemanas, pembangkit listrik, mesin kendaraan, dan kapal laut.
- 4) Sulfur dioksida (SO<sub>2</sub>), merupakan gas tidak berwarna dengan bau khas yang tajam. Partikel penyebab pencemaran udara ini dihasilkan dari pembakaran bahan bakar fosil dan proses peleburan biji mineral yang mengandung belerang. Emisinya berasal dari kendaraan bermotor, pemanas rumah tangga, dan pembangkit listrik.
- 5) Karbon monoksida (CO), merupakan salah satu gas penyebab polusi udara yang tidak berwarna. tidak berbau, tidak berasa, sehingga sulit dideteksi oleh indera manusia. Gas CO terbentuk dari hasil pembakaran tidak sempurna dari bahan-bahan yang mengandung zat arang atau bahan organik. Gas CO bersifat mudah terbakar dan toksik (racun) bagi tubuh sehingga jika terpapar dalam konsentrasi yang tinggi dapat berbahaya bagi kesehatan manusia maupun lingkungan.

## **B. Tinjauan Umum Tentang Emisi Kendaraan**

### **1. Definisi Emisi Kendaraan**

Meningkatnya jumlah alat transportasi berupa kendaraan mengakibatkan meningkatnya pencemaran udara. Hal itu di sebabkan oleh emisi gas buang yang dikeluarkan oleh kendaraan yang kurang baik. Emisi kendaraan adalah unsur polutan yang dihasilkan oleh gas buang kendaraan dengan mesin bakar. Gas buang kendaraan yang dimaksud adalah gas sisa proses pembakaran yang dibuang ke udara bebas melalui saluran buang kendaraan. Pembentukan gas buang tersebut terjadi selama pembakaran bahan bakar fosil bensin dan solar di dalam mesin (Zein & Sagaf, 2018).

Dibandingkan dengan sumber stasioner seperti industri dan pusat tenaga listrik, jenis proses pembakaran yang terjadi pada mesin kendaraan terutama kendaraan bermotor tidak sesempurna di dalam industri dan

menghasilkan bahan pencemar pada kadar yang lebih tinggi. Polutan gas buang kendaraan tersebut berupa gas karbon monoksida (CO), karbon dioksida (CO<sub>2</sub>), sulfur dioksida (SO<sub>2</sub>), serta timbal (Pb) yang merupakan beberapa penyebab pencemaran udara. Senyawa-senyawa tersebut seluruhnya bersifat merugikan manusia baik secara langsung terhadap kesehatan (Hazsya dkk, 2018).

Emisi gas buang yang dihasilkan sebenarnya bukan dari baru dan lamanya kendaraan, tetapi sangat bergantung pada kualitas dan perawatan mesin kendaraan tersebut. Berikut cara merawat kendaraan dengan baik agar tidak menimbulkan emisi gas buang:

- 1) Memilih bahan bakar yang baik yang beroktan di atas 90 untuk memberikan kesempurnaan pembakaran dalam mesin motor sehingga tidak mengakibatkan kerusakan pada komponen mesinnya.
- 2) Memperhatikan kondisi aki kendaraan, terutama pada teknologi injeksi, karena aki merupakan sumber listrik yang digunakan untuk sistem penghidupan pembakaran.
- 3) Mengganti oli secara teratur minimal dalam jangka waktu 2 bulan sekali.
- 4) Melakukan servis secara berkala, setidaknya sama dengan jangka waktu pergantian oli.
- 5) Selalu mengecek bahan bakar yang ada dalam tangki. Jangan sampai bahan bakar dalam tangki habis pada saat dikendarai, karena hal tersebut dapat merusak sistem injektor pada kendaraan, terutama pada motor jenis injeksi (Nurdjanah, 2015).

## **2. Dampak Emisi Kendaraan Bagi Kesehatan**

Emisi kendaraan mengandung berbagai senyawa kimia. Komposisi dari kandungan senyawa kimianya tergantung dari kondisi mengemudi, jenis mesin, alat pengendali emisi bahan bakar, suhu operasi dan faktor lain yang semuanya ini membuat pola emisi menjadi rumit (Kusuma dkk, 2017). Walaupun gas buang kendaraan utamanya terdiri dari senyawa yang tidak berbahaya seperti nitrogen, karbon dioksida dan uap air, tetapi di dalamnya terkandung juga senyawa lain dengan jumlah yang cukup besar yang dapat membahayakan kesehatan maupun lingkungan (Winanda, 2019).

Dampak dari emisi gas buang yang terlalu tinggi akan mempengaruhi kesehatan manusia. Karena bila kandungan karbon monoksida (CO) tinggi, akan mengurangi oksigen dalam darah, sehingga terjadi gangguan berpikir. Bila kandungan hidrokarbon (HC) di atas ambang batas, bisa menyebabkan iritasi mata, batuk, rasa ngantuk, bercak kulit, serta perubahan kode genetik. Apabila kandungan CO<sub>2</sub> tinggi akan berpengaruh pada pemanasan global. (Permen LH No.12 Tahun 2010).

Bahaya gas buang kendaraan terhadap kesehatan tergantung dari toksisitas (daya racun) masing-masing senyawa dan seberapa luas masyarakat terpajan olehnya. Dampak bahan pencemar yang terkandung di dalam gas buang kendaraan digolongkan sebagai berikut:

- 1) Bahan-bahan pencemar yang terutama mengganggu saluran pernapasan. Yang termasuk dalam golongan ini adalah oksida sulfur, partikulat, oksida nitrogen, ozon dan oksida lainnya (Ulfah, 2018).
- 2) Bahan-bahan pencemar yang menimbulkan pengaruh racun sistemik, seperti hidrokarbon monoksida dan timbal/timah hitam (Rosianasari, 2016).
- 3) Bahan-bahan pencemar yang dicurigai menimbulkan kanker seperti hidrokarbon (Edward, 2017).

## **C. Tinjauan Umum Tentang Karbon Monoksida (CO)**

### **1. Definisi Karbon Monoksida (CO)**

Karbon monoksida (CO) adalah suatu gas tidak berwarna, tidak berbau, mudah terbakar, sangat berbahaya (beracun) tetapi tidak mengiritasi, dan tidak berasa, sehingga sulit dideteksi oleh indera manusia. Dengan sifat-sifat yang telah disebutkan maka gas karbon monoksida disebut sebagai “*silent killer*” (pembunuh diam-diam) yang dihasilkan oleh pembakaran tidak sempurna pada bahan bakar pada kendaraan, perindustrian, pembangkit listrik, asap rokok atau pembakaran lainnya yang menghasilkan gas (Rivanda, 2015). Dimana, setiap lima liter bensin dapat menghasilkan 1- 1,5 kg CO. Karbon monoksida

dihasilkan pada asap rokok sekitar 30.000 ppm, gas knalpot sekitar 7.000 ppm dan pada cerobong asap sekitar 5.000 ppm (Wijaya, 2020).

Karbon monoksida (CO) terdiri dari satu atom karbon (C) yang secara kovalen berikatan dengan satu atom oksigen ( $O_2$ ). Dalam ikatan ini, terdapat dua ikatan kovalen dan satu ikatan kovalen koordinasi antara atom karbon dan oksigen (Wahyuda, 2020). Karbon monoksida adalah gas yang diperoleh karena perbandingan antara bahan bakar dan udara yang tidak seimbang. Terlalu banyak bahan bakar atau unsur C tidak dapat berikatan dengan  $O_2$  sehingga terbentuklah CO karena pembakaran yang tidak sempurna. Gas CO ini dapat membahayakan apabila terhirup dengan jumlah yang besar (Alamsyah dkk, 2022).

## **2. Metabolisme Karbon Monoksida (CO) dalam Darah**

Karbon monoksida (CO) yang terdapat di udara dapat masuk ke dalam tubuh manusia melalui sistem pernapasan yang terdifusi melalui membran alveolar bersama-sama dengan oksigen ( $O_2$ ). Setelah larut dalam darah, CO akan berikatan dengan hemoglobin membentuk karboksihemoglobin (COHb). Proses pengikatan antara CO dan Hb terjadi dalam kecepatan yang sama antara ikatan Hb dan  $O_2$ , tetapi ikatan untuk CO dengan Hb 245 kali lebih kuat daripada  $O_2$ . Hal ini menyebabkan CO dan  $O_2$  bersaing untuk berikatan dengan hemoglobin, tetapi tidak seperti oksigen yang mudah melepaskan diri dari hemoglobin, CO memiliki kemampuan untuk tetap terikat lebih lama. Jika terjadi paparan CO secara terus-menerus atau melebihi 5% (dalam udara karbon monoksida 40 ppm), maka karbon monoksida akan terus mengikat hemoglobin dan akan semakin sedikit hemoglobin yang tersedia untuk membawa oksigen, sehingga akan menimbulkan keracunan dalam darah karena menjadi penghalang fungsi mengalirnya oksigen dalam darah manusia (Rizaldi dkk, 2022).

## **3. Gejala-gejala Paparan Karbon Monoksida (CO)**

Paparan karbon monoksida dapat menimbulkan beberapa gejala kehehatan, baik gejala akut maupun gejala kronis.

- a. Gejala akut paparan CO yaitu, sakit kepala, mual, muntah, pusing, cepat lelah, penurunan tingkat kesadaran/pingsan, nyeri pada dada, sesak napas, kelemahan otot-otot sadar serta gangguan penglihatan (Deiin dkk, 2022).
- b. Gejala kronis paparan CO akan muncul jika terpapar dalam jangka panjang atau terus-menerus yang menimbulkan gejala sakit kepala kronis, kesulitan bernapas, koma, kesulitan berkonsentrasi, kerusakan otak permanen, serangan jantung, bahkan dapat berujung pada kematian (Rambing dkk, 2022).

#### **4. Dampak Paparan Karbon Monoksida (CO) Bagi Kesehatan**

Paparan gas CO secara terus menerus dapat mempengaruhi kesehatan Masyarakat. Semakin tinggi konsentrasi gas CO di udara maka akan semakin besar peluang untuk terhirup gas karbon monoksida. Karbon monoksida yang terhirup akan berikatan dengan hemoglobin membentuk senyawa CO dengan hemoglobin sehingga menyebabkan karboksihemoglobin (COHb) yang akan mengurangi oksigen ( $O_2$ ) dalam darah. Jika berada pada daerah yang tercemar kadar 60 bpj CO selama 8 jam maka kemampuan mengikat oksigen oleh darah turun sebanyak 15% (Wijaya, 2020).

Paparan CO dapat menimbulkan gejala kesehatan baik akut maupun kronis, paparan gas CO yang melebihi baku mutu akan meningkatkan risiko *Years Life Lost* (YLL) dari penyebab Non Kecelakaan seperti penyakit kardiovaskuler, penyakit pernapasan, Penyakit Jantung Koroner (PJK), stroke dan Penyakit Paru Obstruktif Kronis (PPOK) serta dapat menyebabkan *Delayed Encephalopathy after Acute Carbon monoxide* (DEACMP). (Yankes.kemkes, 2023).

#### **D. Tinjauan Umum Tentang Stasiun Pengisian Bahan Bakar Umum (SPBU)**

Stasiun pengisian bahan bakar untuk umum (SPBU) merupakan prasarana umum yang disediakan distributor bahan bakar minyak (BBM) bagi masyarakat luas untuk memenuhi kebutuhan bahan bakar kendaraan (Risdiyanta, 2014). Seiring dengan tingginya penggunaan sarana transportasi bermotor maka meningkat pula

kebutuhan akan bahan bakar minyak (BBM) di kalangan masyarakat. Dalam rangka memenuhi kebutuhan bahan bakar untuk transportasi tersebut, maka fungsi petugas Operator SPBU mempunyai peran yang sangat penting dalam membantu pelayanan dan penyediaan kebutuhan bahan bakar kendaraan bermotor. Namun, Operator SPBU memiliki risiko untuk terpapar gas buang emisi kendaraan bermotor yang bersifat toksik bagi tubuh, salah satunya gas karbon monoksida (CO). Karbon monoksida (CO) adalah gas beracun yang dihasilkan dari pembakaran tidak sempurna seperti bensin dan diesel pada kendaraan bermotor. Pemaparan dalam jangka waktu yang lama dapat menyebabkan keracunan CO, yang dapat mengakibatkan gejala ringan seperti sakit kepala, mual, atau kelelahan, maupun gejala parah seperti berupa kehilangan kesadaran, kerusakan otak hingga kematian (Yenni dkk, 2021).

Operator Stasiun Pengisian Bahan Bakar Umum (SPBU) memiliki risiko tinggi terpapar oleh karbon monoksida (CO) karena setiap harinya bekerja di tempat yang berhubungan dengan kendaraan bermotor. Letak SPBU yang berada di pinggir jalan raya memudahkan petugas terpapar dengan polutan karbon monoksida (CO) dari asap kendaraan yang melaju di jalan raya maupun kendaraan yang berada di SPBU untuk melakukan proses pengisian bahan bakar. Oleh karena itu, SPBU merupakan salah satu sumber pemaparan karbon monoksida (Sumba, 2019). Operator SPBU mudah terpapar oleh karbon monoksida melalui saluran pernapasan. Hal tersebut dikarenakan pada saat bekerja, Operator SPBU tidak menggunakan APD dengan ketentuan yang berlaku seperti masker yang sesuai dengan standar keamanan untuk melindungi diri dari asap dan gas yang dihasilkan oleh kendaraan bermotor (Yenni dkk, 2021).

## **A. Tinjauan Umum Tentang Hemoglobin**

### **1. Definisi Hemoglobin**

Hemoglobin (Hb) adalah gabungan dari heme dan protein globular (globin) dengan berat molekul 64.4 kDa. Berat hemoglobin sekitar 33% dari berat eritrosit. Sintesis Hb sekitar 66% selama stadium eritroblas dan 33% selama stadium retikulosit. Molekul hemoglobin terdiri dari rantai  $\alpha$  dan  $\beta$



( $\alpha_2\beta_2$ ), komponen heme (terdiri satu atom besi dan cincin porphyrin) (Kurniati, 2020).

Hemoglobin merupakan salah satu protein khusus yang ada di dalam sel darah merah/eritrosit. Eritrosit mengandung protein khusus, yaitu hemoglobin untuk mencapai proses pertukaran gas antara  $O_2$ , dan  $CO$ , dimana salah satu fungsi eritrosit adalah mengangkut oksigen ke jaringan dan mengembalikan karbon dioksida ( $CO_2$ ) dari jaringan tubuh ke paru. Hemoglobin kadar normalnya dalam darah adalah 13,0-17,5 gr/dl pada pria dan 12,0-15,5 gr/dl pada wanita (Aliviameita & Puspitasari, 2019).

## 2. Fungsi Hemoglobin

Menurut Depkes RI hemoglobin berfungsi untuk:

- 1) Mengatur pertukaran oksigen dengan karbon dioksida di dalam jaringan-jaringan tubuh.
- 2) Mengambil oksigen dari paru-paru kemudian dibawa ke seluruh jaringan-jaringan tubuh untuk dipakai sebagai bahan bakar atau energi.
- 3) Membawa karbon dioksida dari jaringan-jaringan tubuh sebagai hasil metabolisme ke paru-paru untuk dibuang, untuk mengetahui apakah seseorang itu kekurangan darah atau tidak, dapat diketahui dengan mengukur kadar hemoglobin (Zuherni, 2019).

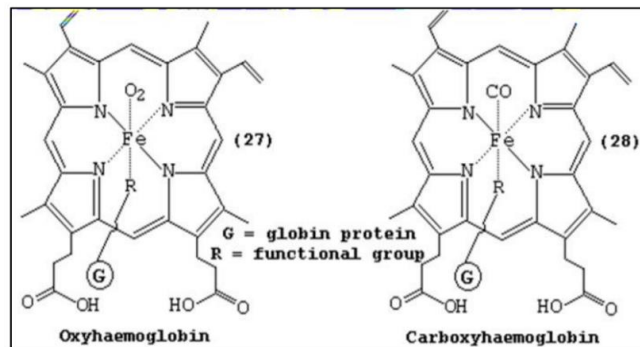
## B. Tinjauan Umum Tentang Karboksihemoglobin (COHb)

Karboksihemoglobin (COHb) adalah senyawa kompleks antara hemoglobin (Hb) dan karbon monoksida (CO). Gas karbon monoksida yang masuk ke dalam darah akan bereaksi dengan hemoglobin yang menyebabkan kemampuan mengangkut oksigen dalam tubuh menjadi berkurang (Sihombing dkk, 2022).

### 1. Sifat Fisik dan Kimia Karboksihemoglobin (COHb)

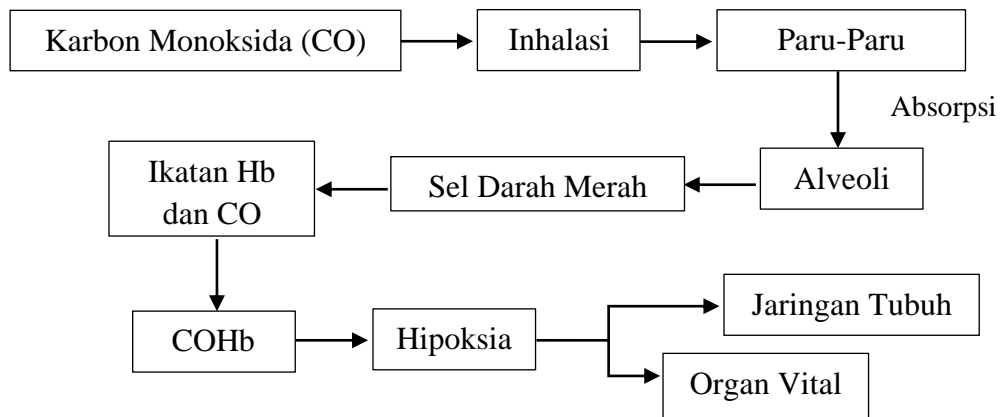
Karboksihemoglobin dibentuk saat karbon monoksida mengikat pada hemoglobin dalam darah. Ikatan CO dengan hemoglobin terjadi melalui reaksi yang kuat dan terjadi secara reversibel. Ikatan ini terbentuk pada lokasi yang biasanya dipakai oleh oksigen ( $O_2$ ) dalam hemoglobin, yaitu di pusat zat besi

(Fe) dari unit heme. Karboksihemoglobin memiliki warna merah cerah, mirip dengan oksihemoglobin (Sanjaya, 2022)



**Gambar 1. Reaksi Kimia Senyawa HbO dan COHb**  
(Sumber: Sanjaya, 2022)

## 2. Mekanisme Karboksihemoglobin (COHb) pada Tubuh Manusia



## 3. Efek Karboksihemoglobin (COHb) pada Transport Oksigen

Ketika karbon monoksida terikat pada hemoglobin, transport oksigen dalam tubuh terganggu. Karboksihemoglobin tidak dapat membawa oksigen menuju jaringan tubuh seperti yang dilakukan oleh oksihemoglobin. Akibatnya, paparan karbon monoksida dapat menyebabkan asfiksia atau kekurangan oksigen dalam tubuh, yang dapat berakibat fatal. Karbon monoksida memiliki afinitas yang lebih tinggi terhadap hemoglobin dibandingkan dengan oksigen. Oleh karena itu, ketika seseorang terpapar karbon monoksida, molekul ini akan terikat pada hemoglobin dengan lebih

cepat daripada oksigen. Hal ini menyebabkan tingkat karboksihemoglobin dalam darah meningkat, sementara oksihemoglobin menurun (Sanjaya, 2022)

Paparan gas CO dengan jumlah yang tinggi dengan waktu paparan menahun, dapat mengakibatkan meningkatnya kadar COHb darah, yang akan menimbulkan gangguan terhadap kesehatan (Amir, 2021). Menurut Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 70 tahun 2016, kadar COHb dalam darah tidak boleh melebihi ambang batas 3,5% (PERMENKES, 2016).

#### 4. Gejala Keracunan Karbon Monoksida Berdasarkan Tingkat COHb

- 5% - 10% : Nyeri kepala, pusing
- 10% - 20% : Nyeri kepala, mual, muntah, hilang koordinasi, kulit memerah, dyspnea
- 20% - 40% : Kebingungan, letargi, gangguan penglihatan
- 40% - 60% : Disritmia, kejang, koma
- $\geq$  60% : Kematian (Kurniati dkk, 2018)

### C. Tinjauan Umum Tentang Metode Pemeriksaan Kadar Karboksihemoglobin (COHb)

#### 1. Metode Spektrofotometri UV-Vis

Spektrofotometri UV-Vis adalah salah satu metode yang digunakan untuk mengukur konsentrasi zat terlarut dalam larutan tertentu dengan menghitung jumlah cahaya yang diserap oleh zat tersebut. Metode spektrofotometri adalah metode yang paling sering digunakan untuk melakukan pemeriksaan kadar karbon monoksida (CO) dalam tubuh. Metode ini menggunakan alat spektrofotometer UV-Vis dan *Sodium dithionite* yang menjadi bahan pada metode ini tidak mengurangi sedikitpun CO di dalam sampel darah. Metode ini memiliki prinsip kerja yaitu penyinaran sinar ultraviolet atau cahaya tampak melalui sampel dan mengukur jumlah cahaya yang diserap dengan panjang gelombang 546 nm untuk pemeriksaan kadar COHb. Kelebihan metode ini yaitu lebih cepat dan mudah dilakukan, berbagai jenis sampel dapat dianalisis, hasilnya lebih akurat dan tepat (Yazidah, 2019).



**Gambar 2. Spektrofotometer UV-Vis**

(Sumber: Dokumentasi Pribadi, 2024)

## 2. Metode Oksimetri

Metode oksimetri merupakan metode untuk menganalisis gas darah dengan menghitung saturasi oksigen dari penggunaan parameter yang diukur  $PO_2$  dan pH berdasarkan kurva disosiasi oksigen standar. Pada metode pemeriksaan karbon monoksida dengan metode ini biasanya menggunakan sampel darah arteri juga bisa menggunakan sampel darah vena dengan menggunakan alat CO-Oksimeter, Pulse CO oksimeter ini bekerja dengan prinsip perbedaan absorbansi cahaya merah (R) dan near-infrared (IR) pada hemoglobin. Metode ini cepat, sederhana, dan mudah dilakukan, namun hasil yang dihasilkan dapat dipengaruhi oleh faktor suhu, dan tekanan udara serta tidak dapat digunakan untuk menganalisis semua sampel (Rahayu & Solihat, 2018).

## 3. Metode Kromatografi Gas (*Gas Chromatography*)

Metode kromatografi gas merupakan uji pembebasan kimia karbon monoksida dari darah dan pengukuran langsung dari gas untuk investigasi forensik dan tingkat rendah terpapar di lingkungan. Rata-rata nilai bias dari analisis GC adalah 30% (tanpa penambahan *sodium dithionite*). Prinsip dasar GC adalah memisahkan campuran dalam jumlah mikrogram dengan melewati sampel yang diuapkan dalam aliran gas melalui kolom yang mengandung fase cair atau padat stasioner, komponen bergerak dengan laju yang berbeda karena perbedaan titik didih, kelarutan atau absorpsi. Kelebihannya adalah sangat tepat/akurat, namun memiliki kelemahan yang terletak pada kompleksitasnya dan waktu pengerjaannya yang lama, sehingga lambat/kurang sesuai untuk situasi klinis kerja darurat (Villalba dkk, 2019).